

## LES ECO-MATERIAUX En France et dans le monde



## REMERCIEMENTS

Cette notice sur les éco-matériaux en France et dans le monde a été le premier travail de recherche initié par le département « recherche et développement » de l'Agence AR ARCHITECTES.

En effet, je remercie Madame Ruba ALABED, la gérante, pour m'avoir fait confiance pour mener ce travail qui correspond à un nouvel acte concret du développement de la politique environnementaliste de l'Agence.

Pour élaborer cette étude, j'ai dû faire appel à mes connaissances universitaires, à mes collègues, aux supports internes à l'Agence et aux supports externes.

C'est la raison pour laquelle je remercie profondément mes professeurs de l'Université de Cergy-Pontoise pour leur passion pour le sujet qu'ils nous ont transmis. Il s'agit tout d'abord de Monsieur Dominique LANQUETIN, notre enseignant sur les analyses de cycles de vie, de Monsieur Jean-Pierre PISSARRA, notre enseignant sur les éco-matériaux et de Monsieur Mokrane CHEBLI, notre enseignant sur le cycle de vie des bâtiments.

Mais il y a également Monsieur CHAFAI, notre enseignant sur les analyses de valeur, Monsieur Jean-Baptiste MARTIN, notre enseignant de SIMAPRO<sup>®</sup>, Monsieur Daniel BAUMGARTEN, et Monsieur Patrick GUIRAUD.

Je remercie également Ala Eddine HELLAL, un collègue de l'Université de Cergy-Pontoise, sur qui je me suis appuyé pour constituer un premier inventaire des éco-matériaux du Maroc.

Je tenais également à remercier Claire LACOMBRADÉ, Noé BODART, Chiraz GAFSIA, Virginie LECUYER, Anaïs GUIMPIER, Marine D'ARCHIVIO, Carole DE MESANSTOURNE et Marie-Gabrielle LAFONT, membres de l'Agence, toujours présents pour répondre à mes questions et m'appuyer dans la rédaction.

Christophe KLUTH

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

# SOMMAIRE

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>2</b>
<b>1. GENERALITES SUR LES ECO-MATERIAUX.....</b>	<b>6</b>
1.1. INTRODUCTION.....	6
1.2. DEFINITIONS.....	8
1.3. INTEGRATION DES ECO-MATERIAUX DANS LES BATIMENTS .....	9
<b>2. LES ECO-MATERIAUX EN FRANCE.....</b>	<b>19</b>
2.1. GENERALITES.....	19
2.1.1. GENERALITES.....	19
CONTEXTE GEOGRAPHIQUE.....	19
2.1.2. LE BOIS.....	20
2.2. ECO-MATERIAUX.....	25
2.2.1. ISOLATIONS DE LA STRUCTURE.....	26
LAINE DE BOIS RIGIDE.....	26
LAINE DE BOIS SOUPLE.....	27
PANNEAUX DE ROSEAU.....	28
LIEGE.....	29
COPEAUX DE BOIS.....	30
LAINE DE CHANVRE.....	31
CHENEVOTTE.....	32
LAINE DE LIN.....	33
OUATE DE CELLULOSE.....	34
LAINE DE MOUTON.....	36
PLUMES DE CANARDS, ET AUTRES VOLATILES.....	37
LAINE DE VERRE.....	39
LA POUZZOLANE.....	40
L'ARGILE EXPANSE.....	41
LA PERLITE EXPANSEE.....	42
LA VERMICULITE EXPANSEE.....	43
LE VERRE CELLULAIRE.....	44
PANNEAUX DE POLYSTYRENE EXPANSE.....	45
PANNEAUX DE POLYSTYRENE EXTRUDE.....	46
PARE-VAPEUR.....	47
PARE-PLUIE.....	48
2.2.2. STRUCTURE.....	50
LAMELLE-COLLE.....	50
BOIS CORDE.....	51
PANNEAUX OSB.....	52
PAILLE COMPRESSEE.....	53
BRIQUE D'ADOBE et variantes.....	54
LA PIERRE PONCE.....	55
MONOMUR TERRE CUITE.....	56
BETON CELLULAIRE.....	57
BETON DE CHANVRE.....	58
PIERRE NATURELLE.....	59

## AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

MENUISERIES FENETRES BOIS TRIPLE VITRAGE .....	60
2.2.3. PAREMENT EXTERIEUR ET INTERIEUR .....	61
PEINTURE EN PHASE AQUEUSE .....	61
ENDUIT OU PLAQUE DE PLATRE .....	62
BARDAGE BOIS MASSIF .....	62
TUILES EN TERRE CUITE .....	65
LE MORTIER A BASE D'ARGILE .....	66
SATURATEUR ECOLOGIQUE DE BOIS .....	67
TOITURE VEGETALISEE EN EXTENSIF .....	68
2.2.4. VOIRIE ET RESEAUX DIVERS .....	70
PAVES DE ROCHE NATURELLE .....	70
DALLE ALVEOLEES PLASTIQUES .....	71
SOLS STABILISES .....	72
SOLS DRAINANTS .....	73
BETON DESACTIVE .....	74
GRAVIERS AVEC GAZON .....	75
PLATELAGE DE BOIS .....	76
ECORCES OU COUPEAUX DE BOIS .....	77
BANCS DE BOIS .....	78
GABION .....	79
GAINE BLINDEE .....	80
2.2.5. MOBILIER INTERIEUR .....	81
SOIE .....	81
DIODE ELECTROLUMINESCENTE .....	82
2.2.6. ECO-STRUCTURES .....	83
MUR PREFABRIQUE A OSSATURE BOIS (MOB) AVEC ISOLATION EN VRAC .....	83
PLANCHERS CHAUFFANTS ELECTRIQUES .....	84
PLANCHERS CHAUFFANT RAFRAICHISSANT .....	85
TOILETTES SECHES .....	86
BASSINS ENTERRES DE RETENTION D'EAU .....	87
ECOL'EAUMUR® .....	88
2.2.7. DE LA QUALITE D'ECO-EQUIPEMENTS .....	89
2.2.8. D'AUTRES ECO-MATERIAUX .....	100
2.3. ECO-MATERIAUX DES DOM-TOM .....	101
LAIN DE COCO .....	102
GLACE .....	102
<b>3. LES ECO-MATERIAUX A L'INTERNATIONAL .....</b>	<b>104</b>
3.1. PAYS ARABES .....	104
3.1.1. FICHES ECO-MATERIAUX POUR L'ENSEMBLE DES PAYS ARABES .....	104
LA ROCHE SEDIMENTAIRE .....	104
LE GRANIT ET LE MARBRE .....	105
RAVALEMENT EXTERIEUR DE TERRE SABLEUSE : .....	106
LA CHAUX .....	107
3.1.2. MAROC .....	108
CONTEXTE GEOGRAPHIQUE .....	108
BETON D'HALFA .....	110
LE BOIS .....	111
3.1.3. LIBAN .....	112
CONTEXTE GEOGRAPHIQUE .....	112
RIDEAU TEINT AU POURPRE DE MUREX .....	113
3.1.4. QATAR .....	114

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



	CONTEXTE GEOGRAPHIQUE .....	114
	VERRE.....	115
3.2.	CHINE .....	116
3.2.1.	FICHES ECO-MATERIAUX POUR L'ENSEMBLE DE LA CHINE.....	116
	LE GRANIT .....	116
	L'ADOBE.....	117
	LE BOIS.....	118
	LE BAMBOU .....	119
	L'INDUSTRIE SOLAIRE.....	120
3.2.2.	HEBEI, BEIJING ET TIANJIN.....	121
	CONTEXTE GEOGRAPHIQUE .....	121
	ETHYLENE TETRAFLUOROETHYLENE DU CUBE D'EAU.....	122
3.2.3.	SHANGHAI .....	123
	CONTEXTE GEOGRAPHIQUE .....	123
	PANNEAUX D'OXYDE DE MAGNESIUM .....	124
	BETON DE CHANVRE .....	125
3.2.4.	CHENGDU.....	126
	CONTEXTE GEOGRAPHIQUE .....	126
	ACIER .....	127
4.	CONCLUSION .....	128
5.	ANNEXES.....	130
5.1.	EXEMPLE DE FICHE DU GUIDE DES ECO-MATERIAUX ISOLANTS DE L'ADEME.....	130
5.2.	EXEMPLE DE FICHE DU GUIDE DES ECO-MATERIAUX ISOLANTS DE L'AGENCE.....	131
5.3.	IMPRIM'ECRAN D'UNE PAGE DU SITE DE L'INIES .....	132
5.4.	IMPRIM'ECRAN DE LA BASE KBOB 2011 .....	133
5.5.	RESUME D'UNE FICHE EPD.....	134
5.6.	EXTRAIT DU FASCICULE 2 DES REGLES Th-U DE LA REGLEMENTATION THERMIQUE 2005 DONNANT LES COEFFICIENTS DE TRANSFERT THERMIQUE DE MATERIAUX.....	135
5.7.	FILIERES DE RECYCLAGE DES DECHETS DE LA CONSTRUCTION EN FRANCE.....	145
5.8.	ANALYSE DE CYCLE DE VIE DES MATERIAUX .....	148
5.9.	LISTE DES FIGURES .....	159
6.	SOURCES :.....	163
7.	RESUME.....	176

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

# 1. GENERALITES SUR LES ECO-MATERIAUX

## 1.1. INTRODUCTION

En France comme dans le monde, le développement durable n'est pas un effet de mode mais vraiment une politique de réflexion pour l'avenir. Les enjeux du développement durable sont les paramètres sociaux, économiques, culturels et bien sûr environnementaux.

« Nous n'héritons pas de la Terre de nos parents, nous l'empruntons à nos enfants ».

Antoine de Saint Exupéry

L'environnement, c'est aujourd'hui une thématique tout à la fois populaire et méconnue. C'est tout simplement parce-que les paramètres pour définir ce qui est respectueux de l'environnement (écologique) ou ce qui ne l'est pas sont très nombreux.

Par exemple, un des domaines les plus impactant pour l'environnement, c'est le secteur de la construction des bâtiments, avec en France :

- 25 % des émissions de gaz à effet-de-serre,
- 45 % de l'énergie primaire (40% vie en œuvre, 5% construction),
- 15 % consommation de l'eau,
- 50 % des ressources naturelles,
- Environ 30 000 000 de tonnes de déchets / an.

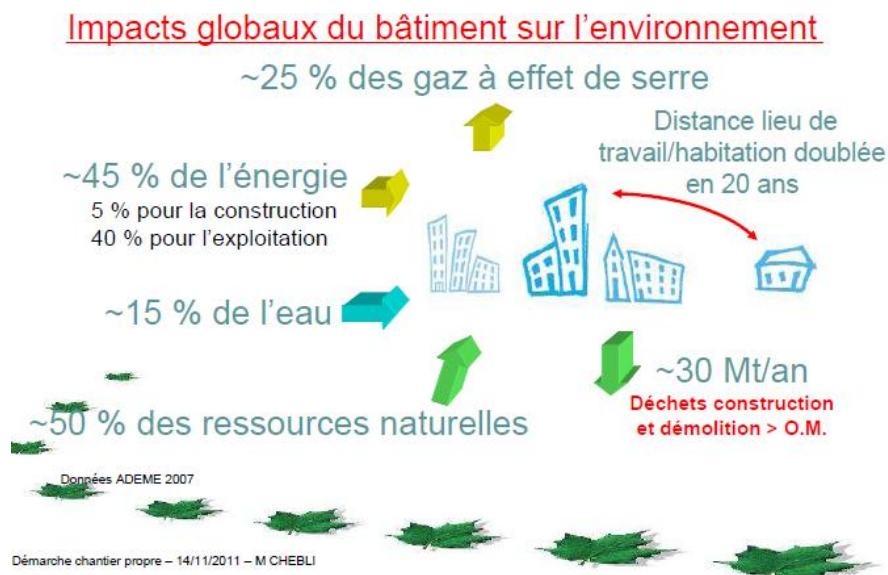


Figure 1 : Impacts environnementaux du cycle de vie des bâtiments en France



*Figure 2 : Une maison écologique*

La construction écologique, ou éco-construction, est donc l'un des enjeux majeurs pour le développement durable en France, comme dans le monde.

Et en construction, dans une bonne démarche environnementale, c'est à partir d'une conception des bâtiments bien préparée que sur l'ensemble de leur cycle de vie les bâtiments auront une bonne qualité environnementale.

Aussi, une des conditions essentielles pour qu'une construction soit écologique, c'est que le bâtiment soit constitué de matériaux écologiques, c'est-à-dire des éco-matériaux.

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 1.2. DEFINITIONS

Un éco-matériau est un matériau qui sera peu impactant pour l'environnement sur l'ensemble de son cycle de vie par rapport à d'autres matériaux avec la même fonctionnalité.

Cependant, affirmer qu'un matériau est un éco-matériau ne sera jamais une vérité générale. En effet, les référentiels qui servent à déterminer si un matériau est plus ou moins écologique sont une jungle. Dans ces référentiels, les limites de l'analyse du cycle de vie (ACV) peuvent varier, les critères d'impact environnementaux sont différents et les pondérations sont rarement les mêmes (voir Annexe 5.8).

Par ailleurs, dans la définition des éco-matériaux, s'élargit. Commencent à être considérés comme éco-matériaux les matériaux sains, c'est-à-dire les matériaux peu impactant pour la santé des compagnons sur les chantiers puis en phase d'exploitation du bâtiment pour la santé des usagers.

Il faut faire attention également à ne pas confondre les éco-matériaux et les matériaux naturels. Par exemple, l'amiante est un matériau naturel mais pas un éco-matériau, tandis que le verre est un produit transformé, mais un matériau recyclable. Cependant, l'amalgame est souvent fait avec la notion de désuète de matériau vert. C'est sans doute dû au fait que la plupart des matériaux biosourcés, c'est-à-dire des matériaux naturels et d'origine organique (exemple : laine de bois) peuvent être considérés comme des éco-matériaux.

Les matériaux peuvent être intégrés dans les processus de construction directement ou indirectement (équipements de production d'ENR, modulaire ou préfabriqué). Suivant les procédés de construction (méthodologie d'assemblage des matériaux) utilisés et les systèmes constructifs (architecture du bâtiment) qui en résultent, les impacts environnementaux peuvent être très différents pour le même matériau (voir Annexe 5.8.).

C'est la raison pour laquelle plus la durée de vie moyenne d'un matériau est longue plus le matériau sera considéré écologique.

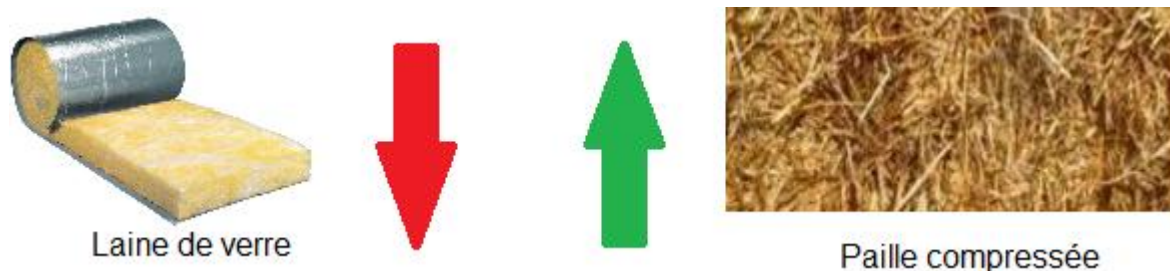


Figure 3 : Eco-matériau ou pas éco-matériau ?

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

### 1.3. INTEGRATION DES ECO-MATERIAUX DANS LES BATIMENTS

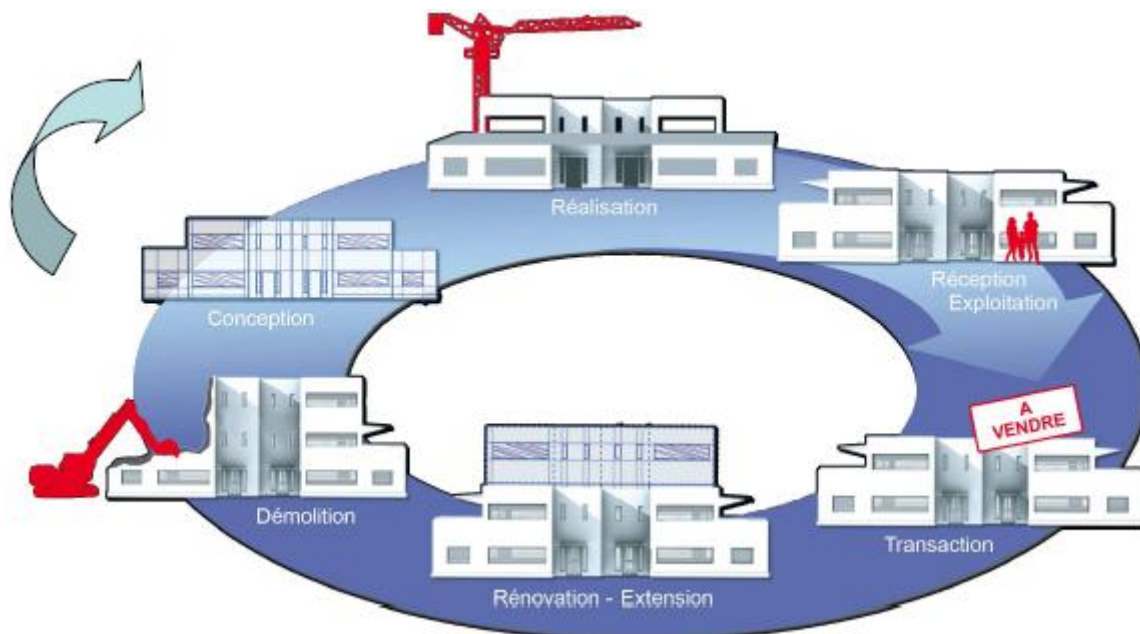


Figure 4 : Schéma de cycle de vie d'un bâtiment

La raison d'être d'un éco-matériau de construction est d'abord d'être un élément à intégrer à une construction et seulement ensuite d'être plus écologique qu'un matériau similaire.

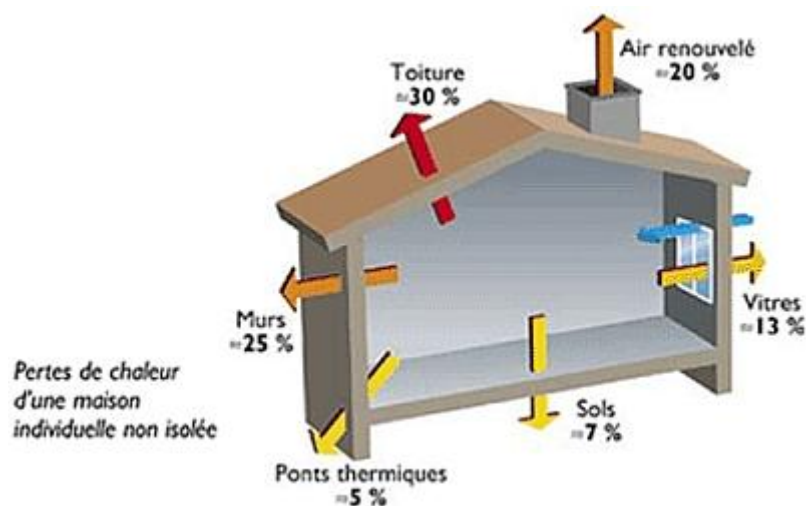


Figure 5 : Schéma des déperditions thermiques d'un bâtiment



La réglementation thermique 12, RT 12, est déjà applicable pour le dépôt des permis de construire de la plupart des types de bâtiments. Pour faire des économies d'énergie, elle exige entre autre des résistances minimales au niveau de parois afin d'éviter les déperditions thermiques. Pour aider l'architecte à concevoir des bâtiments qui seront validés par les bureaux d'études, des garde-fous sont mis en place. Ainsi, en plus d'une architecture bioclimatique, les résistances conseillées pour les différentes parois sont :

- Pour les murs : résistance thermique  $R = 4 \text{ à } 5 \text{ K/m}^2/\text{W}$  ;
- Pour les toitures : résistance thermique  $R = 6 \text{ à } 8 \text{ K/m}^2/\text{W}$  ;
- Pour les planchers : résistance thermique  $R = 3 \text{ à } 5 \text{ K/m}^2/\text{W}$ .

La résistance thermique d'une paroi, autrement dit l'inverse des déperditions surfaciques, est égale à l'épaisseur des couches successives divisée par le coefficient de conductivité thermique :

$$R \text{ (K/m}^2\text{/W)} = 1 / U \text{ (W/m}^2\text{/K)} = e \text{ (m)} / \lambda \text{ (W/m/K)}$$

Figure 6 : Expressions de la résistance thermique

En ce sens, les matériaux isolants peuvent facilement être des éco-matériaux. Le coefficient de conductivité thermique  $\lambda$  est une propriété intensive des matériaux de construction homogènes. Pour donner des exemples :

- Les matériaux les moins favorisés sont par exemple les métaux, avec un lambda de l'ordre de **50 W/m/K**, qui ont déjà un mauvais bilan carbone et qui demandent beaucoup d'énergie grise ;
- Parmi les matériaux qui ne sont ni de bons conducteurs thermiques ni de bons isolants, il y a la pierre, comme le calcaire (**1,7 W/m/K**) ou le granit (**2,8 W/m/K**) ; il y a le béton plein armé (**2,3 W/m/K**) ;
- Certains matériaux sont de bons isolants par rapport à leur fonctionnalité, comme le monomur en terre cuite (**0,17 W/m/K**), le bois, dont le lambda varie entre **0,13 W/m/K** et **0,29 W/m/K** selon les essences ;
- Les isolants qui sont isolants pour être isolants au sein d'une construction. Généralement, leur lambda varie entre **0,02 W/m/K** et **0,05 W/m/K**.

Mais tout n'est pas si simple. D'autres facteurs interviennent pour désigner les éco-matériaux. En général, les bons isolants ne sont pas porteurs. Ceux qui ont des propriétés de gestion hygrothermiques risquent d'être dégradés par l'humidité à la température de formation de la rosée. Ceux qui résistent au feu et aux nuisibles, c'est presque toujours parce-que des produits chimiques nuisibles à l'environnement comme des pesticides ont été

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

mélangés. Et si un matériau biodégradable est aujourd'hui presque un critère de définition d'un éco-matériau, cette notion s'associe souvent à durables, non porteur, voire même allergène. Oui, certains matériaux inertes (souvent plus durables que d'autres matériaux) peuvent prétendre à s'appeler des éco-matériaux. Un autre avantage des matériaux durables, c'est que l'architecte qui souhaite rénover aura plus de mal à concevoir un bâtiment écologique que pour une construction neuve.

L'éco-matériau par excellence, n'existe pas. Ça se saurait.



Isolant, disposant d'une excellente résistance mécanique, de bonnes inerties thermiques et acoustiques,... longtemps, l'amiante a été considéré comme un parfait éco-matériau...

*Figure 7 : Photographie d'amiante à l'état naturel*

Les critères de base sont :

- ✓ L'énergie grise, c'est-à-dire l'énergie nécessaire à la possibilité de la mise en œuvre,
- ✓ La production de gaz à effet-de-serre, et pas uniquement le rejet de CO<sub>2</sub>,
- ✓ La production de gaz dangereux pour les êtres vivants et pour la santé humaine,
- ✓ La pollution des eaux et des sols,
- ✓ La disparition proche prévisible d'une matière première,
- ✓ L'utilisation de matériaux d'origine renouvelable (agro-matériaux),
- ✓ La durée de vie,
- ✓ L'utilisation de matériaux recyclables (existence d'une filière de recyclage, possibilité de dissociation des matériaux, ce qui pose plus un problème de procédé que de matériaux de construction),
- ✓ Les impacts sur la santé.

Mais il existe de nombreux critères sans grand rapport avec l'écologie qui font qu'un matériau peut être considéré comme un éco-matériau :

- ✓ Le respect de la réglementation :
  - avis techniques (répertorié par le CSTB, l'autorité de la construction en France),

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

- certificats divers,
- Inscription dans les DTU (Dossiers Techniques Unifiés, marché de travaux),
- Incendie (résistance au feu selon applications possibles),
- accessibilité (taille des menuiseries par exemple),
- qualité acoustique,
- résistance thermique,
- inertie thermique.

Un bon confort thermique passe par une grande inertie, qui correspond à une grande capacité calorifique. L'inertie thermique est une question de temps, elle ne correspond pas à la résistance thermique. Par exemple, par rapport à l'air, l'eau a une bonne inertie. Il va falloir plus de temps pour la réchauffer. Mais, sans phénomène convectif, l'air aura une meilleure résistance thermique.

C'est justement cette bonne résistance thermique de l'air qui est mise à profit dans beaucoup d'isolants thermiques. En effet, observer par exemple de la laine de bois et du liège au microscope optique :



*Figure 8 : Observation au microscope optique du volume d'air dans deux isolants*

La part de volume d'air dépasse largement les 50%. Cependant, il est « emprisonné » et ainsi, il ne peut y avoir de phénomène convectif significatif. La présence d'air dans les isolants, c'est la raison principale qui fait que les meilleurs d'entre eux sont généralement les moins denses.

Cependant, en période de chaleur, l'été, cet espace va permettre l'accumulation de vapeur d'eau pour une bonne régulation hygrothermique.



- ✓ Aspect social : emploi de personnes en précarité, condition de travail des personnes, Confort procuré par le produit et appropriation de ce dernier par le maître d'ouvrage,
- ✓ Aspect fonctionnel et technique :
  - Caractéristiques physiques générales (résistance mécanique, résistance aux nuisibles, au feu, à l'eau, etc),
  - adéquation avec le lieu concerné (ex : sol glissant à éviter dans une salle de bains ou sur une terrasse),
  - facilité d'entretien,
  - Qualité esthétique (hygrothermique, acoustique, olfactive et visuelle),
- ✓ L'aspect architectural (de nombreuses parties prenantes peuvent avoir des avis différents, voire opposés : architecte concepteur, maître d'ouvrage, maître d'œuvre, ABF, riverains, règlementations),
- ✓ La facilité de la mise en œuvre, les systèmes constructifs, les procédés de construction et le savoir-faire des intervenants. Un produit intéressant du point de vue écologique peut ne pas pouvoir être utilisé à cause d'un manque de qualification des entreprises. Parfois ce critère correspond à des « habitudes » de travail qui peuvent évoluer.

Le choix de l'intégration des matériaux représente la cible 4 du référentiel H&E (Habitat et Environnement) et la cible 2 du référentiel HQE (Haute Qualité Environnementale). Les problématiques posées sont la réduction maximale des impacts environnementaux et sanitaires du bâtiment ainsi que la durabilité et l'adaptabilité (changement de fonctionnalités) de l'ouvrage. Les solutions pour répondre à ces problématiques sont les suivantes :

- Choisir des produits durables, quitte à ce que la mise en œuvre demande par exemple une grande énergie grise,
- Concevoir le bâtiment et choisir des produits adaptés aux fonctionnalités du bâtiment pour faciliter l'entretien (accessibilité des façades, des toitures, de l'éclairage,...),
- Choisir des produits de construction afin de limiter les impacts sanitaires de l'ouvrage (exemples : peintures écologiques, traitement du bois sans abus de phytosanitaires).

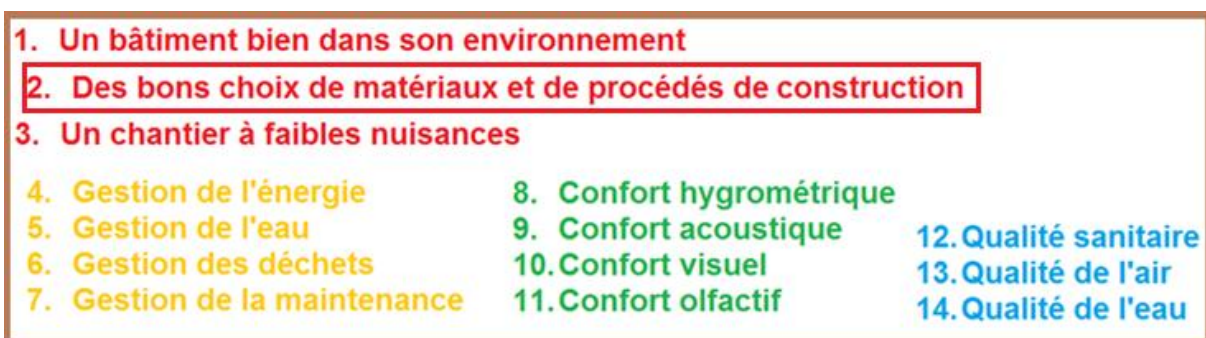


Figure 9 : Cible « Choix intégré des procédés et produits de construction » dans le référentiel HQE

Mais au final, c'est toujours la maîtrise d'ouvrage, sur conseils de l'équipe de maîtrise d'œuvre qui choisira le matériau à installer, en général dès la phase avant-projet. Mais

parfois, les choix ne sont déterminés qu'à la fin des travaux pour les opérations les plus indécises.



Pour la menuiserie bois, c'est à gauche, pour la menuiserie aluminium, c'est à droite

Figure 10 : Battle menuiserie bois / menuiserie aluminium

La menuiserie aluminium nécessitera beaucoup d'énergie à la production mais ne nécessitera quasiment aucun entretien par la suite, de plus l'aluminium se recycle... Le clair de vitrage sera plus important que celui du bois. Si l'aluminium provient du recyclage : la production d'énergie diminuera de beaucoup.

- La menuiserie bois peinte produira relativement peu d'énergie à la production, servira de stockage de CO<sub>2</sub> (caractéristique du bois), isolera bien thermiquement et acoustiquement. Mais il faut se poser des questions comme la provenance du bois, le traitement du bois (produit souvent nocif), son entretien qui devra être effectué plusieurs fois durant la vie de la menuiserie avec de la peinture de qualité extérieure donc difficilement respectueuse de l'environnement et émettrice de CO<sub>2</sub> pour sa production,... du décapage et ponçage générateur de déchets,... Les équipements de peinture telles que combinaisons, bâches de protections s'abîment très vite et génèrent aussi des déchets nombreux.
- Il est difficile de trancher entre les 2 solutions sans connaître précisément l'impact de chacune d'entre elles. Souvent ce choix est déterminé par des critères fonctionnels, techniques ou de coûts. Si on veut réaliser un grand mur rideau ou si on ne veut pas d'entretien, l'aluminium sera généralement plus adapté. Si au contraire on recherche une très bonne isolation thermique, le bois sera plus adapté. Le mieux est de prendre en compte également certains critères écologiques et de raisonner en coût global. Le coût global dans ce cas devra faire apparaître en plus du coût d'investissement les dépenses ou économies après l'installation (ex : économie d'énergie, entretien remplacement des menuiseries selon leur durée de vie,...)
- Dans cet exemple précis, **une troisième solution peut être intéressante** : la menuiserie mixte « bois-alu ». La structure de la fenêtre est en bois avec un parement extérieur en aluminium laqué, alliant ainsi les avantages des deux matériaux (bonne isolation intrinsèque et sans entretien). Par contre le coût est plus important à l'investissement. Mais encore d'autres choix sont possibles comme le PVC, l'acier,... avec d'autres avantages et inconvénients à étudier également.

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



Figure 11 : Photographie d'une menuiserie bois / aluminium

Enfin, devant l'océan de paramètres et de bases de données pour définir les impacts des matériaux, il est plus que souhaitable d'avoir une harmonisation des méthodologies de calcul, même avec des paramètres et des pondérations modulés en fonction des lieux de production et de consommation, en fonction des procédés d'extraction, de transport, de mise en œuvre, de durabilité et des modalités de recyclage. Mais en vue de l'évolution actuelle de la fierté et de la concurrence entre les différents organismes de gestion des bases de données dans le monde, cette belle harmonie n'est pas pour demain ; ni même pour les prochaines décennies.

### Les intérêts des différentes parties prenantes aux analyses de cycle de vie est trop divergent.

Cependant, un indice lié à la base de données EcoInvent semble faire l'unanimité en Suisse d'où il est originaire. Il s'agit de l'indice **UBP** (Umwelt Belastung Punkten, voir Annexe 5.8.) qui prend en considération l'utilisation d'énergie, la pollution de l'eau, de la terre et de l'air ainsi que l'élimination des déchets.

Mais cet indice ne prend pas en compte la différence des impacts environnementaux :

- suivant le lieu d'origine des matières premières, la raréfaction des ressources locales ne sera pas identiques ;
- suivant le choix des systèmes de construction (assemblage des matériaux) et des procédés de construction (manière d'assembler ces matériaux), les impacts environnementaux peuvent être très différents pour le même matériau ;
- sans compter la grande inconnue, lors de la mise en œuvre d'un matériau sur une construction, c'est si lors de la déconstruction, la meilleure élimination sera choisie (d'abord réemploi, puis recyclage, puis valorisation énergétique, puis enfouissement, dans ce cas, on peut l'espérer, au moins en centre de stockage).

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## Enfin, la définition d'un éco-matériau est plus philosophique qu'autre chose !

Heureusement, en France, il existe une référence, les Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires (FDES) des matériaux de construction. Ces FDES sont créées par les fabricants de produits qui le souhaitent, suivant la norme Française NF P01-010 et gérées par l'INIES qui dépend du gouvernement, de l'ADEME et du CSTB (voir Annexe 5.8.). Elles donnent le détail de :

1. La consommation en énergie,
2. L'épuisement des ressources naturelles,
3. La consommation d'eau,
4. La production de déchets,
5. Le changement climatique,
6. L'acidification atmosphérique,
7. La pollution de l'air,
8. La pollution de l'eau,
9. La destruction de l'ozone stratosphérique,
10. La formation de l'ozone troposphérique.

Mais le problème majeur avec les analyses de cycles de vie, c'est qu'elles sont payantes. L'accès à la norme NF P01-010 est payant, la réalisation, ainsi donc que la vérification, d'une FDES suivant la NF P01-010 est payante, la plupart des bases de données d'analyse de cycle de vie des matériaux de construction sont payantes. Mais la FDES reste une référence d'accessibilité.

Il y a par exemple l'anecdote d'un professeur d'Université qui avait acheté la nouvelle version d'une norme dont la mise en application rendait l'ancienne obsolète. En tant que professionnel, il a dû l'acheter, à plus de 50€. Sans grande surprise, le changement majeur du texte était le rajout du préfixe EN, pour « norme européenne », dans le titre de la norme.

**NF P01-010 Décembre 2004**  
**Qualité environnementale des produits de construction - Déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction**

Achat

Choix de la langue  
Français

Choix du format  
PDF

94,40 € HT

AJOUTER AU PANIER

Assistant de recherche  
Questions fréquentes  
Nous écrire  
01 41 62 76 44  
du lundi au vendredi de 8h30 à 18h00  
Etre rappelé

Figure 12 : Dénonciation de la censure des analyses de cycle de vie

AR ARCHITECTES  
SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Ainsi, malgré les risques que cela représente, il se peut que certains fabricants peu scrupuleux trafiquent les résultats de leurs FDES. Normalement, il n'y aura personne pour vérifier s'ils ont choisi une forte durée de vie typique, une faible distance entre le lieu de production et de mise en œuvre (qu'ils ne peuvent pas deviner), une donnée non pas calculée mais copiée-collée d'une autre base de données, etc. Mais établir des FDES est simplement conseillé. Ce n'est pas encore obligatoire.

**Et de fait, en France, les FDES, qui sont des documents de quelques dizaines de pages, qui restent des documents de référence pour comparer les cycles de vie des matériaux de construction.**

Les différents critères pour déterminer si un matériau est plus écologique qu'un autre sont souvent contradictoires. C'est la raison pour laquelle deux matériaux pour lesquels un architecte hésite peuvent se décider par exemple en se basant sur d'autres paramètres comme la proximité de l'origine des matériaux, la qualité des références humanitaires de l'entreprise qui aura la compétence de la mise en œuvre des matériaux, etc.

De nos jours, la société est sensibilisée au développement durable et les acteurs de la construction veulent travailler avec des éco-matériaux ; dans des conditions architecturales, techniques et financières inchangées voire améliorées.

Il existe aujourd'hui de plus en plus d'éco-matériaux sur le marché ; qu'il s'agisse de nouveaux matériaux, ou systèmes constructifs, ou de matériaux déjà connus et qui se revendiquent « soudainement » écologiques.

**Pour les nouveaux éco-matériaux, il faudra du temps avant de connaître leur impact exact sur l'environnement et la santé.**

Pour acquérir de la culture générale en éco-construction, de nombreuses associations, collectivités locales, services publics dépendant d'institutions déconcentrées, et d'autres organismes mènent des actions d'ordre pédagogique ou de recherche. Il est intéressant par exemple de s'intéresser aux travaux de la Commission Prévention Produits (C2P) organisée par l'Agence Qualité Construction (AQC) en la matière.

Certains sites internet, comme par exemple [www.eosphere.fr](http://www.eosphere.fr), des échanges de retours d'expériences sont disponibles.

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)





Figure 13 : Imprim'écran de la page d'accueil d'Eosphere

Le site d'Eosphere propose notamment l'utilisation du logiciel COCON, qui permet d'estimer la qualité environnementale d'un bâtiment ; avec l'analyse et la comparaison de l'impact environnemental de parois et de matériaux. Eosphere propose également un logiciel de bilan thermique en ligne : « COMME UN THERMIEN ».

Il existe de nombreux logiciels qui permettent de faire les ACV des bâtiments. Il existe notamment TEAM BAT, EQUER, LEGEP, GABI 5 (très international, mais sans version francophone), SIMAPRO, LCA (anglophone mais gratuit) et surtout ELODIE. ELODIE est un logiciel basé sur les données des FDES qui a été mis en place ces derniers mois par le CSTB. Lorsqu'un matériau susceptible d'entrer dans un projet n'a pas sa FDES, alors c'est un matériau aux impacts environnementaux équivalent qui est enregistré dans le logiciel.

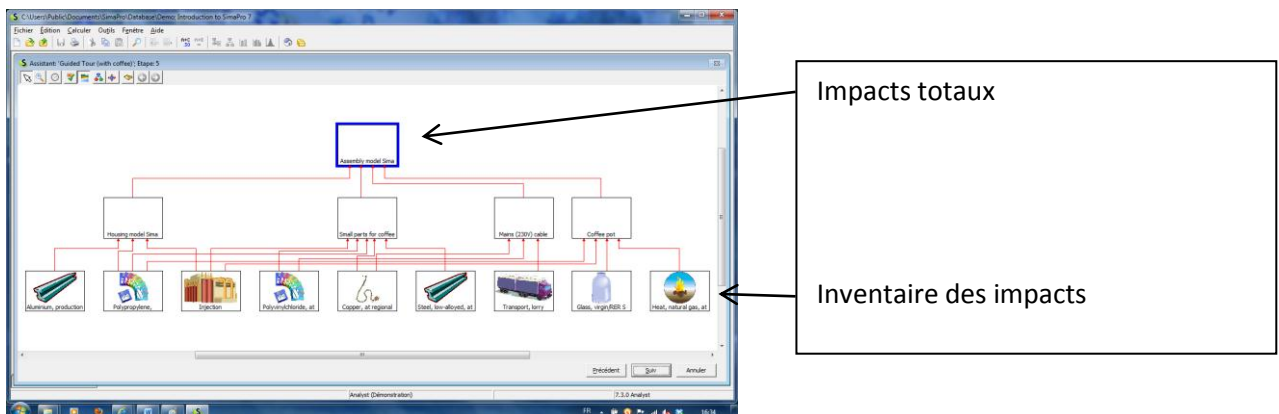


Figure 14 : Imprim'écran lors de l'utilisation du logiciel SIMAPRO

AR ARCHITECTES  
 SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 2. LES ECO-MATERIAUX EN FRANCE

### 2.1. GENERALITES

#### 2.1.1. GENERALITES

La grande diversité climatique et géologique du territoire Français fait qu'une grande variété d'éco-matériaux peut être produite en France et qu'un éco-matériau en France sera souvent éco-matériau partout dans le monde.



Figure 15 : Une France unie, une diversité de visages

### CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Située au cœur géographique de l'Europe Occidentale, la France, le « Pays aux 5 mers » dispose d'une métropole où tous les climats tempérés cohabitent. Mer, montagne, plaines, fleuves, hivers froids mais pas trop, étés chauds mais pas trop. Avec une pluviométrie différente en Bretagne ou ailleurs, avec un climat Méditerranéen sur la moitié Sud, avec des zones quasiment arides au milieu de la côte Atlantique, la France métropolitaine n'a pas de diversité en comparaison des DOM-TOM. Des terres arctiques des Kerguelen aux terres intertropicales de Guyane Française, ses DOM-TOM font que la France est aujourd'hui le seul Etat sur lequel le Soleil ne se couche jamais. La préservation de l'environnement lui incombe donc tout particulièrement.

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

<b>BREST</b>	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Temp Max - C°	9	9	11	12	15	18	20	20	18	15	12	10
Temp Mini - C°	4	4	5	6	8	11	13	13	11	9	7	6
Humidité - %	40	38	41	42	47	52	56	56	54	49	44	41
Précipitations - mm	132	107	102	74	71	58	48	69	86	109	127	147

<b>NICE</b>	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Temp Max - C°	13	13	14	16	19	23	26	27	24	20	16	13
Temp Mini - C°	6	6	8	9	13	17	19	20	17	13	9	6
Humidité - %	35	37	41	46	53	59	64	64	60	52	43	37
Précipitations - mm	76	74	74	64	48	38	18	30	66	112	117	89

Brest, ville froide et très pluvieuse ; Nice, ville très chaude et normalement pluvieuse

*Figure 16 : Données climatiques de Brest et de Nice*

Malgré sa diversité géologique, la France métropolitaine dispose d'un territoire tempéré.

### 2.1.2. LA CONSTRUCTION BOIS

Le bois est une matière idéale pour élaborer des éco-matériaux en France. En effet, contrairement à d'autres endroits dans le monde, les réserves forestières Françaises ne cessent de croître (11 millions d'hectares avant la Seconde Guerre Mondiale contre 16 millions d'hectares aujourd'hui, selon l'IGN, à savoir l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière).

Pour le bois de construction, il faut sélectionner le duramen (cœur du bois). Mais pour certaines essences (variétés) de bois les plus durs (principalement les bois tropicaux), il est également possible de sélectionner le bois d'aubier, juste autour du duramen.

Le bois est à l'origine de nombreux matériaux de construction, tous plus inventifs les uns que les autres. Avec le bois, il est possible de construire tout type de paroi d'un bâtiment : murs porteurs, cloisons, planchers, plinthes, plafonds, toitures, menuiseries, etc ; sans compter la possibilité de construire le mobilier intérieur et l'agrémentation des voiries extérieures.

Il existe des essences plus ou moins dures, plus ou moins résistantes à l'humidité, aux nuisibles comme les insectes ou les champignons.

S'il provient de forêts bien gérées, le bois est un éco-matériau par excellence. Réputées pour être de véritables puits de carbone à l'échelle mondiale (en effet, pour sa croissance, le

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)

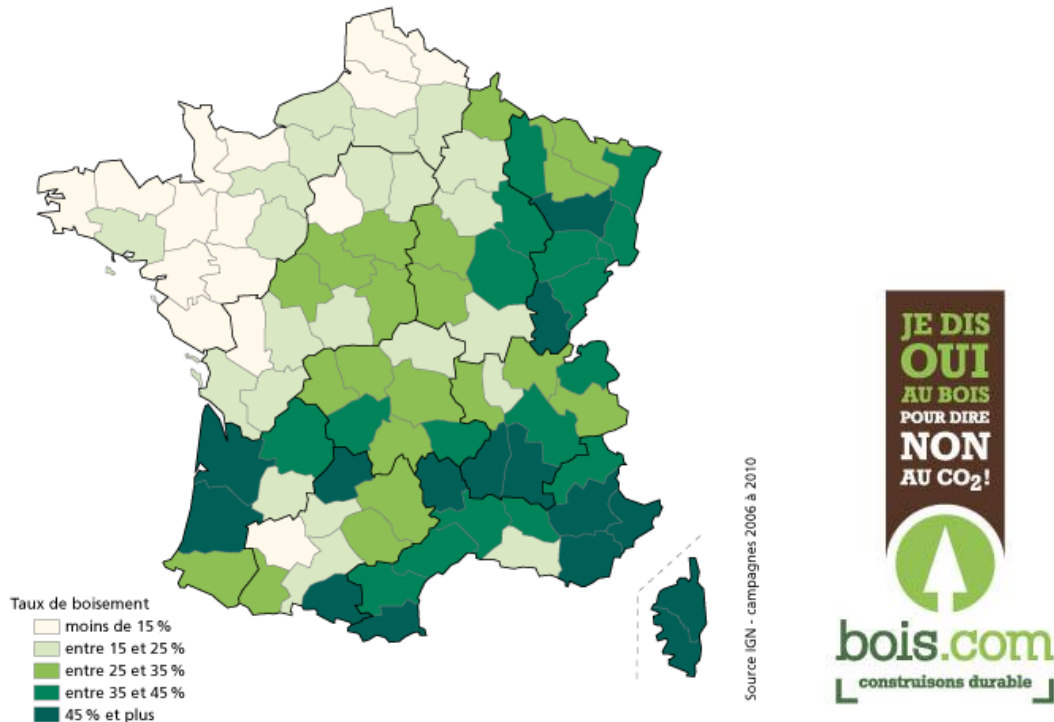
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



bois utilise le carbone du CO<sub>2</sub> atmosphérique), ces forêts peuvent aujourd'hui être considérées comme un outil agricole renouvelable.

Ainsi, même si l'énergie grise principalement nécessaire à la transformation de l'arbre en matériau de bois est importante, le bilan carbone peut être considéré négatif.



La carte ci-dessus donne le taux de boisement par département pour le cumul des campagnes d'inventaire 2006 à 2010. Il varie de 5 % dans la Manche à 63 % en Corse-du-Sud, pour un taux moyen en France de 29,4 % !

Illustration du grand slogan du CNDB : « Je dis oui au bois pour dire non au CO<sub>2</sub> »

Figure 17 : Figures de communication pour le bois matériau de construction

Mais l'important, c'est que la forêt puisse se régénérer. Outre l'enjeu du puits carbone, une question de biodiversité se pose. En effet, la forêt constitue un biotope, c'est-à-dire un milieu de vie, très favorable au développement de cette biodiversité. Ce milieu de vie va apporter de la nourriture, de l'ombre, de l'humidité, de la fraîcheur, mais également des abris, des recoins, pour nicher ou pour se cacher par exemple.

C'est la raison principale pour laquelle cela fait longtemps qu'il est devenu profondément immoral de faire importer du bois du Brésil ou d'Indonésie, par exemple. A contrario, les efforts du Surinam pour préserver leur parcelle de forêt Amazonienne fait qu'il y a peu d'exportations. Mais c'est un bon argument commercial.

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

**Utilisation**  
 ● Mobilier ● Lutherie ○ Construction navale ● Manches d'outils ○ Papier  
 ● Intérieur (escaliers, parquet, lambris, tenêtres, portes) ● Matériaux de construction en bois (contreplaqué, aggloméré, MDF)

**RECOMMANDABLE**

- 1 Chêne.** Le Chêne est le feuillu le plus répandu en France, représentant 35 % de la surface forestière en France. Ce bois dur est très utilisé pour la tonnerrie, la menuiserie et l'ébénisterie. ●●●●●
- 2 Épicéa et sapin.** L'épicéa commun est le plus haut des résineux indigènes, mesurant en général 30 à 50 mètres. Les vieux épicéas fournissent les bois dits de musiques ou de résonance et sont utilisés pour les violons, et autres instruments de musique. Le sapin est principalement utilisé pour les charpentes. ●●●●●●●●
- 3 Érable.** Vivant jusqu'à 300 ou 400 ans, il est cultivé déjà depuis des siècles. Avec ses veines claires et régulières, il se prête entre autres à la fabrication d'ustensiles de cuisine, de jouets et instruments de musique. ●●●●
- 4 Frêne.** Le frêne se retrouve dans toute la France à l'exception du Sud-Est. Il est recherché pour sa grande résistance mécanique et sa flexibilité, surtout dans le domaine des articles de sport et d'outillage. ●●●●
- 5 Hêtre.** De tous les feuillus, le hêtre a sûrement l'écorce la plus facilement reconnaissable : elle est gris pâle et unie. La couleur de son bois va du blanc au brunâtre pâle. Il couvre 10% de la forêt française et son bois est typiquement utilisé pour les meubles, les parquets, les jouets et les articles de sport. ●●●●●●
- 6 Mélèze.** Cet arbre typique des Alpes, avec son bois dur et blanchâtre se confond facilement avec certains bois tropicaux. Son bois est exploité pour fabriquer des charpentes, des poteaux, du parquet, et de la menuiserie intérieure. ●●●●●●
- 7 Merisier (cerisier sauvage).** En France, on ne trouve pas le merisier en peuplement pur mais en mélange avec d'autres essences. Son bois brun rose, puis presque cuivré en vieillissant sert surtout pour la décoration et l'ameublement sous formes de placages. ●●●●
- 8 Pin.** Le pin pousse de la Méditerranée à l'Extrême-Orient. Son bois est de couleur blanche et il est utilisé pour les charpentes classiques, la menuiserie, les parquets, la papeterie et les meubles. En France le pin maritime couvre plus de 10% de la surface boisée et représente le premier pin français. ●●●●●●

**CATASTROPHIQUE**

- 9 Abachi (Ayous, Wawa, Samba, Obeche).** Ces arbres géants poussent en Afrique occidentale et centrale. L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN) recommande la protection de cette espèce surexploitée. ●●●●
- 10 Acajou.** L'abattage de l'acajou détruit les forêts anciennes des Caraïbes, de l'Amérique centrale et d'Amazonie. En novembre 2002, Greenpeace a obtenu un succès important lorsque la Convention sur le commerce international des espèces sauvages menacées d'extinction (CITES) a fortement limité l'abattage et le commerce de l'acajou. ●●●●
- 11 Merbau.** Il fut un temps où cet arbre majestueux poussait de Madagascar à la Papouasie dans les forêts de basse altitude. L'abattage et la surexploitation ont considérablement réduit les surfaces boisées. La situation écologique est catastrophique depuis des décennies ; en Indonésie, les trois quarts du bois proviennent d'abattages illégaux. On continue malgré tout à retrouver le Merbau dans des parquets en France. ●●●●
- 12 Nyangon.** Cette espèce vient principalement de la région forestière du Libéria et de la Côte d'Ivoire. Son exploitation alimente directement les conflits qui sévissent dans cette région du monde. Il est principalement utilisé en menuiserie. ●●
- 13 Sapelli et Sipo (acajou africain).** Ces bois ressemblent à l'acajou américain classique. Ils viennent principalement du Cameroun, du Libéria, de l'Afrique centrale et du Congo. L'abattage de ces arbres détruit les espaces vitaux des populations, menace les forêts anciennes, provoque des conflits sociaux et nourrit des guerres (Libéria, République Démocratique du Congo). Aujourd'hui presque tous les meubles "de style en acajou" sont faits de ces bois. Il n'y a pas d'exploitation FSC. ●●●●
- 14 Ramin.** Les 15 espèces de ramin sont déjà sur la liste rouge de l'IUCN. En Indonésie et en Malaisie, de nombreuses forêts sont abattues illégalement malgré les accords commerciaux internationaux. Ce n'est que lentement que le ramin disparaît des magasins de bricolage français. L'achat de plinthes ou de cadres en ramin contribue à la destruction de l'habitat des orangs-outans. ●●●
- 15 Teck.** Le teck est un des bois tropicaux les plus nobles. Aujourd'hui, il est cultivé dans des plantations de nombreux pays tropicaux. A Java, cela entraîne des conséquences sociales et écologiques effroyables. Au Myanmar (Birmanie), la dictature détruit les forêts anciennes. ●●●●●

**GREENPEACE**

Greenpeace recommande par exemple l'utilisation du chêne, de l'épicéa, du sapin, de l'érable, du frêne, du hêtre, du mélèze, du merisier ou encore du pin. En revanche, sont déconseillés l'abachi, l'acajou, le merbau, le nyangon, le sapelli, le sipo, le ramin et le tech.

Figure 18 : Liste de bois recommandables en France selon Greenpeace

C'est la raison pour laquelle il existe les labels PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes : Programme de reconnaissance des certifications forestières) et FSC (Forest Stewardship Council : Conseil de bonne gestion forestière) dépendant des ONG homonymes. Le label PEFC est beaucoup moins exigeant, long et onéreux à obtenir que le label FSC, mais il reste suffisamment exigeant.



Figure 19 : Logos des labels PEFC et FSC

Mais si l'obtention d'un label PEFC est presque une étape obligée pour avoir un bois écologique, d'autres questions doivent se poser concernant les étapes de transformation et de mise en œuvre.

**AR ARCHITECTES**  
 SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Par exemple :

- L'association d'autres matériaux au bois (ciment, colle, résines,...) permet-elle un recyclage en fin de vie ?
- Le bois d'aubier du mélèze et du douglas doit-il être purgé afin de ne pas les traiter chimiquement pour les protéger contre l'humidité avec du sel de bore ou encore du CCA (cuivre, chrome, arsenic), produits impactants pour la biodiversité,
- Ces matériaux sont-ils sains ? Il y a beaucoup de progrès de faits ces dernières années mais il est difficile d'y voir clair.
- Le fait que ces produits permettent de récupérer des restes de bois et d'utiliser du bois local est assez positif.

Et pour l'utilisation que l'équipe de maîtrise d'œuvre souhaite en faire, quelle est :

- la longueur minimale exigée,
- la dureté minimale exigée (classe A, B, C ou la plus dure, D),
- la résistance minimale au feu exigée (classe M3, M2, M1 ou la plus résistante M0),
- la résistance à l'eau et aux nuisibles (insectes, rongeurs, moisissures et autres),
- l'homogénéité du bois (qualité visuelle). Peut-elle être de qualité médiocre (choix 3) ou doit-elle être sans la moindre imperfection (choix 0),
- la finition peinture ou lasure. Doit-elle être mise en place et entretenue ou le bois peut-il se laisser griser ?

Pour répondre à ces questions, la maîtrise d'ouvrage préférera souvent le moins cher.

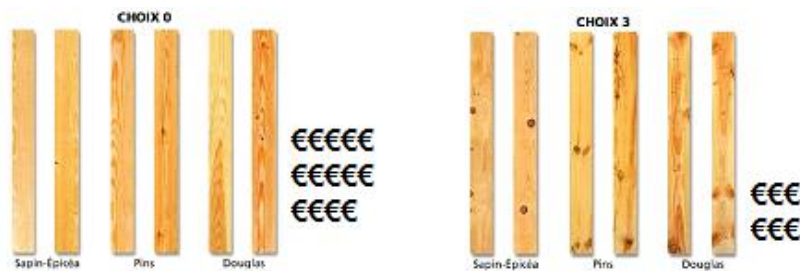


Figure 20 : Rapport qualité/prix : un choix de conception

Mais pour éviter de limiter les solutions techniques aux limites de l'enveloppe qui sera accordée par la maîtrise d'ouvrage, les techniques du bois sont aujourd'hui quasiment illimitées.

Il existe, à titre d'exemple le bois polymère composite. Issu du recyclage du bois, ils sont adaptables à tous les éléments de construction non structurels. Ils ressemblent à s'y méprendre au bois massif avec un minimum d'entretien et une résistance élevée. Ces matériaux présentent des caractéristiques de résistance à l'humidité et aux termites sans comparaison.

Mais d'autres techniques constructives existent et elles sont si nombreuses qu'elles font oublier qu'il n'y a qu'un seul matériau de base, malgré les différentes essences utilisables et que ce matériau, c'est le bois.

#### AR ARCHITECTES

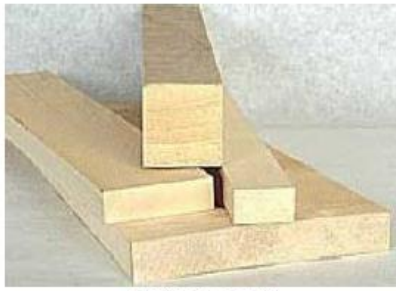
SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)

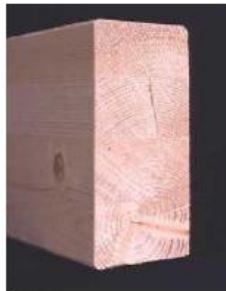
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

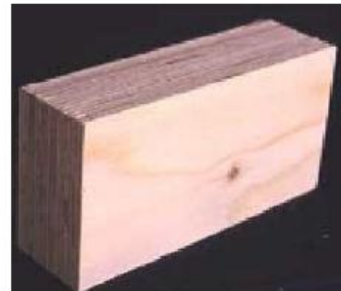




Bois massif



BLC (Bois Lamellé Collé)



LVL (Bois lamifié : kerto,...)



PSL (Bois lamellisé)



Lamellé cloué



Contre-plaqué



Multiplis



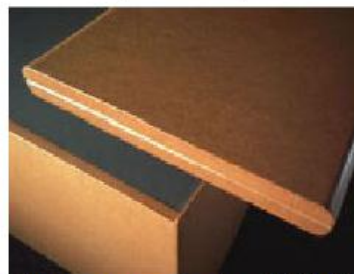
Aggloméré (panneau de particules)



OSB (lames orientées)



Fibres dures (âme de la poutre)



Fibres moyenne densité (MDF ou médium)



Fibres tendres (laine de bois, isolation)

Bois massif, lamellé-collé, lamifié, lamellisé, lamellé-cloué, contre-plaqué, multiplis, aggloméré, oriented strand board, fibres dures, fibres moyenne densité, fibres tendres, etc.

Différentes essences possibles.

Le bois semble être un matériau destiné à défier l'imagination des concepteurs et de l'ensemble des acteurs de la construction...

Figure 21 : Quelques exemples de matériaux de construction à base de bois

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

<b>Essences</b>	<b><math>\rho_n</math> kg/m<sup>3</sup></b>	<b><math>\lambda</math> W/m.°K</b>
Feuillus très lourds	>1000	0,29
Feuillus lourds	>865 ≤1000	0,23
Feuillus mi-lourds	>650 ≤865	0,18
Feuillus légers	>500 ≤650	0,15
Feuillus très légers	>230 ≤500	0,13
Balsa	≤230	0,057
Résineux très lourd	>700	0,23
Résineux lourds	>600 ≤700	0,18
Résineux mi-lourds	>500 ≤600	0,15
Résineux légers	≤500	0,13

Figure 22 : Différentes catégories d'essences de bois et coefficients de transfert thermique correspondant

## 2.2. ECO-MATERIAUX

Il s'agit d'un Inventaire non exhaustif des principaux types d'éco-matériaux qu'il est possible d'utiliser en France en tant que tels. Des exemples de fournisseur de certains de ces types de matériaux peuvent être trouvés en consultant le mémento *Caractéristiques des produits pour la construction durable* des éditions Le Moniteur, de 2008.

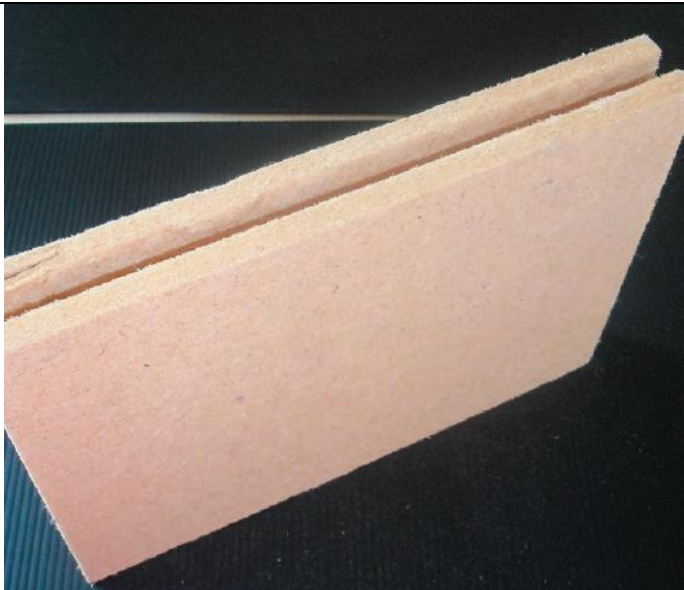
### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 2.2.1. ISOLATIONS DE LA STRUCTURE

Il s'agit de matériaux isolants qui ne sont pas porteurs. Ils existent sous la forme panneau (rouleau, laine) ou en vrac

### PANNEAU DE BOIS RIGIDE

Illustration	
Localisation	Le panneau de bois peut être produite partout où il y a du bois.
Généralités, avantages	Le panneau de bois (fibre de bois) rigide est un matériau d'origine renouvelable. Ces panneaux sont fabriqués à partir de déchets de scieries. Les fibres sont agglomérées par leur propre résine, mais elles peuvent être stabilisées par une colle synthétique pour une plus grande durabilité. Ces panneaux sont faciles à la mise en œuvre. Elle est plus dense et moins isolante que la laine de bois souple.
Coefficient de transfert thermique	Le coefficient de transfert thermique du matériau $\lambda$ est de l'ordre de 0.06 W/m/K.
Coût moyen	Compter 30 € à 40 € pour un panneau de l'ordre de 10 cm d'épaisseur.
Bilan carbone	De l'ordre de 400 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 1400 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière bois (amendement des terres, filière papier et cartons, valorisation thermique).
Sources	Ensemble : Guide de l'ADEME (voir sources) ; Généralités : Guide de l'Agence (voir sources).

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## LAINES DE BOIS SOUPLER

Illustration	
Localisation	La laine de bois peut être produite partout où il y a du bois.
Généralités, avantages	La laine de bois (fibre de bois) souple est un matériau d'origine renouvelable. Ces panneaux sont fabriqués à partir de déchets de scieries. Les fibres sont agglomérées par leur propre résine, mais elles peuvent être stabilisées par une colle synthétique pour une plus grande durabilité. Ces panneaux sont faciles à la mise en œuvre. Elle est moins dense et plus isolante que la laine de bois rigide, mais plus difficile à la mise en œuvre. Notamment à cause des poussières qui peuvent nuire à la santé des metteurs en œuvre.
Coefficient de transfert thermique	Le coefficient de transfert thermique du matériau $\lambda$ est de l'ordre de 0.042 W/m/K à 0.05 W/m/K.
Coût moyen	Compter entre 10 € et 20 € pour un panneau de l'ordre de 10 cm d'épaisseur.
Bilan carbone	De l'ordre de 100 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	Jusqu'à 800 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière bois (amendement des terres, filière papier et cartons, valorisation thermique).
Sources	Ensemble : Guide de l'ADEME (voir sources) ; Généralités : Guide de l'Agence (voir sources) ; Vue à la loupe binoculaire : <a href="http://energie-limite.e-monsite.com/pages/photos-microscope.html">http://energie-limite.e-monsite.com/pages/photos-microscope.html</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## PANNEAUX DE ROSEAU

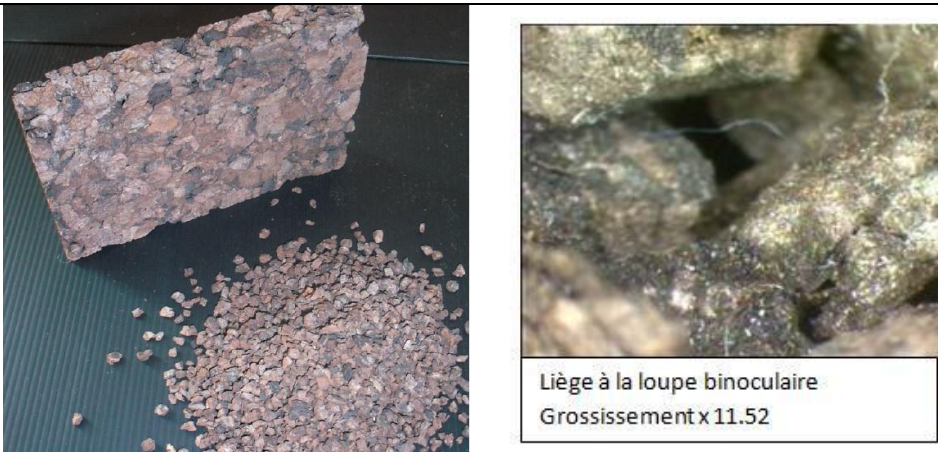
Illustration	
Localisation	Partout en France
Généralités, avantages	Dans les régions où le roseau pousse naturellement en grande concentration, il s'agit d'un matériau renouvelable qui nécessite peu d'entretien agricole. L'assemblage peut se faire manuellement ou avec machines mécaniques, avec du fil de fer ou avec de la corde végétale, par exemple.
Coefficient de transfert thermique	Le coefficient de transfert thermique du matériau $\lambda$ est de l'ordre de 0.056 W/m/K.
Coût moyen	Compter de 35 € à 40 € par mètre carré.
Bilan carbone	A partir de 100 kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 100 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	De nombreuses années, variable selon l'entretien.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière bois (amendement des terres, filière papier et cartons, valorisation thermique).
Sources	<p>Illustrations :</p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=0ls7DqMrGifxWM:&amp;imgrefurl=http://www.habitat-ecologique.be/index.php%3Fpage%3D84&amp;docid=GREay4wqQbjPSM&amp;imgurl=http://www.habitat-ecologique.be/up/15a979d61cdeeda8ae942a6f454143b6/roseau01.jpg&amp;w=200&amp;h=200&amp;ei=7LijUMyQOMa30QWUroHYBq&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=593&amp;vpy=166&amp;dur=925&amp;hovh=160&amp;hovw=160&amp;tx=88&amp;ty=88&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=138&amp;tbnw=140&amp;start=0&amp;ndsp=21&amp;ved=1t:429,r:3,s:0,i:82">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=0ls7DqMrGifxWM:&amp;imgrefurl=http://www.habitat-ecologique.be/index.php%3Fpage%3D84&amp;docid=GREay4wqQbjPSM&amp;imgurl=http://www.habitat-ecologique.be/up/15a979d61cdeeda8ae942a6f454143b6/roseau01.jpg&amp;w=200&amp;h=200&amp;ei=7LijUMyQOMa30QWUroHYBq&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=593&amp;vpy=166&amp;dur=925&amp;hovh=160&amp;hovw=160&amp;tx=88&amp;ty=88&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=138&amp;tbnw=140&amp;start=0&amp;ndsp=21&amp;ved=1t:429,r:3,s:0,i:82</a></p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=Xm8trmyVDTYTYM:&amp;imgrefurl=http://www.biodecomateriaux.com/catalogue/4-Terre/186-Panneaux-isolant-de-roseaux.html&amp;docid=Eu0eGPE_D3vzsM&amp;imgurl=http://www.biodecomateriaux.com/img/catalogue/grand/186-Panneaux-isolant-de-roseaux.jpg&amp;w=205&amp;h=205&amp;ei=7LijUMyQOMa30QWUroHYBq&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=835&amp;vpy=303&amp;dur=2264&amp;hovh=164&amp;hovw=164&amp;tx=88&amp;ty=95&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=2&amp;tbnh=143&amp;tbnw=143&amp;start=21&amp;ndsp=28&amp;ved=1t:429,r:18,s:21,i:197">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=Xm8trmyVDTYTYM:&amp;imgrefurl=http://www.biodecomateriaux.com/catalogue/4-Terre/186-Panneaux-isolant-de-roseaux.html&amp;docid=Eu0eGPE_D3vzsM&amp;imgurl=http://www.biodecomateriaux.com/img/catalogue/grand/186-Panneaux-isolant-de-roseaux.jpg&amp;w=205&amp;h=205&amp;ei=7LijUMyQOMa30QWUroHYBq&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=835&amp;vpy=303&amp;dur=2264&amp;hovh=164&amp;hovw=164&amp;tx=88&amp;ty=95&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=2&amp;tbnh=143&amp;tbnw=143&amp;start=21&amp;ndsp=28&amp;ved=1t:429,r:18,s:21,i:197</a></p> <p>Coefficient de transfert thermique :</p> <p><a href="http://isolation.comprendrechoisir.com/comprendre/panneaux-roseaux">http://isolation.comprendrechoisir.com/comprendre/panneaux-roseaux</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)




## LIEGE

Illustration	 <p data-bbox="949 656 1369 734">Liège à la loupe binoculaire Grossissement x 11.52</p>
Localisation	Partout en France
Généralités, avantages	Le liège est obtenu en France à partir de l'écorce du chêne liège coupé en grains. Après chauffage à 300°C, la subérine, la résine du liège, permet de fixer les grains entre eux. Le liège existe en panneau ou en vrac.
Coefficient de transfert thermique	Le coefficient de transfert thermique du matériau $\lambda$ est de l'ordre de 0.042 W/m/K.
Coût moyen	Compter de autour de 130 € par mètre cube pour le liège en vrac contre 250€ par mètre cube pour les panneaux, soit 25 € par mètre carré pour 10 cm d'épaisseur.
Bilan carbone	26 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 85 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Plusieurs décennies.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière bois (amendement des terres, filière papier et cartons, valorisation thermique).
Sources	Ensemble : Guide de l'ADEME (voir sources) ; Photographie à la loupe binoculaire : <a href="http://energie-limite.e-monsite.com/pages/photos-microscope.html">http://energie-limite.e-monsite.com/pages/photos-microscope.html</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## COPEAUX DE BOIS

Illustration	
Composition	Copeaux de bois additionnés d'argile.
Généralités, avantages	Le principe innovant de mélanger les copeaux de bois à l'argile est d'associer deux éco-matériaux aux propriétés complémentaires (résistance thermique du bois, résistance au feu et aux nuisibles des grains d'argiles. Cet ensemble s'insuffle en vrac dans des caissons fermés où se déversent à plat (voir illustration).
Coefficient de transfert thermique	Le coefficient de transfert thermique du matériau $\lambda$ est de l'ordre de 0.15 W/m/K. Il varie selon les essences de bois utilisées. Plus un bois sera dense plus l'isolation thermique sera faible.
Coût moyen	De l'ordre de 200 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	Quelques dizaines de kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 500 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Amendement des terres.
Sources	Ensemble : <a href="http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## LAINES DE CHANVRE

Illustration	 <p>Chanvre à la loupe binoculaire. Grossissement x 11.52</p>
Localisation	Le chanvre est cultivé dans de nombreuses régions en France.
Généralités, avantages	La laine de chanvre est d'origine renouvelable. Et le chanvre en France est sans traitement phytosanitaire. Ce matériau est un bio-matériau, sain et "respirant" (avec une capacité de régulation hygrothermique). La fabrication mécanique utilise peu d'énergie et aucune matière toxique. La laine de chanvre est constituée de 85 % de fibres naturelles et 15 % de fibres thermo-liées. Elle est aujourd'hui considérée comme l'un des meilleurs éco-matériaux.
Coefficient de transfert thermique	Le coefficient de transfert thermique du matériau $\lambda$ est de l'ordre de 0.039 W/m.K. C'est donc un bon isolant thermique.
Coût moyen	Compter entre 11 € et 14 € pour un mètre carré et pour une épaisseur de de 10 cm, soit de 110 € à 140 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	Moins de 10 kg eq CO2 par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 30 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années, variable selon la mise en œuvre et la protection à l'humidité.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière bois (amendement des terres, filière papier et cartons, valorisation thermique).
Sources	Ensemble : Guide de l'ADEME (voir sources), Vue à la loupe binoculaire, généralités et coûts moyens : <a href="http://energie-limite.e-monsite.com/pages/photos-microscope.html">http://energie-limite.e-monsite.com/pages/photos-microscope.html</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## CHENEVOTTE

Illustration	
Localisation	Le chanvre est cultivé dans de nombreuses régions en France.
Généralités, avantages	La chènevotte est le matériau de construction le plus direct à partir du chanvre. Il s'agit du duramen extrait de la plante. La chènevotte est d'origine renouvelable. Et le chanvre en France est sans traitement phytosanitaire. Ce matériau est un bio-matériau, sain et "respirant" (avec une capacité de régulation hygrothermique). Sa qualité d'isolant acoustique est également appréciable. La fabrication mécanique utilise peu d'énergie et aucune matière toxique. La chènevotte se pose en vrac sur les planchers.
Coefficient de transfert thermique	Le coefficient de transfert thermique du matériau $\lambda$ est de l'ordre de 0.048 W/m/K. C'est donc un bon isolant thermique.
Coût moyen	Compter 0,75 € par kg, soit de l'ordre de 80 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 2 kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	Quelques dizaines de kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière bois (amendement des terres, filière papier et cartons, valorisation thermique).
Sources	Ensemble : Guide de l'ADEME (voir sources), Illustration, généralités et coûts moyens : <a href="http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html</a> ,

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## LAINES DE LIN

Illustration	
Localisation	Le lin est une plante très cultivée en Normandie.
Généralités, avantages	L'isolant en lin est fabriqué à partir de fibres de lin trop courtes pour un usage textile. Son inconvénient est qu'il doit être imprégné au sel de bore pour la résistance aux moisissures, aux insectes, au feu et aux rongeurs. Il peut être en vrac ou sous forme de rouleaux, de plaques semi-rigides ou de feutres. Il est agréable à manipuler (laineux) et il a des qualités de régulateur hygrothermique. C'est également un bon isolant acoustique. Comme avec le chanvre, le coton ou l'ortie, la laine de lin est constituée de 85% de fibres de lin et de 15% de fibres polyester ou naturelles.
Coefficient de transfert thermique	Le coefficient de transfert thermique du matériau $\lambda$ varie entre 0,037 W/m/K et 0,045 W/m/K en vrac et entre 0,05 W/m/K et 0.065 W/m/K en panneaux. C'est donc un bon isolant thermique.
Coût moyen	Compter 13 € par m <sup>2</sup> , soit 130 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	Moins de 10 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 40 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière bois (amendement des terres, filière papier et cartons, valorisation thermique).
Sources	Ensemble : <a href="http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html</a> Energie grise : Guide de l'Agence (voir sources) ; Coefficients de transfert thermique : <a href="http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page_16518.htm?reload">http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page_16518.htm?reload</a> .

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)




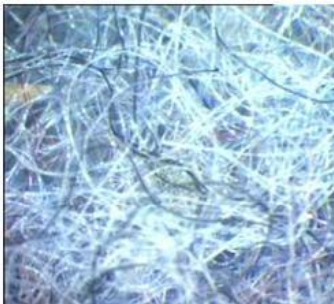
## OUATE DE CELLULOSE

Illustration	
Origine	<p>La ouate de cellulose est fabriquée à 90% à partir de papier journal recyclé qui est découpé, défibré et jusqu'à obtenir des flocons. Il s'agit donc d'un matériau d'origine renouvelable. Avec ces flocons, 10% d'agents de texture et des ignifugeants qui servent également de répulsif contre les nuisibles sont rajoutés. Il s'agit généralement de gypse, de sels de bore, de sels de sodium, de sels de calcium, de bauxite, phosphate d'ammonium.</p>
Généralités et avantages	<p>La ouate de cellulose est un matériau isolant et écologique pour l'ensemble des parois d'un bâtiment. Elle peut être soufflée, injectée ou projetée humide. Elle peut être appliquée sur plancher de combles perdus, sous plancher ou encore à l'intérieur ou en surface des murs. La ouate de cellulose peut être installée en vrac ou en panneaux (structure qui reste peu solidaire).</p> <p>La ouate de cellulose peut absorber jusqu'à 20% de son poids en eau. Bien que cette caractéristique diminue sa durée de vie, c'est donc un bon régulateur hygrothermique. Il s'agit également d'un excellent isolant acoustique avec environ 20 dB de capacité d'absorption pour 10 cm d'épaisseur. Par ailleurs, ce matériau est non inflammable (classé M1). Il possède une excellente inertie thermique (de l'ordre de 80 kJ/kg/K).</p>
Bilan carbone	<p>De l'ordre de 20 kg équivalent CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup>.</p>
Energie grise	<p>A partir de 6 kWh par m<sup>3</sup>. Compter 35 kWh par m<sup>3</sup>.</p>
Conductivité thermique	<p><math>\lambda = 0,040 \text{ W/m/K}</math>.</p>
Coût moyen	<p>Compter 75 € par m<sup>3</sup> pour le vrac et plutôt 160 € à 200 € par m<sup>3</sup> pour les panneaux.</p>
Durée de vie	<p>Environ 50 ans pour une bonne installation et sans humidité.</p>
Gestion souhaitable des déchets	<p>En fin de vie, ce matériau peut être réutilisé, recyclé (biodégradable, sans sel de bore), valorisé thermiquement (incinéré), ou mis en centre de stockage de type II en tant que DIB (déchet industriel banal).</p>
Sources	<p>Illustrations :</p> <p><a href="http://www.amisdelaterre.org/IMG/pdf/SYNTHESE_ecomateriaux_amisdelaterre-3.pdf">http://www.amisdelaterre.org/IMG/pdf/SYNTHESE_ecomateriaux_amisdelaterre-3.pdf</a></p> <p><a href="https://www.google.fr/search?q=images+ouate+cellulose&amp;hl=fr&amp;prmd=imvns&amp;tbn=isch&amp;tbo=u&amp;source=univ&amp;sa=X&amp;ei=F8ysT7WEEerR0QxrilCtCQ&amp;ved=0CJoBELAE&amp;biw=1192&amp;bih=573">https://www.google.fr/search?q=images+ouate+cellulose&amp;hl=fr&amp;prmd=imvns&amp;tbn=isch&amp;tbo=u&amp;source=univ&amp;sa=X&amp;ei=F8ysT7WEEerR0QxrilCtCQ&amp;ved=0CJoBELAE&amp;biw=1192&amp;bih=573</a></p> <p>Ensemble : Guide de l'ADEME (voir sources)</p> <p>Données acoustiques : <a href="http://www.ivatec.fr/acoustique.html">http://www.ivatec.fr/acoustique.html</a></p> <p>Coûts moyens : <a href="http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html</a></p> <p>Durée de vie du matériau : <a href="http://www.ekobia.fr/pages/isoler.html">http://www.ekobia.fr/pages/isoler.html</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## LAINES DE FIBRES TEXTILES

Illustration	  <p data-bbox="1027 629 1362 712">Métisse (habits recyclés) à la loupe binoculaire. Grossissement x 28.8</p>
Origine	<p>La laine de fibres textiles est un éco-matériau puisqu'il les matériaux de base ont peu de débouchés recyclables. La particularité du Métisse<sup>®</sup>, c'est que le matériau de base est du textile qui sera recyclé. Il s'agit principalement de vêtements. Ainsi, le Métisse<sup>®</sup> est composé 70% de coton, à 15% de laine et acrylique et à 15% de polyester.</p>
Généralités, avantages	<p>La laine de fibres textiles donne une seconde vie à des vêtements qui n'auraient sans doute pas été recyclés. Isolant thermique et acoustique, régulateur hygrothermique, le Métisse<sup>®</sup> est facile et agréable à poser. Sa très faible empreinte écologique en fait un excellent éco-matériau.</p>
Coefficient de transfert thermique	<p>Le coefficient de transfert thermique du matériau <math>\lambda</math> est de l'ordre de 0.039 W/m/K. C'est donc un bon isolant thermique.</p>
Coût moyen	<p>Compter 11 € pour un m<sup>2</sup> et pour une épaisseur de de 10 cm, soit de 110 € par m<sup>3</sup>.</p>
Bilan carbone	<p>De l'ordre de 30 kg<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup>.</p>
Energie grise	<p>De l'ordre de 50 kWh par m<sup>2</sup>, soit 250 kWh par m<sup>3</sup>.</p>
Durée de vie	<p>Plusieurs dizaines d'années, variable selon la mise en œuvre et la protection à l'humidité.</p>
Gestion souhaitable des déchets	<p>Recyclage dans la filière isolation à base textile.</p>
Sources	<p>Ensemble : Guide de l'ADEME (voir sources),  Vue à la loupe binoculaire : <a href="http://energie-limite.e-monsite.com/pages/photos-microscope.html">http://energie-limite.e-monsite.com/pages/photos-microscope.html</a>  Généralités et coûts moyens : <a href="http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html</a>,  Coefficient de transfert thermique, bilan carbone, énergie grise : <a href="http://www.alec-rennes.org/pdf_ale/cep_journeetek13jan2011/LucFloissac_EnergieGrise.pdf">http://www.alec-rennes.org/pdf_ale/cep_journeetek13jan2011/LucFloissac_EnergieGrise.pdf</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## LAINES DE MOUTON


Illustration	 <p>Laine de mouton à la loupe binoculaire Grossissement x 11.52</p>
Localisation	90% de laine et de 10% de polyester.
Généralités, avantages	La laine de mouton est un isolant thermique et acoustique. Régulateur hygrothermique, elle se consume mais ne propage pas les flammes.
Coefficient de transfert thermique	0,035 W/m/K < $\lambda$ < 0,045 W/m/K.
Coût moyen	A partir de 10 € et plus pour un m <sup>2</sup> et pour une épaisseur de 10 cm, soit à partir de 100 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	Négligeable.
Energie grise	De l'ordre de 55 kWh par m <sup>2</sup> pour 10 cm d'épaisseur, soit 550 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années, variable selon la mise en œuvre et la protection à l'humidité.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière isolation à base textile.
Sources	<p>Ensemble : Guide de l'Agence (voir sources),  Vue à la loupe binoculaire :  <a href="http://energie-limite.e-monsite.com/pages/photos-microscope.html">http://energie-limite.e-monsite.com/pages/photos-microscope.html</a>  Généralités et coûts moyens :  <a href="http://eie.hautsfalaises.com/IMG/pdf/Ademe-isolation_thermique.pdf">http://eie.hautsfalaises.com/IMG/pdf/Ademe-isolation_thermique.pdf</a>  Coefficient de transfert thermique :  <a href="http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page_16518.htm?reload">http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page_16518.htm?reload</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## PLUMES DE CANARDS, ET AUTRES VOLATILES

Illustration	
Composition	70 % de plumes, 10 % de laine et 20 % de fibres textiles.
Généralités, avantages	Isolant thermique et acoustique, insensible à l'eau, ce régulateur hygrothermique reprend son volume initial et toutes ses capacités thermiques après séchage.
Coefficient de transfert thermique	$0,035 \text{ W/m/K} < \lambda < 0,045 \text{ W/m/K}$ .
Coût moyen	Compter 18 € pour un $\text{m}^2$ et pour une épaisseur de de 10 cm, soit de 180 € par $\text{m}^3$ .
Bilan carbone	De l'ordre de $60 \text{ kg}_{\text{eq}}\text{CO}_2$ par $\text{m}^3$ .
Energie grise	De l'ordre de 35 kWh par $\text{m}^2$ , soit 350 kWh par $\text{m}^3$ .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années, variable selon la mise en œuvre et la protection à l'humidité.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière isolation à base textile.
Sources	Ensemble : Guide de l'Agence (voir sources), Généralités et coûts moyens : <a href="http://eie.hautsfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautsfalaises.com/rubrique87.html</a> , Coefficient de transfert thermique : <a href="http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page_16518.htm?reload">http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page_16518.htm?reload</a> , Bilan carbone, énergie grise : <a href="http://www.alec-rennes.org/pdf_ale/cep_journeetek13jan2011/LucFloissac_EnergieGrise.pdf">http://www.alec-rennes.org/pdf_ale/cep_journeetek13jan2011/LucFloissac_EnergieGrise.pdf</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## LAINES DE ROCHE

Illustration	
Composition	<p>La laine de roche est réalisée à partir de roche volcanique, généralement de basalte ou de dolomite. Après fusion des matières minérales à environ 1500°C, puis après centrifugation, soufflage, et extrusion, les fibres de laine de verre sont enrobées par pulvérisation de résines thermodurcissables à base d'urée-formol, dont la proportion peut atteindre 10%. La nappe constituée passe dans une étuve où la résine est durcie par polymérisation, assurant la stabilité et la tenue mécanique de l'ensemble.</p>
Généralités, avantages	<p>Existant principalement en rouleau, la laine de verre se vend également en vrac. Incombustible et bon isolant thermique et acoustique, le point noir de ce matériau est sa faible durabilité, sa sensibilité aux rongeurs et ses impacts sanitaires. Aujourd'hui très vendu en France, sa côte de popularité baisse. Et il n'est considéré comme éco-matériau plus que par convention.</p>
Coefficient de transfert thermique	<p>De l'ordre de 0,039 W/m/K à neuf et sans humidité.</p>
Coût moyen	<p>Compter de 2 € à 12 € pour un m<sup>2</sup> et suivant l'épaisseur, soit environ 60 € par m<sup>3</sup>.</p>
Bilan carbone	<p>De l'ordre de 250 kg<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup>.</p>
Energie grise	<p>De l'ordre de 800 kWh par m<sup>3</sup>.</p>
Durée de vie	<p>Quelques demi-douzaines d'années, variable selon l'humidité.</p>
Gestion souhaitable des déchets	<p>Recyclage sous la forme de briquettes.</p>
Sources	<p>Ensemble : Guide de l'ADEME (voir sources),          Illustration à gauche, composition et prix : <a href="http://eie.hautsfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautsfalaises.com/rubrique87.html</a>,          Bilan carbone et énergie grise : <a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## LAINES DE VERRE

Illustration	
Composition	<p>La laine de roche est réalisée à partir de verre récupéré et de sable siliceux. Après fusion des matières minérales à environ 1500°C, puis après centrifugation, soufflage, et extrusion, les fibres de laine de verre sont enrobées par pulvérisation de résines à base d'urée-formol, dont la proportion peut atteindre 10%. La nappe constituée passe dans une étuve où la résine est durcie par polymérisation, assurant la stabilité et la tenue mécanique de l'ensemble. La laine de verre contient des isocyanates, nuisibles pour la santé.</p>
Généralités, avantages	<p>Existant principalement en rouleau, la laine de verre se vend également en vrac. Résistant aux nuisibles, incombustible, bon isolant thermique et acoustique, le point noir de ce matériau est sa faible durabilité et ses impacts sanitaires. Aujourd'hui très vendu en France, sa côte de popularité baisse. Et il n'est considéré comme éco-matériau plus que par convention.</p>
Coefficient de transfert thermique	<p>De l'ordre de 0,039 W/m/K à neuf et sans humidité.</p>
Coût moyen	<p>Compter de 3 € à 5 € pour un m<sup>2</sup> pour une épaisseur de 10 cm, soit environ 40 € par m<sup>3</sup>.</p>
Bilan carbone	<p>Plusieurs dizaines de kg<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup>.</p>
Energie grise	<p>Compter entre 500 kWh et 1 000 kWh par m<sup>3</sup>.</p>
Durée de vie	<p>Quelques demi-douzaines d'années, variable selon l'humidité.</p>
Gestion souhaitable des déchets	<p>Recyclage sous la forme de briquettes.</p>
Sources	<p>Ensemble : Guide de l'ADEME (voir sources)          Illustration à gauche, composition et prix : <a href="http://eie.hautsfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautsfalaises.com/rubrique87.html</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

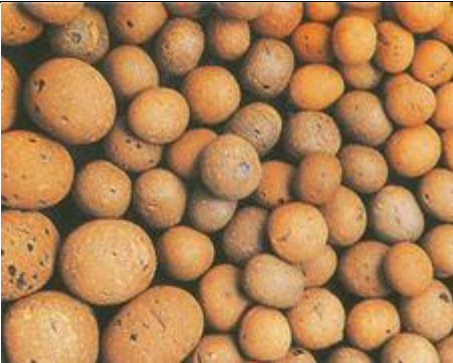
## POUZZOLANE

Illustration	
Composition	Roche rougeâtre d'origine volcanique. Sa granulométrie peut aller de quelques millimètres à quelques centimètres.
Généralités, avantages	Outre l'isolation des sols sur terre-plein, le pouzzolane peut être utilisé dans la composition des bétons allégés. Incombustible, bon régulateur hygrothermique, matériau durable et résistant à la compression, le pouzzolane est un matériau avec une bonne inertie thermique qui est favorable au réemploi. Le pouzzolane est souvent utilisé en décoration paysagère pour les VRD (voiries et réseaux divers).
Coefficient de transfert thermique	De l'ordre de 0,15 W/m/K à neuf et sans humidité.
Coût moyen	A partir de 80 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 100 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	Comprise entre 250 kWh et 450 kWh par m <sup>3</sup> suivant le procédé de mise en œuvre.
Durée de vie	Jusqu'à plusieurs millénaires.
Gestion souhaitable des déchets	Réemploi / recyclage sous forme de granulats.
Sources	Ensemble : <a href="http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html</a> Coûts moyens : <a href="http://www.parcs-et-jardins-catalogue.com/rayon-pouzzolane-7.html">http://www.parcs-et-jardins-catalogue.com/rayon-pouzzolane-7.html</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## ARGILE EXPANSE


Illustration	
Composition	Cuisson de billes d'argile crue mélangées à des substances qui améliorent son expansion (charbon, pyrite, dolomite, etc) dans des fours rotatifs à partir de 1100°C.
Généralités, avantages	Outre l'isolation des sols sur terre-plein, l'argile expansé peut être utilisé dans la composition des bétons allégés. Incombustible, bon régulateur hygrothermique, matériau durable et résistant à la compression, l'argile expansé est un matériau avec une bonne inertie thermique et qui est favorable au réemploi. L'argile expansé peut être utilisé en décoration paysagère pour les VRD (voiries et réseaux divers).
Coefficient de transfert thermique	A partir de 0,10 W/m/K à 0,11 W/m/K.
Coût moyen	De l'ordre de 150 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 100 kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	Comprise entre 250 kWh et 450 kWh par m <sup>3</sup> suivant le procédé de mise en œuvre.
Durée de vie	Jusqu'à plusieurs millénaires.
Gestion souhaitable des déchets	Réemploi / recyclage sous forme de granulats.
Sources	Ensemble : <a href="http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html</a> Composition : <a href="http://www.google.fr/url?sa=t&amp;rct=j&amp;q=&amp;esrc=s&amp;frm=1&amp;source=web&amp;cd=2&amp;ved=0CFwQFjAB&amp;url=http%3A%2F%2Fwww2.ademe.fr%2Fservlet%2FgetBin%3Fname%3DF493783C89CFF3D610E9A8D1DB18083A1291648551904.pdf&amp;ei=0tYkUKvOKOfU0QWouYDACg&amp;usg=AFQjCNGqo-gDoMh5ddoH_skDx2ZfbNY-LA&amp;sig2=nGvCagzKOWvctcfoUa1klg">http://www.google.fr/url?sa=t&amp;rct=j&amp;q=&amp;esrc=s&amp;frm=1&amp;source=web&amp;cd=2&amp;ved=0CFwQFjAB&amp;url=http%3A%2F%2Fwww2.ademe.fr%2Fservlet%2FgetBin%3Fname%3DF493783C89CFF3D610E9A8D1DB18083A1291648551904.pdf&amp;ei=0tYkUKvOKOfU0QWouYDACg&amp;usg=AFQjCNGqo-gDoMh5ddoH_skDx2ZfbNY-LA&amp;sig2=nGvCagzKOWvctcfoUa1klg</a> Bilan carbone : <a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a> Energie grise : Guide de l'Agence (voir sources)

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## PERLITE EXPANSEE

Illustration	
Composition	La perlite est une roche volcanique siliceuse. Chauffée à 1200°C, une violente réaction libère l'eau liée chimiquement à la matière, et la vapeur lui fait subir une expansion jusqu'à 15 fois son volume initial sous forme de perles.
Généralités, avantages	Utilisée principalement pour le remplissage de cavités, la perlite expansée est inerte, résistante à la compression, incombustible, bon régulateur hygrothermique et très durable. La vermiculite est également utilisée pour être intégrée aux bétons ou aux mortiers allégés, mais comparé à d'autres procédés, l'impact environnemental est important. C'est donc un éco-matériau sous forme d'isolant en vrac.
Coefficient de transfert thermique	De l'ordre de 0,045 W/m/K à 0,05 W/m/K.
Coût moyen	De l'ordre de 150 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 70 kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 230 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Jusqu'à plusieurs millénaires.
Gestion souhaitable des déchets	Réemploi / recyclage sous forme de granulats.
Sources	Ensemble : <a href="http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html</a> + Guide de l'ADEME

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## VERMICULITE EXPANSEE

Illustration	
Composition	La vermiculite est une roche micacée (silicate de magnésie). Chauffée à 1 200°C, une violente réaction libère l'eau liée chimiquement à la matière, et la vapeur lui fait subir une expansion, comme pour la perlite.
Généralités, avantages	Utilisée principalement pour le remplissage de cavités, la perlite expansée est inerte, résistante à la compression, incombustible, bon régulateur hygrothermique et très durable. La perlite est également utilisée pour être intégrée aux bétons ou aux mortiers allégés, mais comparé à d'autres procédés, l'impact environnemental est important. C'est donc un éco-matériau sous forme d'isolant en vrac.
Coefficient de transfert thermique	De l'ordre de 0,06 W/m/K à 0,08 W/m/K.
Coût moyen	De l'ordre de 120 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 70 kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 230 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Jusqu'à plusieurs millénaires.
Gestion souhaitable des déchets	Réemploi / recyclage sous forme de granulats.
Sources	Ensemble : <a href="http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html</a> + Guide de l'ADEME

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## VERRE CELLULAIRE

Illustration	
Composition	Le verre cellulaire peut se composer de sables siliceux (feldspath, dolomie, carbonates de calcium et sodium) ou de verre recyclé (calcin).
Généralités, avantages	Le verre cellulaire est souvent utilisé en réhabilitation. En effet, il résout des problèmes délicats liés aux ponts thermiques: il peut en effet être, à certains endroits, substitué à un élément porteur ponctuel dans la maçonnerie ou placé en blocs pour prévenir d'éventuels ponts thermiques et problèmes de capillarité. Résistant à la compression, incombustible et imperméable à la vapeur d'eau, le verre cellulaire est très durable. Le verre cellulaire existe sous forme de plaques, de panneaux et de granulés.
Coefficient de transfert thermique	0,05 W/m/K et moins.
Coût moyen	De l'ordre de 10 € à 50 € par m <sup>2</sup> , soit de l'ordre de 300 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 150 kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	Entre 1 000 kWh et 1 500 kWh par m <sup>3</sup> . Mais ce bilan est négligeable en vue de la durée de vie typique du matériau.
Durée de vie	Jusqu'à plusieurs millénaires. 100 ans d'après les fiches de l'INIES.
Gestion souhaitable des déchets	Réemploi / recyclage dans la filière verre.
Sources	Ensemble : <a href="http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html</a> Généralités, conductivité thermique : Guide de l'Agence Composition, énergie grise et coûts moyens : <a href="http://isolation.comprendrechoisir.com/comprendre/verre-cellulaire">http://isolation.comprendrechoisir.com/comprendre/verre-cellulaire</a> Bilan carbone, énergie grise et durée de vie : <a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## PANNEAUX DE POLYSTYRENE EXPANSE

Illustration	  <p data-bbox="991 629 1362 707">Polystyrène à la loupe binoculaire Grossissement x 11.52</p>
Origine	Le polystyrène est un produit du pétrole. Expansés à la vapeur d'eau et au pentane, le polystyrène expansé est constitué au final de 2 % seulement d'hydrocarbures et de 98 % d'air.
Généralités, avantages	Le polystyrène expansé (PSE) est insensible à l'eau et imputrescible. C'est un excellent isolant thermique et acoustique. Malgré sa bonne capacité à diffuser la vapeur d'eau, il est possible de l'utiliser comme isolant de cloisons ou de doublage plaqué contre du BA13. Certes bon isolant, le polystyrène expansé commence à perdre sa réputation d'éco-matériau.
Coefficient de transfert thermique	De l'ordre de 0,035 W/m/K.
Coût moyen	De l'ordre de 4 € à 12 € par m <sup>2</sup> , soit de l'ordre de 85 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 150 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 500 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Jusqu'à plusieurs décennies.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière plastique concernée.
Sources	Ensemble : <a href="http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html</a> Ensemble : Guide de l'ADEME (voir sources)

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## PANNEAUX DE POLYSTYRENE EXTRUDE

Illustration	
Origine	Le polystyrène extrudé est un produit du pétrole. Expansés à la vapeur d'eau et au pentane, le polystyrène expansé est constitué au final de 2 % seulement d'hydrocarbures et de 98 % d'air.
Généralités, avantages	Le polystyrène expansé (PSE) est insensible à l'eau et imputrescible. Conçu sous pression avec un agent gonflant, cet excellent isolant thermique et acoustique ne diffuse pas la vapeur d'eau, il est difficilement inflammable, difficilement comprimable et il ne pourrit pas. Certes bon isolant, le polystyrène extrudé commence à perdre sa réputation d'éco-matériau.
Coefficient de transfert thermique	De l'ordre de 0,028 W/m/K.
Coût moyen	De l'ordre de 20 € à 25 € par m <sup>2</sup> , soit de l'ordre de 220 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 280 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 850 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Jusqu'à plusieurs décennies.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière plastique concernée.
Sources	Ensemble : <a href="http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html</a> + Guide de l'ADEME (voir sources)

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## PARE-VAPEUR

Illustration	<p>The diagram shows two cross-sections of a wall with insulation and a vapor barrier. In winter (Hiver), the ambient humidity is 40%, the vapor barrier is at 50%, and the insulation is at 30%. The air humidity is 80%. In summer (Eté), the ambient humidity is 80%, the vapor barrier is at 70%, and the insulation is at 90%. The air humidity is 70%. Arrows indicate the direction of diffusion: upwards in winter and downwards in summer.</p>
Définition	Sont considérés comme pare-vapeur, les produits ayant une valeur Sd supérieur ou égal à 18 m. Il s'agit donc non pas d'un isolant thermique mais d'un isolant à la vapeur d'eau.
Généralités, avantages	Le pare-vapeur est souvent constitué d'un film plastique. L'objectif est d'empêcher la circulation de la vapeur d'eau dans les parois de la maison, notamment les isolants, sensibles à l'humidité lorsque le point de rosée est atteint (entre 6°C et 8°C pour nos pressions). Constitué d'une membrane étanche, on l'installe en face de l'isolant. Grâce au pare-vapeur, la maison ne se chargera pas en éponge à cause de la condensation de la vapeur d'eau. Le pare-vapeur s'installe sur la surface des parois et toujours du côté chaud des parois.
Coefficient de transfert thermique	Résistance négligeable.
Coût moyen	De l'ordre de 2 € TTC.
Bilan carbone	Compter entre 1 000 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> et 10 000 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	En vue du bilan carbone, compter par entre de 6 000 kWh à 60 000 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière plastique correspondante.
Sources	Illustration : Exposé organisé par l'Université de Cergy-Pontoise sur le pare-vapeur INTELLO <sup>®</sup> de PROCLIMA <sup>®</sup> . Définition : <a href="http://objectif-passif.fr/pare.ou.frein.vapeur-39-1-7-54.php">http://objectif-passif.fr/pare.ou.frein.vapeur-39-1-7-54.php</a> Généralités, avantages : <a href="http://www.parevapeur.net/pare-vapeur/">http://www.parevapeur.net/pare-vapeur/</a> Coûts moyens : <a href="http://www.parevapeur.net/prix-dun-pare-vapeur/">http://www.parevapeur.net/prix-dun-pare-vapeur/</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## PARE-PLUIE

Illustration	
Origine	Hydrocarbures non produits en France.
Généralités, avantages	Installé à l'extérieur, le pare-pluie est un film plastique à double fonction : le pare-pluie protège la partie extérieure des murs et les toitures des intempéries tout en permettant d'évacuer la vapeur d'eau qui provient du bâtiment. Il s'agit donc non pas d'un isolant thermique mais d'un isolant à l'eau, notamment l'eau de pluie.
Coefficient de transfert thermique	Résistance négligeable.
Coût moyen	Compter de 2 € à 8 € par m <sup>2</sup> selon principalement la qualité du pare-pluie.
Bilan carbone	Compter environ 4 200 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	Compter environ 28 000 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	30 ans d'après la fiche de l'INIES.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière plastique correspondante.
Sources	<p>Illustration : <a href="http://www.batiproducts.com/moniteur/files/presUnzip/11606/1/Rhepanol_fk.pdf">http://www.batiproducts.com/moniteur/files/presUnzip/11606/1/Rhepanol_fk.pdf</a></p> <p>Généralités, coûts moyens : <a href="http://www.materiaux-naturels.fr/produit-d-etancheite-208/pare-pluie.html">http://www.materiaux-naturels.fr/produit-d-etancheite-208/pare-pluie.html</a></p> <p>Bilan carbone, énergie grise et durée de vie : <a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Pour les données de la base INIES, il a fallu, lorsque c'était possible, faire la moyenne pour les chiffres de l'énergie grise et pour le bilan carbone, de 3 fiches FDES, si possible de fabricants différents.

Il est intéressant de noter que les chiffres de l'ADEME prennent les chiffres correspondant aux impacts minimum. Il n'est pas rare de devoir les multiplier par 10 pour obtenir les résultats de la base de l'INIES. Sans doute que l'ADEME choisit les procédés de construction optimum. Mais c'est sans compter le prix et le temps de production, ni parfois la qualité des matériaux. Par exemple, un bon béton bien durable doit être chauffé longtemps, ce qui implique une forte facture en énergie grise.

Mais quels que soit les procédés de construction, les matériaux identiques auront toujours approximativement les mêmes coefficients de conductivité thermique  $\lambda$ , et en effet, les données de  $\lambda$  ne varient que peu selon les sources. Cela permet de comparer les épaisseurs en quelques isolants pour respecter les résistances de base définies pour l'habitat existant, non soumis à la RT 2005 (réglementation thermique 2005), soumis à la RT 2005 et certifié BBC (bâtiments basse consommation), pour les façades et pour les combles perdus.

#### Epaisseur d'isolant pour des façades

Type d'isolant	Conductivité (W/m <sup>2</sup> .°K)	RT Habitat existant (en cm)	RT2005 (en cm)	BBC (en cm)
Laine de Lin	0,036	8,28	10,08	16,2
Laine de fibres textiles	0,039	8,97	10,92	17,55
Ouate de cellulose	0,04	9,2	11,2	18
Laine de Mouton	0,04	9,2	11,2	18
Laine de Chanvre	0,04	9,2	11,2	18
Laines minérales	0,04	9,2	11,2	18
Paille en botte	0,045	10,35	12,6	20,25
Laine de bois	0,05	11,5	14	22,5
Liège expansé	0,05	11,5	14	22,5
Perlite expansée	0,05	11,5	14	22,5

#### Objectifs:

R existant= 2,3 m<sup>2</sup>.°K/W

R 2005= 2,8 m<sup>2</sup>.°K/W

R BBC= 4,5 m<sup>2</sup>.°K/W

Rappel: R= Résistance Thermique

#### Epaisseur d'isolant sous une toiture avec combles perdus

Type d'isolant	Conductivité (W/m <sup>2</sup> .°K)	RT Habitat existant (en cm)	RT2005 (en cm)	BBC (en cm)
Laine de Lin	0,036	16,2	18	25,2
Laine de fibres textiles	0,039	17,55	19,5	27,3
Ouate de cellulose	0,04	18	20	28
Laine de Mouton	0,04	18	20	28
Laine de Chanvre	0,04	18	20	28
Laines minérales	0,04	18	20	28
Paille en botte	0,045	20,25	22,5	31,5
Laine de bois	0,05	22,5	25	35
Liège expansé	0,05	22,5	25	35
Perlite expansée	0,05	22,5	25	35

#### Objectifs:

R existant= 4,5 m<sup>2</sup>.°K/W

R 2005= 5 m<sup>2</sup>.°K/W

R BBC= 7 m<sup>2</sup>.°K/W

Rappel: R= Résistance Thermique

Figure 23 : Comparaison des résistances de plusieurs types d'isolation

AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 2.2.2. STRUCTURE


### BOIS LAMELLE-COLLE

Illustration	
Localisation	Partout en France.
Généralités, avantages	Le lamellé-collé ou bois lamellé est un procédé de fabrication consistant à coller des lamelles, généralement de bois, avec les fibres du matériau dans le même sens. Son intérêt est d'une part la fabrication d'une pièce de grande dimension ou de formes particulières qui n'auraient pu être obtenues par utilisation du même matériau sans transformation, d'autre part l'amélioration de la résistance mécanique par rapport à une pièce de bois massif (grâce au triage et à la purge des défauts).
Coefficient de transfert thermique	Le coefficient de transfert thermique du matériau $\lambda$ est à partir de 0.15 W/m/K avec du bois de douglas.
Coût moyen	A partir de 1 000 € pour 1 m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de - 400 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 2 500 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Compter 1 siècle.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière bois (amendement des terres, filière papier et cartons, valorisation thermique).
Sources	Ensemble : <a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a> Généralités et avantages : <a href="http://fr.wikipedia.org/wiki/Lamell%C3%A9-coll%C3%A9">http://fr.wikipedia.org/wiki/Lamell%C3%A9-coll%C3%A9</a> Coûts moyens : <a href="http://www.corabois.ch/liste_prix/1_charpente/3_blc.php">http://www.corabois.ch/liste_prix/1_charpente/3_blc.php</a> <a href="http://forums.futura-sciences.com/bricolage-decoracion/327364-calcul-poutre-lamelle-colle.html">http://forums.futura-sciences.com/bricolage-decoracion/327364-calcul-poutre-lamelle-colle.html</a>

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## BOIS CORDE


Illustration	
Localisation	Partout en France.
Généralités, avantages	Le bois cordé donne un aspect rustique à la construction. C'est un isolant thermique qui se met en œuvre par la maîtrise d'ouvrage elle-même. Les joints se font à base de mortier chaux / sable / sciure à faire soi-même. C'est un bon régulateur hygrothermique qui est plus isolant que le béton, par exemple.
Coefficient de transfert thermique	0,15 W/m/K < $\lambda$ < 0,20 W/m/K.
Coût moyen	A partir de plusieurs dizaines d'euros par mètre cube.
Bilan carbone	Négligeable, voire négatif suivant les procédés de construction.
Energie grise	De l'ordre de 500 kWh par m <sup>3</sup> , très variable suivant la transformation.
Durée de vie	De nombreuses années, variable selon l'entretien.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage du bois dans la filière bois (amendement des terres, filière papier et cartons, valorisation thermique).
Sources	Ensemble : Guide de l'Agence (voir sources),

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## PANNEAUX OSB

Illustration	
Localisation	Partout en France.
Généralités, avantages	<p>Les panneaux de grandes particules orientées aussi appelé panneau à copeaux orientés et panneau structural orienté (en anglais, OSB pour Oriented Strand Board) sont un produit dérivé du bois. Ils se présentent sous la forme de panneaux de 6 à 25 mm d'épaisseur, composés de copeaux de bois orientés dans des directions spécifiques, et collés ensemble par une résine (5%). Il s'agit souvent de Phénol-Formaldéhyde (PF), mais il peut également s'agir de Mélamine-Urée-Formol (MUF) ou d'Isocyanate (PMDI). D'où des problèmes concernant la cible HQE® 13 (Qualité sanitaire de l'air).</p>
Coefficient de transfert thermique	Généralement, $0,10 \text{ W/m/K} < \lambda < 0,15 \text{ W/m/K}$ . Tout dépend du type de bois utilisé.
Coût moyen	Compter à partir de 250 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de - 10 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 90 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Quelques décennies.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière bois (amendement des terres, filière papier et cartons, valorisation thermique).
Sources	<p>Ensemble : <a href="http://fr.wikipedia.org/wiki/Panneau_de_grandes_particules_orient%C3%A9es">http://fr.wikipedia.org/wiki/Panneau_de_grandes_particules_orient%C3%A9es</a>            Bilan carbone et énergie grise : <a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a>            Coûts moyens : <a href="http://www.bricozone.be/fr/sols-carrelage-parquet/t-prix-osb-19489.html">http://www.bricozone.be/fr/sols-carrelage-parquet/t-prix-osb-19489.html</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## PAILLE COMPRESSEE

Illustration	
Composition	La paille compressée est fabriquée à partir de céréales (blé, seigle, riz, triticale,...) et de ficelles de maintien.
Généralités, avantages	La botte de paille sert dans une construction à l'inertie et l'isolation thermiques et l'isolation acoustique. Sa structure en fait un bon régulateur hygrothermique. L'avantage de la paille compressée, c'est qu'il s'agit d'un matériau avec lequel peuvent être construits des murs porteurs. La réglementation ne le permet pas mais de nombreux bâtiments, à l'étranger et même en France sont construits avec des murs porteurs de bottes de paille. Mais la paille compressée peut également être utilisée en panneaux. Pour la mise en œuvre, de la terre crue pourra être utilisée comme enduit.
Coefficient de transfert thermique	$0.05 \text{ W/m/K} < \lambda < 0.1 \text{ W/m/K}$ .
Coût moyen	De l'ordre de 4 € à 10 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	Négligeable, voire négatif.
Energie grise	Négligeable. Compter moins de 100 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Amendement des terres.
Sources	Ensemble : <a href="http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## BRIQUE D'ADOBE et variantes

Illustration	
Composition	La brique d'adobe, c'est de la terre crue qui est transformée en brique à faire sécher au Soleil. Mais aujourd'hui, d'autres variantes existent à la brique d'adobe. Il y a tout d'abord le torchis (de la brique d'adobe mélangée avec de la paille), pour augmenter sa résistance mécanique. Il y a également la BTC (brique de terre comprimée). Il s'agit de briques d'adobe stabilisées au ciment ou à la chaux. Il existe aussi le pisé (ou bauge). Il s'agit d'un monomur avec de la terre crue, souvent banché avec du bois.
Généralités, avantages	La brique d'adobe et les matériaux dont les procédés sont des variantes sont des matériaux généralement à faible impact environnemental. Le principal point faible de ces matériaux est leur image rétro. Mais le fait est que ce sont d'excellente protection contre la chaleur avec leur inertie thermique et acoustique connue depuis des dizaines de millénaires.
Coefficient de transfert thermique	$0.057 \text{ W/m/K} < \lambda < 0.059 \text{ W/m/K}$ .
Coût moyen	Compter de l'ordre de 1,5 € à 3 € par m <sup>2</sup> , soit moins de 10 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	Négligeable. Rarement plus élevé que quelques dizaines de kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	Négligeable. Compter moins de 100 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Plusieurs siècles.
Gestion souhaitable des déchets	Incinération, concassage et amendement des terres. Granulats pour bétons.
Sources	Ensemble : Guide de l'Agence (voir sources) Illustration de bauge : <a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=UvH7LIH6cR5YOM:&amp;imgrefurl=http://alesk.canalblog.com/tag/Architecture%2520de%2520terre/p10-0.html&amp;docid=sL_RawjL98if1M&amp;imgurl=http://storage.canalblog.com/43/35/199007/21321826.jpg&amp;w=800&amp;h=600&amp;ei=JNqoUNfqCs32sgawy4HYDw&amp;zoo m=1">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=UvH7LIH6cR5YOM:&amp;imgrefurl=http://alesk.canalblog.com/tag/Architecture%2520de%2520terre/p10-0.html&amp;docid=sL_RawjL98if1M&amp;imgurl=http://storage.canalblog.com/43/35/199007/21321826.jpg&amp;w=800&amp;h=600&amp;ei=JNqoUNfqCs32sgawy4HYDw&amp;zoo m=1</a> Coefficient de transfert thermique, coûts moyens : <a href="http://isolation.comprendrechoisir.com/comprendre/torchis">http://isolation.comprendrechoisir.com/comprendre/torchis</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

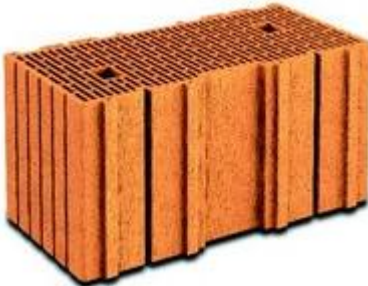
## PIERRE PONCE

Illustration	
Composition	Existant rarement à l'état naturel, la pierre ponce est composée de verre expansé naturel.
Généralités, avantages	Utilisée dans la chape de ragréage des sols pour une meilleure isolation thermique, utilisée pour faire des mortiers ou des blocs de maçonneries allégés, la pierre ponce est un isolant intégré à la structure. Incombustible, perméable à la vapeur d'eau, durable et résistant à la compression, c'est un bon éco-matériau assez méconnu.
Coefficient de transfert thermique	De l'ordre de 0,08 W/m/K à neuf et sans humidité.
Coût moyen	De l'ordre de 40 € par m <sup>2</sup> pour une épaisseur de 20 cm, soit 200 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 160 kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 150 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Jusqu'à plusieurs siècles.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage sous forme de granulats légers.
Sources	Ensemble : <a href="http://eie.hautsfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautsfalaises.com/rubrique87.html</a> Coûts moyens : <a href="http://www.materiaux-naturels.fr/fiche-374/bloc-monomur-auto-isolant-en-beton-de-pierre-ponce-cogetherm.html">http://www.materiaux-naturels.fr/fiche-374/bloc-monomur-auto-isolant-en-beton-de-pierre-ponce-cogetherm.html</a> coefficient de transfert thermique, bilan carbone et énergie grise : <a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## MONOMUR TERRE CUITE


Illustration	
Localisation	Partout en France
Généralités, avantages	La brique monomur est un matériau de maçonnerie en terre cuite qui se met en œuvre de manière classique. À condition d'utiliser des joints minces au lieu du mortier épais habituel, elle procure par elle-même une isolation thermique intéressante. La brique monomur offre également un peu d'inertie thermique et régule par sa structure micro-poreuse l'humidité de l'habitat. Les briques peuvent recevoir diverses finitions intérieures ou extérieures. Une gamme complète de blocs spéciaux permet de traiter les ponts thermiques. Son comportement au feu, aux rongeurs et à l'eau est très bon. La terre cuite ne dégage aucune substance toxique.
Coefficient de transfert thermique	Le coefficient de conductivité thermique des briques monomur est de 0,12 W/m/K à 0,18 W/m/K et peut descendre jusqu'à 0,07 W/m/K avec le remplissage des alvéoles par un matériau isolant comme la laine de roche.
Coût moyen	De l'ordre de 50 € par m <sup>2</sup> pour une épaisseur de 30 cm, soit 170 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 40 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 200 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Jusqu'à plusieurs siècles.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage sous forme de granulats légers. Concassage et décoration paysagère.
Sources	Ensemble : <a href="http://isolation.comprendrechoisir.com/comprendre/brique-monomur">http://isolation.comprendrechoisir.com/comprendre/brique-monomur</a> Bilan carbone et confirmation énergie grise : <a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)




## BETON CELLULAIRE

Illustration	
Composition	<p>Le béton cellulaire, ou tobermorite (silicate de calcium hydraté), est fabriqué à partir de sable de siliceux (50% à 60%), de ciment (20% à 30%), de la chaux aérienne (10% à 20%) et une faible portion de poudre d'aluminium, plâtre gypse ou anhydrite. La réaction chimique qui est provoquée a comme résultat de produire des innombrables bulles d'air qui font gonfler le mélange. On obtient ainsi une pâte dont le volume a augmenté de cinq fois.</p>
Généralités, avantages	<p>Les blocs s'assemblent au mortier colle pour joints minces. Le problème des déperditions thermiques par les jointures est donc réduit. Le béton cellulaire offre une bonne isolation acoustique. Le béton cellulaire étant hydrophile il doit être protégé de l'eau par un enduit extérieur spécial. À condition que cet enduit extérieur ne soit pas étanche, on peut construire des murs respirant qui régulent l'hygrométrie de l'habitat. En outre, la résistance au feu, aux insectes et aux rongeurs est très bonne. Les éléments en béton cellulaire ne présentent pas de danger pour la santé.</p>
Coefficient de transfert thermique	<p>Faible pour une structure porteuse. Le coefficient de conductivité thermique des briques monomur peut passer sous la barre des 0,09 W/m/K. Mais en général, le lambda varie entre 0,11 W/m/K et 0,14W/m/K.</p>
Coût moyen	<p>De l'ordre de 120 € par m<sup>3</sup>.</p>
Bilan carbone	<p>160 kg<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup> et plus.</p>
Energie grise	<p>De l'ordre de 3 000 kWh par m<sup>3</sup>.</p>
Durée de vie	<p>Jusqu'à plusieurs siècles. 100 ans selon les fiches de l'INIES.</p>
Gestion souhaitable des déchets	<p>Recyclage sous forme de granulats légers.</p>
Sources	<p>Ensemble : <a href="http://isolation.comprendrechoisir.com/comprendre/beton-cellulaire">http://isolation.comprendrechoisir.com/comprendre/beton-cellulaire</a>  Illustration : <a href="http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Aerated_autoclaved_concrete_-_detail.jpg">http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Aerated_autoclaved_concrete_-_detail.jpg</a>  Composition et coefficient de transfert thermique : Guide de l'Agence  Bilan carbone et confirmation énergie grise : <a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## BETON DE CHANVRE

Illustration	
Composition	Pour faire du bloc de béton de chanvre, il faut de la chènevotte ainsi que du sable, de l'eau et du liant comme de la chaux hydraulique, du plâtre ou de l'argile. A ce béton pourra être rajouté des granulats de béton à recycler issus de la destruction d'une ancienne structure. Le tout devra être cuit à 2 000 °C comme pour du béton normal.
Généralités et avantages	Il s'agit d'un béton qui peut être auto porteur (mais non porteur), utilisé pour ses caractéristiques d'isolant thermique et acoustique. C'est aussi un matériau qui résiste bien au feu et aux nuisibles. Une autre qualité de ce matériau, c'est sa propriété de régulateur hygrothermique.
Coefficient de transfert thermique	$0,07 \text{ W/m/K} < \lambda < 0,14 \text{ W/m/K}$ .
Coût moyen	A partir de 300 € par m <sup>3</sup> , soit autour de 100 € par m <sup>2</sup> pour 30 cm d'épaisseur.
Bilan carbone	De l'ordre de 20 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> , soit 6 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> pour une épaisseur de 30 cm, ce qui est faible, donc écologique, pour un béton.
Energie grise	De l'ordre de 400 kWh par m <sup>3</sup> , soit 90 kWh par m <sup>2</sup> pour une épaisseur de 30 cm.
Durée de vie	100 ans.
Gestion souhaitable des déchets	Si son état de dégradation ne permet pas de le réemployer, il peut être recyclé pour l'amendement des terres.
Sources	<p>Illustrations bétons de chanvre de France  <a href="http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html</a>  <a href="http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.lemoniteur.fr/media/IMAGE/2009/10/06/IMAGE_2009_10_06_1004082.jpg&amp;imgrefurl=http://www.lemoniteur.fr/199-materiaux/article/start-up/688112-easy-chanvre-systeme-constructif-a-base-de-chaux-chanvre-et-bois&amp;h=255&amp;w=450&amp;sz=96&amp;tbnid=UeGjegcSPR3JIM:&amp;tbnh=67&amp;tbnw=119&amp;zoom=1&amp;usq=__Mu0NLH3FpkxI9KEnKyjo-OBL3RE=&amp;docid=ushUPJKADssyM&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;ei=7q8T4XrAqLC0QWm6dAk&amp;ved=0CGgQ9QEwAw&amp;dur=418">http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.lemoniteur.fr/media/IMAGE/2009/10/06/IMAGE_2009_10_06_1004082.jpg&amp;imgrefurl=http://www.lemoniteur.fr/199-materiaux/article/start-up/688112-easy-chanvre-systeme-constructif-a-base-de-chaux-chanvre-et-bois&amp;h=255&amp;w=450&amp;sz=96&amp;tbnid=UeGjegcSPR3JIM:&amp;tbnh=67&amp;tbnw=119&amp;zoom=1&amp;usq=__Mu0NLH3FpkxI9KEnKyjo-OBL3RE=&amp;docid=ushUPJKADssyM&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;ei=7q8T4XrAqLC0QWm6dAk&amp;ved=0CGgQ9QEwAw&amp;dur=418</a>  <a href="http://www.chanvribloc.com">www.chanvribloc.com</a></p> <p>Généralités : <a href="http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html">http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html</a>  + Support Word du Projet professionnel sur le chanvre d'I. DEFONTAINE, Master Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Spécialité Eco-construction, Université de Cergy-Pontoise, Année 2011 -2012  Caractéristiques techniques : Guide de l'Agence (voir sources)  + <a href="http://issuu.com/chanvribloc/docs/bloc-beton-chaux-chanvre?mode=a_p">http://issuu.com/chanvribloc/docs/bloc-beton-chaux-chanvre?mode=a_p</a>  Prix : <a href="http://www.materiaux-naturels.fr/fiche-114/brique-de-chanvre-chanvribloc.html">http://www.materiaux-naturels.fr/fiche-114/brique-de-chanvre-chanvribloc.html</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## PIERRE NATURELLE

Illustration	
Composition	Grès, calcaires, granit, etc, il existe différentes sortes de pierres naturelles.
Généralités, avantages	Les blocs de pierre naturelle peuvent être utilisés dans les structures. Mais ils peuvent également servir dans l'aménagement paysager. Ce sont par exemple des éléments constitutifs des gabions. La plus grande qualité de ce matériau en plus de sa disponibilité, c'est l'inertie thermique et acoustique qu'il apporte.
Coefficient de transfert thermique	Variable suivant les roches. Compter environ 0,2 W/m.K.
Coût moyen	A partir de 50 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	Variable suivant les conditions d'extraction et de transport.
Energie grise	Variable suivant les conditions d'extraction et de transport.
Durée de vie	Des millénaires entiers.
Gestion souhaitable des déchets	Réemploi.
Sources	<p>Illustration :</p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbnm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=U1AII890295j2M:&amp;imgrefurl=http://www.aubry-antiquites.fr/Bassin-en-pierre-naturelle-ZJ010.html&amp;docid=VE99QAQDQLpstM&amp;imgurl=http://www.aubry-antiquites.fr/produits/Bassin_pierre_naturelle4.jpg&amp;w=500&amp;h=375&amp;ei=KfMoUO_MBdCUswaX24CoDw&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=1041&amp;vpy=224&amp;dur=2441&amp;hovh=194&amp;hovw=259&amp;tx=115&amp;ty=134&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=2&amp;tbnh=142&amp;tbnw=177&amp;start=21&amp;ndsp=25&amp;ved=1t:429,r:24,s:21,i:216">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbnm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=U1AII890295j2M:&amp;imgrefurl=http://www.aubry-antiquites.fr/Bassin-en-pierre-naturelle-ZJ010.html&amp;docid=VE99QAQDQLpstM&amp;imgurl=http://www.aubry-antiquites.fr/produits/Bassin_pierre_naturelle4.jpg&amp;w=500&amp;h=375&amp;ei=KfMoUO_MBdCUswaX24CoDw&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=1041&amp;vpy=224&amp;dur=2441&amp;hovh=194&amp;hovw=259&amp;tx=115&amp;ty=134&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=2&amp;tbnh=142&amp;tbnw=177&amp;start=21&amp;ndsp=25&amp;ved=1t:429,r:24,s:21,i:216</a></p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbnm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=wEvGPuuyGqz2aM:&amp;imgrefurl=http://lesecrennes.olx.fr/pierre-naturelle-pierre-de-jerusalem-77-iiid-23996346&amp;docid=sFcsfQLADgCR6M&amp;imgurl=http://images03.olx.fr/ui/2/69/46/23996346_1.jpg&amp;w=625&amp;h=437&amp;ei=KfMoUO_MBdCUswaX24CoDw&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=103&amp;vpy=146&amp;dur=2324&amp;hovh=188&amp;hovw=269&amp;tx=133&amp;ty=129&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=125&amp;tbnw=159&amp;start=0&amp;ndsp=21&amp;ved=1t:429,r:0,s:0,i:73">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbnm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=wEvGPuuyGqz2aM:&amp;imgrefurl=http://lesecrennes.olx.fr/pierre-naturelle-pierre-de-jerusalem-77-iiid-23996346&amp;docid=sFcsfQLADgCR6M&amp;imgurl=http://images03.olx.fr/ui/2/69/46/23996346_1.jpg&amp;w=625&amp;h=437&amp;ei=KfMoUO_MBdCUswaX24CoDw&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=103&amp;vpy=146&amp;dur=2324&amp;hovh=188&amp;hovw=269&amp;tx=133&amp;ty=129&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=125&amp;tbnw=159&amp;start=0&amp;ndsp=21&amp;ved=1t:429,r:0,s:0,i:73</a></p> <p>Coefficient de transfert thermique :</p> <p><a href="http://fr.wikipedia.org/wiki/Conductivité_thermique">http://fr.wikipedia.org/wiki/Conductivité_thermique</a></p> <p><a href="http://outils.xpair.com/logiciel/determination_ue.htm">http://outils.xpair.com/logiciel/determination_ue.htm</a></p> <p>Coûts moyens : <a href="http://www.sas-pellet.com/catalogue.php">http://www.sas-pellet.com/catalogue.php</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## MENUISERIE FENETRE BOIS TRIPLE VITRAGE


Illustration	
Composition	Le verre est constitué avec du sable, de la chaux et de la soude, si possible produits localement. Mais il y a également l'ossature en bois (exemple d'essence : le chêne, le pin) et la jointure parfois en métal.
Généralités et avantages	Par-delà l'importance de son esthétique, la menuiserie fenêtre triple vitrage à ossature bois (avec parfois de l'aluminium pour les jointures) possède un atout majeure : sa grande résistance thermique. Généralement, les fabricants, dont cette résistance thermique est le principal argument de vente, prennent le soin de concevoir des produits avec une faible perméabilité à l'air et une bonne étanchéité à l'eau. Cependant, des vents forts et fréquents diminuent la durée de vie de ces menuiseries.
Coût moyen	De l'ordre de 1 000 € HT / m <sup>2</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 50 kg équivalent CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 800 kWh/m <sup>2</sup> .
Coefficient de transfert thermique surfacique	$1 \text{ W/m}^2/\text{K} < U_w < 1,5 \text{ W/m}^2/\text{K}$
Durée de vie	De l'ordre de 100 ans.
Gestion souhaitable des déchets	Les menuiseries peuvent être réemployées en cas de destruction du reste du bâtiment. Certains modèles existent en version démontable. Si le temps ne pose pas de problème, le verre, le bois et le métal peuvent être recyclés dans leurs filières respectives. Le verre et le métal peuvent être recyclés directement. Le bois peut servir à fabriquer de l'énergie (thermique ou cogénération), du papier / carton ou directement à l'amendement des terres.
Sources	Illustrations : <a href="http://www.parcours-bois.com/carrousel.php">http://www.parcours-bois.com/carrousel.php</a> <a href="http://www.sefwood.com/achat/index.php?catid=21">http://www.sefwood.com/achat/index.php?catid=21</a> Caractéristiques techniques : <a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 2.2.3. PAREMENT EXTERIEUR ET INTERIEUR

### PEINTURE EN PHASE AQUEUSE


Illustration	
Définition	Egalement appelées peintures à l'eau, les peintures en phase aqueuse contiennent moins de solvants et sont moins neurotoxiques.
Généralités	Si les inconvénients sont des risques de rouille sur les supports ferreux, ou encore des difficultés de solvabilité. Cependant, les problèmes d'émission de COV (composés organiques volatiles) mauvais pour la santé et les problèmes d'odeur sont moindres par rapport aux peintures en phase solvant.
Coefficient de transfert thermique	Résistance négligeable.
Coût moyen	Un peu moins de 10 € par kg.
Bilan carbone	De l'ordre de 1 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 6 kWh par m <sup>2</sup> .
Conductivité thermique	Résistance négligeable.
Durée de vie	10 ans de durée de vie typique (DVT) selon les fiches de l'INIES.
Gestion souhaitable des déchets	Stockage en centre de type I. Même les peintures à l'eau sont susceptibles de libérer des COV.
Sources	Illustrations : <a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=mfhpgLOZtn30nM:&amp;imgrefurl=http://www.hellopro.fr/peintures-routieres-2011675-fr-1-feuille.html&amp;docid=xebPzFYQGQhEMM&amp;imgurl=http://www.hellopro.fr/images/produit-2/3/5/8/peinture-revetement-couleur-a-l-eau-1299853.jpg&amp;w=434&amp;h=500&amp;ei=HFwJUIOQMonB0QWmvNDFCg&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=942&amp;vpy=131&amp;dur=3877&amp;hovh=241&amp;hovw=209&amp;tx=110&amp;ty=262&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=170&amp;tbnw=148&amp;start=0&amp;ndsp=10&amp;ved=1t:429,r:9,s:0,i:100">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=mfhpgLOZtn30nM:&amp;imgrefurl=http://www.hellopro.fr/peintures-routieres-2011675-fr-1-feuille.html&amp;docid=xebPzFYQGQhEMM&amp;imgurl=http://www.hellopro.fr/images/produit-2/3/5/8/peinture-revetement-couleur-a-l-eau-1299853.jpg&amp;w=434&amp;h=500&amp;ei=HFwJUIOQMonB0QWmvNDFCg&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=942&amp;vpy=131&amp;dur=3877&amp;hovh=241&amp;hovw=209&amp;tx=110&amp;ty=262&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=170&amp;tbnw=148&amp;start=0&amp;ndsp=10&amp;ved=1t:429,r:9,s:0,i:100</a> Ensemble : <a href="http://www.sistel.asso.fr/images/toxico/Peintures.pdf">http://www.sistel.asso.fr/images/toxico/Peintures.pdf</a> Bilan carbone et énergie grise : <a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a>

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)




## ENDUIT OU PLAQUE DE PLATRE

Illustrations	
Composition	<p>Le matériau de base du plâtre pour faire des plaques de plâtre est le gypse (silicate de calcium).</p> <p>Selon le DTU 26.1, l'enduit de plâtre est composé ainsi :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 volumes de plâtre gros,</li> <li>• 2 volumes de sable,</li> <li>• 1 volume de chaux aérienne,</li> <li>• 2,5 volumes d'eau.</li> </ul>
Généralités, avantages	<p>Ce matériau ignifuge permet de constituer les cloisons intérieures sous forme de plaques associées à des isolants et permet de recevoir le revêtement intérieur (par exemple papier peint). L'inconvénient majeur du plâtre est sa sensibilité à l'humidité.</p> <p>Un des dérivés du plâtre est le fermacell®. Il s'agit d'un matériau plus écologique que la simple plaque de plâtre puisque de la fibre de cellulose, un matériau issu du recyclage, est rajouté.</p>
Coefficient de transfert thermique	Mauvais isolant. Mais les plaques de plâtres peuvent servir de support d'isolants.
Coût moyen	Compter plusieurs centaines d'euros par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 150 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> , soit 2 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> pour une épaisseur de 1,3 cm.
Energie grise	De l'ordre de 1 000 kWh par m <sup>3</sup> , soit 13 kWh par m <sup>2</sup> pour une épaisseur de 1,3 cm.
Durée de vie	De l'ordre du demi-siècle.
Gestion souhaitable des déchets	Il existe une filière de recyclage chez les principaux fabricants.
Sources	<p>Illustration : <a href="http://www.leroymerlin.fr/v3/p/produits/construction-menuiserie/cloisons-et-plafonds/plaques-de-platre-l1308217983">http://www.leroymerlin.fr/v3/p/produits/construction-menuiserie/cloisons-et-plafonds/plaques-de-platre-l1308217983</a>  <a href="http://www.scrapmalin.com/loisirs_creatifs/produit-115160-sac-de-platre-5kg.html">http://www.scrapmalin.com/loisirs_creatifs/produit-115160-sac-de-platre-5kg.html</a></p> <p>Composition, généralités et coefficient de transfert thermique : Guide de l'Agence (voir sources)</p> <p>Coûts moyens : <a href="http://www.leroymerlin.fr/v3/p/produits/construction-menuiserie/cloisons-et-plafonds/plaques-de-platre-l1308217983">http://www.leroymerlin.fr/v3/p/produits/construction-menuiserie/cloisons-et-plafonds/plaques-de-platre-l1308217983</a></p> <p>Bilan carbone, énergie grise et durée de vie : <a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## ENDUIT D'ISOLATION THERMIQUE A BASE DE LIEGE

Illustrations	
Composition	<p>Comme la plupart des enduits et mortiers, l'enduit d'isolation thermique à base de liège est constitué d'argile. Comme son nom l'indique, du liège est rajouté. Pour les produits de sa gamme Diathonite<sup>®</sup>, le seul fabricant de cet enduit rajoute des additifs végétaux ainsi que des fibres de polypropylène.</p>
Généralités, avantages	<p>Ce matériau présente de nombreux avantages. Mais son principal argument est son isolation thermique. 5 cm d'épaisseur peuvent offrir une résistance thermique de 1 K.m<sup>2</sup>/W. Mais l'enduit à base de liège (et de fibres de polypropylène) présente également des avantages d'isolant acoustique et de régulation hygrothermique.</p>
Coefficient de transfert thermique	<p>D'après le fabricant, <math>0,045 &lt; \lambda &lt; 0,083</math> selon les produits de la gamme.</p>
Coût moyen	<p>Compter 50 € par mètre carré pour 5 cm d'épaisseur, soit 1 000 € par m<sup>3</sup>.</p>
Bilan carbone	<p>Non communiqué, dose des composants non communiquée, plusieurs mise en œuvre possibles.</p>
Energie grise	<p>Non communiqué, dose des composants non communiquée, plusieurs mise en œuvre possibles.</p>
Durée de vie	<p>De l'ordre de siècles d'après le fabricant.</p>
Gestion souhaitable des déchets	<p>Les déchets engendrés sont composites. Il n'existe pas de filière de recyclage naturellement proposée pour cet enduit. L'enduit peut cependant être réduit en granulats pour bétons légers.</p>
Sources	<p>Ensemble : <a href="http://www.diasen.com/sp/fr/d/diathonite.3sp">http://www.diasen.com/sp/fr/d/diathonite.3sp</a>          Prix : <a href="http://www.tiez-breiz.org/forum/index.php?topic=1300.0">http://www.tiez-breiz.org/forum/index.php?topic=1300.0</a>  <a href="http://forums.futura-sciences.com/habitat-bioclimatique-isolation-chauffage/45770-isolation-lexterieur-220.html">http://forums.futura-sciences.com/habitat-bioclimatique-isolation-chauffage/45770-isolation-lexterieur-220.html</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## BARDAGE BOIS MASSIF

Illustration	
Essences	Les essences les plus utilisées en France sont le pin, le chêne, le mélèze, le douglas et bien d'autres variétés de bois.
Généralités, avantages	L'intérêt du bardage bois, tant en revêtement extérieur qu'intérieur, c'est sa qualité visuelle et son faible bilan carbone. Mais ces avantages se compensent par un fort besoin en énergie grise. D'où l'intérêt de
Coefficient de transfert thermique	0,13 W/m/K < $\lambda$ < 0,18 W/m/K.
Coût moyen	De l'ordre de 40 € par m <sup>2</sup> , soit 2000 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de -670 kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 5 000 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	25 ans selon les fiches INIES, mais tout dépend de la volonté d'entretien, de laisser griser ou non le bois, etc.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage du bois dans la filière bois (amendement des terres, filière papier et cartons, valorisation thermique).
Sources	<p>Illustrations :</p> <p><a href="http://www.ineko-bardage.fr/bardage-douglas-qualite-menuiserie-ineko-bardage.fr,4,BARDDOUG.cfm?qclid=CJjf7vPt_68CFcwNtAodx2nPEQ">http://www.ineko-bardage.fr/bardage-douglas-qualite-menuiserie-ineko-bardage.fr,4,BARDDOUG.cfm?qclid=CJjf7vPt_68CFcwNtAodx2nPEQ</a></p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.beaume-bois.com/photos_prod/bardage-1214234182/Bardage_douglas.gif&amp;imgrefurl=http://www.beaume-bois.com/fiche_prod.php?prod%3D47%26cat_id%3D21&amp;h=310&amp;w=500&amp;sz=82&amp;tbnid=aH7H0EwKYQSDoM:&amp;tbnh=65&amp;tbnw=105&amp;zoom=1&amp;docid=ZB2S ydC9OfAemM&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;ei=lwexT_nHHNC98gOJI8zGCQ&amp;sqj=2&amp;ved=0CJABEPUBMAQ&amp;dur=1">http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.beaume-bois.com/photos_prod/bardage-1214234182/Bardage_douglas.gif&amp;imgrefurl=http://www.beaume-bois.com/fiche_prod.php?prod%3D47%26cat_id%3D21&amp;h=310&amp;w=500&amp;sz=82&amp;tbnid=aH7H0EwKYQSDoM:&amp;tbnh=65&amp;tbnw=105&amp;zoom=1&amp;docid=ZB2S ydC9OfAemM&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;ei=lwexT_nHHNC98gOJI8zGCQ&amp;sqj=2&amp;ved=0CJABEPUBMAQ&amp;dur=1</a></p> <p>Généralités : Cours de Jean-Pierre PISSARRA, Master Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, Unité d'Enseignement 17, Cours sur « La Construction bois »</p> <p>Coefficient de transfert thermique, bilan carbone et énergie grise et durée de vie : <a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a></p> <p>Coûts moyens :</p> <p><a href="https://www.google.fr/#q=prix+bardage+bois&amp;hl=fr&amp;prmd=imvnsfd&amp;source=univ&amp;tbm=shop&amp;tbo=u&amp;sa=X&amp;ei=UDEqUPuOFYmnhAeGjoGgDq&amp;sqj=2&amp;ved=0CJwBEK0E&amp;bav=on.2,or.r qc.r pw.r cp.r qf.&amp;fp=d650055ae583d4a8&amp;biw=1366&amp;bih=627">https://www.google.fr/#q=prix+bardage+bois&amp;hl=fr&amp;prmd=imvnsfd&amp;source=univ&amp;tbm=shop&amp;tbo=u&amp;sa=X&amp;ei=UDEqUPuOFYmnhAeGjoGgDq&amp;sqj=2&amp;ved=0CJwBEK0E&amp;bav=on.2,or.r qc.r pw.r cp.r qf.&amp;fp=d650055ae583d4a8&amp;biw=1366&amp;bih=627</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## TUILES EN TERRE CUITE

Illustration	 <p>Tuiles à emboîtement grand moule fortement galbées</p> <p>Tuiles à emboîtement grand moule faiblement galbées</p> <p>Tuiles à emboîtement petit moule</p> <p>Tuiles plates</p> <p>Tuiles canal</p>
Composition	Les tuiles en terre cuite sont constituées de terre argileuse.
Généralités, avantages	Les tuiles en terre cuite permettent une isolation thermique, acoustique et protègent de la pluie. Le mauvais bilan énergétique est compensé par la durabilité du matériau.
Coefficient de transfert thermique	De l'ordre de 0.84 W/m.K.
Coût moyen	De 15 € à 30 € par m <sup>2</sup> , soit environ 900 € par m <sup>3</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 350 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 2 000 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	De l'ordre du siècle.
Gestion souhaitable des déchets	Décoration paysagère après concassage, recyclage des grains dans d'autres matériaux de construction.
Sources	<p>Ensemble : <a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a></p> <p>Coûts moyens : <a href="http://www.annueldesprix.com/boutique/pages_partenaire/fichiers_partenaire/fasciculeimerys2010.pdf">http://www.annueldesprix.com/boutique/pages_partenaire/fichiers_partenaire/fasciculeimerys2010.pdf</a></p> <p>Bilan carbone, énergie grise et durée de vie : <a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## MORTIER A BASE D'ARGILE


Illustration	
Origine	Terre argileuse locale et chaux produite localement.
Généralités et avantages	Le mortier est d'origine minérale et locale.
Bilan carbone	De l'ordre de 60 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De 30 kWh/m <sup>3</sup> pour les mortiers à base de terre crue à 500 kWh par m <sup>3</sup> pour les mortiers à base de chaux.
Coût moyen	De l'ordre de 5 000 € par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Plusieurs siècles.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans du béton après concassage.
Sources	<p>Illustrations :</p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?start=168&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;addh=36&amp;tbm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=sl62AMF6QxOHNM:&amp;imgrefurl=https://boutique.socli.fr/produits-et-utilisations/utilisations-et-mises-en-oeuvre/maconnerie/enduits-anti-salpetre&amp;docid=C1k1DTWWuz-x_M&amp;imgurl=https://boutique.socli.fr/var/plain_site/storage/images/media/images/mise-en-oeuvre-finition/3704-1-fre-FR/mise-en-oeuvre-finition.jpg&amp;w=400&amp;h=300&amp;ei=n1ENUNzQDcn80QWXI9jJCg&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=683&amp;vpy=64&amp;dur=1050&amp;hovh=194&amp;hovw=259&amp;tx=125&amp;ty=143&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=12&amp;tbnh=161&amp;tbnw=215&amp;ndsp=16&amp;ved=1t:429,r:3,s:168,i:269">http://www.google.fr/imgres?start=168&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;addh=36&amp;tbm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=sl62AMF6QxOHNM:&amp;imgrefurl=https://boutique.socli.fr/produits-et-utilisations/utilisations-et-mises-en-oeuvre/maconnerie/enduits-anti-salpetre&amp;docid=C1k1DTWWuz-x_M&amp;imgurl=https://boutique.socli.fr/var/plain_site/storage/images/media/images/mise-en-oeuvre-finition/3704-1-fre-FR/mise-en-oeuvre-finition.jpg&amp;w=400&amp;h=300&amp;ei=n1ENUNzQDcn80QWXI9jJCg&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=683&amp;vpy=64&amp;dur=1050&amp;hovh=194&amp;hovw=259&amp;tx=125&amp;ty=143&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=12&amp;tbnh=161&amp;tbnw=215&amp;ndsp=16&amp;ved=1t:429,r:3,s:168,i:269</a></p> <p>Prix : <a href="http://www.leroymerlin.fr/v3/p/produits/construction-menuiserie/gros-oeuvre/poudres-beton-chaux-ciments-enduits-mortiers-ragrage-11308218160">http://www.leroymerlin.fr/v3/p/produits/construction-menuiserie/gros-oeuvre/poudres-beton-chaux-ciments-enduits-mortiers-ragrage-11308218160</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



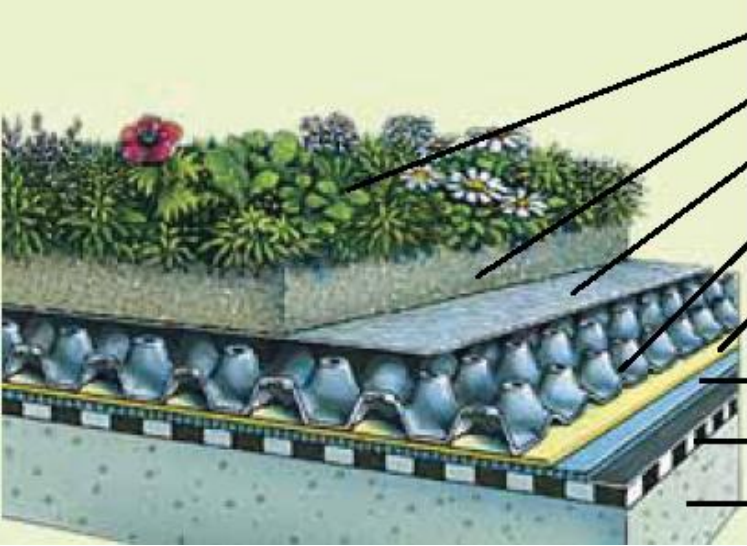
## SATURATEUR ECOLOGIQUE DE BOIS

Illustration	
Composition	Huiles d'origine naturelle, modifiées avec des résines synthétiques en phase aqueuse.
Généralités, avantages	L'intérêt du saturateur de bois est de protéger le bois des parquets afin de leur conférer une plus grande durée de vie. Comme les huiles, lasures, peintures, vernis et vitrificateurs, l'objectif est de conserver le bois tout en émettant le moins de (composés organiques volatiles) nuisibles à la santé possible. C'est pour plus de transparence que d'ici septembre 2013, un étiquetage correspondant aux émissions dans l'air intérieur sera obligatoire en France.
Coefficient de transfert thermique	Résistance négligeable.
Coût moyen	De l'ordre de 20 € par L, soit environ 2 € le m <sup>2</sup> recouvert par couche.
Bilan carbone	De l'ordre de 70 000 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> , soit 7 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 750 000 kWh par m <sup>3</sup> , soit 75 kWh par m <sup>2</sup> .
Durée de vie	De l'ordre de 40 ans.
Gestion souhaitable des déchets	Elimination en centre de stockage de type I pour déchets dangereux.
Sources	<p>Illustration, composition et généralités :</p> <p><a href="http://www.blanchon.com/blanchon/mcpa/prodmcpa/resource/saturatb.jpg">http://www.blanchon.com/blanchon/mcpa/prodmcpa/resource/saturatb.jpg</a></p> <p><a href="http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DP_Etiquette_COV_et_qualite_de_l_air_interieur.pdf">http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DP_Etiquette_COV_et_qualite_de_l_air_interieur.pdf</a></p> <p>Coûts moyens :</p> <p>Bilan carbone, énergie grise et durée de vie :</p> <p><a href="http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx">http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## TOITURE VEGETALISEE EN EXTENSIF

Illustration	 <p>Plantes</p> <p>Substrat</p> <p>Filtre de soutien du substrat</p> <p>Film d'étanchéité et drainage de l'eau</p> <p>Natte absorbante</p> <p>Filtre anti-racine</p> <p>Film d'étanchéité</p> <p>Béton du gros-oeuvre</p>
Origine	<p>Les matières premières nécessaires pour ce système constructif, c'est les plantes utilisées, c'est de la terre, c'est du plastique pour les films et les filtres (plastiques rarement issu du recyclage), ou d'autres dérivés du pétrole (bitume, etc) et c'est également la molécule anti-racine.</p>
Généralités et avantages	<p><u>Il s'agit d'un système constructif qui répond à plusieurs objectifs :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apporter une bonne <b>esthétique visuelle</b>, (cible HQE n°10),</li> <li>• Instaurer une biosphère pour promouvoir la <b>biodiversité</b>,</li> <li>• <b>Protéger le film d'étanchéité à l'eau</b> de l'infrastructure :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ protection mécanique,</li> <li>○ protection thermique (par exemple 35°C atteints en pleine exposition en période de canicule contre 80°C sans protection),</li> </ul> </li> <li>• <b>Stocker</b> les apports en eaux de pluie (cible HQE n°5), afin :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ d'une part d'éviter d'engorger les réseaux drainant de ces eaux de pluie,</li> <li>○ de permettre l'infiltration des eaux de pluie dans les sols pour recharger les éventuelles nappes phréatiques,</li> <li>○ de générer de l'eau non potable disponible pour :                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ le nettoyage des bâtiments,</li> <li>▪ l'eau des sanitaires,</li> <li>▪ l'arrosage des jardins,</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Apporter une excellente <b>isolation acoustique</b> (cible HQE n°9),             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Apporter <b>une excellente isolation et une excellente inertie thermique</b> (cible HQE n°4) d'où un bon confort d'été, un bon confort d'hiver, une limitation du rayonnement UV du Soleil à l'intérieur des bâtiments et une réduction du prix de l'isolation du bâtiment ;</li> </ul> </li> <li>• <b>Rafraîchir l'atmosphère à l'échelle d'une ville</b> (exemple : Fribourg-en-Brigau).</li> </ul>

AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


	<p><u>Composition :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La végétation, <i>Sedum album</i> étant à privilégier pour sa bonne résistance aux conditions physiques extrêmes (sècheresses, inondations, canicules, grand froids, etc) ;</li> <li>• 5 à 10 cm de substrat, de la terre, (jusqu'à 100 kg/m<sup>2</sup>) ;</li> <li>• Le filtre de soutien au substrat ;</li> <li>• Le film d'étanchéité à l'eau pour le drainage ;</li> <li>• Parfois une natte absorbante en cas d'infiltration (surtout mises en cause : les racines des plantes) ;</li> <li>• Le film anti-racine, dont la composition inhibe le développement des apex (extrémités) racinaires. Il évite d'avoir des racines qui sortent du plafond des bâtiments et qui déstructurent la stabilité du gros œuvre ;</li> <li>• Au moins un film d'étanchéité pour s'assurer l'absence d'infiltrations d'eau ;</li> <li>• Parfois un isolant thermique avec un pare-vapeur en dessous contre la vapeur d'eau pour ne pas risquer la formation de rosée entre 6°C et 8°C au sein de l'isolant ;</li> <li>• Le gros œuvre du bâtiment.</li> </ul> <p>La toiture végétalisée dispose également d'un système de drainage qui permet d'évacuer le trop plein d'eau vers des dispositifs de gestion de cette eau.</p> <p><u>L'entretien compte en moyenne une intervention par trimestre.</u>  Outre l'<b>arrosage</b> en cas de canicule, ce qui représente une consommation d'eau de 2 cm/m<sup>2</sup> et par soir, il faudra régulièrement veiller :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A ce que la couverture végétale se maintienne à au moins <b>80%</b> de la surface plantée,</li> <li>• A l'absence de l'invasion d'espèces adventices non prévues à l'origine,</li> <li>• A la tonte et à l'enlèvement des déchets verts (et autres),</li> <li>• A ce que les systèmes de drainages ne soient pas bouchés (gouttières et grillages),</li> </ul>
Conductivité thermique	Variable suivant l'épaisseur du substrat, la variété et le développement de la végétalisation et suivant l'ajout éventuel d'une couche d'isolant.
Coût moyen	De l'ordre de 40 € à 60 € par m <sup>2</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 30 à 60 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> .
Energie grise	Quelques centaines de kWh par m <sup>2</sup> selon les modèles.
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion des déchets	La terre peut être réemployée et les plastiques peuvent être recyclés dans leurs filières respectives.
Sources	Illustration : <a href="http://www.ecovegetal.fr/pdf/GUIDE_VEGETALISATION_EXTENSIVE.pdf">http://www.ecovegetal.fr/pdf/GUIDE_VEGETALISATION_EXTENSIVE.pdf</a> Généralités et avantages : Cours de Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012) <a href="http://www.ideesmaison.com/Maison-ecolo/exterieur/toitures-vegetalisees/le-toit-vegetal-en-dix-questions—reponses.html">http://www.ideesmaison.com/Maison-ecolo/exterieur/toitures-vegetalisees/le-toit-vegetal-en-dix-questions—reponses.html</a>

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 2.2.4. VOIRIE ET RESEAUX DIVERS

### PAVES DE ROCHE NATURELLE

Illustration	
Localisation	Pavés de roches locales, végétalisation locale.
Généralités et avantages	Le principe est simple : disposer des pavés de roche sédimentaire locale, afin de permettre la circulation des automobiles et permettre une alternative à l'asphalte. La jointure entre les pavés ne sera pas assurée par du stabilisé mais par de la terre végétalisée, afin d'assurer l'evergreen sur l'ensemble du parc. Les racines assureront la filtration de plus de la moitié des hydrocarbures qui n'auraient pas ruisselé.
Coût moyen	40 € à 50 € par m <sup>2</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 60 kg équivalent CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> , soit 3 kg équivalent CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 50 kWh par m <sup>3</sup> , soit 2,5 kWh par m <sup>2</sup> .
Durée de vie	De l'ordre du millénaire.
Gestion souhaitable des déchets	Les pavés pourront être réemployés.
Sources	Illustrations : <a href="http://www.urbanisme-neuchatel.ch/d2wfiles/document/37/5513/0/Guide_Rev%C3%AAtements-150704.pdf">http://www.urbanisme-neuchatel.ch/d2wfiles/document/37/5513/0/Guide_Rev%C3%AAtements-150704.pdf</a> Prix : <a href="http://www.pierreetsol.com/Pages/Presentation/presentation%20paves.htm">http://www.pierreetsol.com/Pages/Presentation/presentation%20paves.htm</a>

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## DALLE ALVEOLEE PLASTIQUE

Illustration	
Origine	Le pétrole est à l'origine des dalles alvéolées plastiques.
Généralités et avantages	<p>Existant également en béton, les dalles alvéolées sont des dalles préfabriquées, avec des alvéoles de l'ordre de 5 à 10 cm de diamètre. Ces dalles forment des surfaces perméables de faible entretien. Malgré une forte proportion de béton, la végétation s'y développe bien car dans les alvéoles la base des plantes est protégée. Utilisées pour les parkings, ces dalles alvéolées demandent pour leur mise en œuvre :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• une couche de fondation entre 20 d'épaisseur,</li> <li>• une couche de réglage d'environ 5 cm de gravier,</li> <li>• une couche de pose d'un lit de sable de 3 à 5 cm</li> <li>• la pose des dalles l'une contre l'autre (de l'ordre de 5 cm d'épaisseur),</li> <li>• le remplissage des espaces libres des dalles avec de la terre,</li> <li>• l'ensemencement d'une végétation adaptée.</li> </ul>
Coût moyen	De l'ordre de 20 € par m <sup>2</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 40 kg équivalent CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 100 kWh par m <sup>2</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Les dalles peuvent être réemployées ou sinon recyclées dans la filière plastique correspondante.
Sources	<p>Illustrations : <a href="http://www.urbanisme-neuchatel.ch/d2wfiles/document/37/5513/0/Guide_Rev%C3%AAtements-150704.pdf">http://www.urbanisme-neuchatel.ch/d2wfiles/document/37/5513/0/Guide_Rev%C3%AAtements-150704.pdf</a>  <a href="http://www.google.fr/imgres?q=dalle+alv%C3%A9ol%C3%A9e+gazon&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=pamb0o3jJdSXTM:&amp;imgrefurl=http://www.envirotiss.com/boutique/espace-vert-dalle-gazon-a-engazonner-gravier-tres-resistance-a-strucutre-alveolaire-petite-taille.p305&amp;docid=3bb2TZwkX_HpLM&amp;imgurl=http://www.envirotiss.com/images/dalle-gazon-quatrefeuille/dalle-gazon-quatrefeuille.gif&amp;w=458&amp;h=261&amp;ei=MTklUODqB-We0QW-3rHCBA&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=728&amp;vpy=281&amp;dur=4410&amp;hovh=169&amp;hovw=298&amp;tx=202&amp;ty=172&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=129&amp;tbnw=227&amp;start=0&amp;ndsp=10&amp;ved=1t:429,r:8,s:0,i:97">http://www.google.fr/imgres?q=dalle+alv%C3%A9ol%C3%A9e+gazon&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=pamb0o3jJdSXTM:&amp;imgrefurl=http://www.envirotiss.com/boutique/espace-vert-dalle-gazon-a-engazonner-gravier-tres-resistance-a-strucutre-alveolaire-petite-taille.p305&amp;docid=3bb2TZwkX_HpLM&amp;imgurl=http://www.envirotiss.com/images/dalle-gazon-quatrefeuille/dalle-gazon-quatrefeuille.gif&amp;w=458&amp;h=261&amp;ei=MTklUODqB-We0QW-3rHCBA&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=728&amp;vpy=281&amp;dur=4410&amp;hovh=169&amp;hovw=298&amp;tx=202&amp;ty=172&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=129&amp;tbnw=227&amp;start=0&amp;ndsp=10&amp;ved=1t:429,r:8,s:0,i:97</a>            Prix : <a href="http://www.envirotiss.com/boutique/">http://www.envirotiss.com/boutique/</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## SOLS STABILISES

Illustration	
Origine	Chaux, pouzzolane et sable (naturel de carrière)
Généralités et avantages	Plus constitué de sable que du béton, le stabilisé a l'avantage d'avoir une faible énergie grise pour sa mise en œuvre, d'avoir une meilleure perméabilité et d'avoir une bonne esthétique visuelle. Disponible en différentes couleurs, (rose (avec le gorrh, il s'agit non pas de sable mais de concassage de granite), gris, jaune, marron, beige), etc), il permettra de rompre la monotonie de l'evergreen.
Coût moyen	20 € à 40 € par m <sup>2</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 40 kg équivalent CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> , soit 10 kg équivalent CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 200 kWh par m <sup>3</sup> , soit 50 kWh par m <sup>2</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Le stabilisé peut être recyclé après concassage.
Sources	Illustrations : <a href="http://www.migrasol.fr/contact-migrasol.php">http://www.migrasol.fr/contact-migrasol.php</a> Prix : <a href="http://www7.archi.fr/CAUE19/admin/Upload/FCKEditor/File/sols/sol%20stabilise.pdf">http://www7.archi.fr/CAUE19/admin/Upload/FCKEditor/File/sols/sol%20stabilise.pdf</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## SOLS DRAINANTS

Illustration	
Origine	Liant organo-minéral (généralement terre argileuse) avec graviers.
Généralités et avantages	Il s'agit d'un revêtement semi-souple, perméabilité à l'eau et à l'air. Cela permet la respiration et infiltration des eaux de pluie dans les sols. Les sols drainants sont donc bon pour la biodiversité sous-terrain en plus d'avoir une bonne qualité esthétique visuelle.
Bilan carbone	De l'ordre de 50 kg équivalent CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> , soit 10 kg équivalent CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 240 kWh par m <sup>3</sup> , soit 60 kWh/m <sup>2</sup> .
Coût moyen	De l'ordre de 30 € le m <sup>2</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage après concassage.
Sources	Illustrations : <a href="http://www.migrasol.fr/contact-migrasol.php">http://www.migrasol.fr/contact-migrasol.php</a> Prix : <a href="http://www7.archi.fr/CAUE19/admin/Upload/FCKEditor/File/sols/sol%20stabilise%20hydraulique.pdf">http://www7.archi.fr/CAUE19/admin/Upload/FCKEditor/File/sols/sol%20stabilise%20hydraulique.pdf</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## BETON DESACTIVE

Illustration	
Fabrication	Le béton désactivé est obtenu par pulvérisation d'un désactivant sur la surface fraîche d'un béton au moment du coulage, afin de faire apparaître après rinçage à haute pression, les granulats de couleurs !
Généralités et avantages	En cas de disposition au sol en couche fine de béton, par sa perméabilité à l'eau, il favorise l'infiltration d'eau, permet de diminuer le bilan carbone et il peut être considéré comme plus écologique qu'un autre béton.
Coût moyen	De l'ordre de 140 € par m <sup>3</sup> , soit environ 60 € le m <sup>2</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 30 kg équivalent CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> , soit 5 kg équivalent CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> pour une épaisseur de 15 cm.
Energie grise	De l'ordre de 300 kWh par m <sup>3</sup> , soit 50 kWh par m <sup>2</sup> .
Durée de vie	Environ 50 à 100 ans.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage des granulats de destruction dans la fabrication de nouveaux bétons.
Sources	Illustrations et généralités : <a href="http://www.francebeton.com/beton_desactive.htm">http://www.francebeton.com/beton_desactive.htm</a> Prix : <a href="http://www.travaux.com/services/forums_bb/viewtopic.php?t=21138&amp;postdays=0&amp;postorder=asc&amp;start=10">http://www.travaux.com/services/forums_bb/viewtopic.php?t=21138&amp;postdays=0&amp;postorder=asc&amp;start=10</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## GRAVIERS AVEC GAZON

Illustration	
Composition	Le revêtement du gravier-gazon se constitue de bas en haut : <ul style="list-style-type: none"> <li>• d'une couche de fondation de 20 cm d'épaisseur,</li> <li>• d'une couche de 10 cm composée à 80% de gravillons et à 20% de terre végétale,</li> <li>• l'ensemencement d'un gazon.</li> </ul>
Généralités et avantages	Utilisé pour les places de stationnement pour les voitures ou pour des cheminements piétonniers (où le seul gazon peut s'abîmer plus facilement), ce type de revêtement a une très bonne perméabilité. La végétation qui s'y développe contribue sur le long terme à la stabilité de la surface.
Coût moyen	De l'ordre de 250 € par m <sup>3</sup> , soit environ 40 € par m <sup>2</sup> .
Bilan carbone	De l'ordre de 5 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 15 kWh par m <sup>2</sup> .
Durée de vie	Plusieurs siècles.
Gestion souhaitable des déchets	C'est l'érosion qui vient à bout du couple graviers-gazon. En cas de changement volontaire du revêtement, privilégier le réemploi sur un autre site.
Sources	Illustrations et généralités : <a href="http://www.urbanisme-neuchatel.ch/d2wfiles/document/37/5513/0/Guide_Rev%C3%AAtements-150704.pdf">http://www.urbanisme-neuchatel.ch/d2wfiles/document/37/5513/0/Guide_Rev%C3%AAtements-150704.pdf</a> Prix : <a href="http://www.leroymerlin.fr/v3/p/produits/terrasse-jardin/sol-pour-terrasse-et-jardin/sable-graviers-galets-decoratifs-l1308217891">http://www.leroymerlin.fr/v3/p/produits/terrasse-jardin/sol-pour-terrasse-et-jardin/sable-graviers-galets-decoratifs-l1308217891</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## PLATELAGE DE BOIS

Illustration	
Origine	Avec sa production de chênes et de cèdres, entre autres, le Liban peut constituer et gérer des forêts entières, qui à terme permettront de générer durablement des matériaux de construction écologiques à base de bois.
Généralités et avantages	L'utilisation de lames de bois pour l'aménagement de terrasses ou de passerelles piétonnes apporte au lieu une ambiance chaleureuse.
Coût moyen	De l'ordre de 180 € par m <sup>2</sup> .
Bilan carbone	Moins 10 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 15 000 kWh par m <sup>3</sup> , soit 500 kWh par m <sup>2</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière bois (exemple : papèterie) Valorisation énergétique avec la filière bois-énergie
Sources	<p>Illustration :</p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=Bq-k3DiUcs7pKM:&amp;imgrefurl=http://pipochon.pagesperso-orange.fr/legallo/aide-construct.html&amp;docid=U2FbZrTqWvjnHM&amp;imgurl=http://pipochon.pagesperso-orange.fr/legallo/le_gallo_creation_bois_ossature_56_terrasse_platelage.gif&amp;w=400&amp;h=300&amp;ei=lw4qUKXFKKbl0QWaslDQBq&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=312&amp;vpy=315&amp;dur=3731&amp;hovh=194&amp;hovw=259&amp;tx=148&amp;ty=122&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=128&amp;tbnw=171&amp;start=0&amp;ndsp=18&amp;ved=1t:429,r:13,s:0,i:114">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=Bq-k3DiUcs7pKM:&amp;imgrefurl=http://pipochon.pagesperso-orange.fr/legallo/aide-construct.html&amp;docid=U2FbZrTqWvjnHM&amp;imgurl=http://pipochon.pagesperso-orange.fr/legallo/le_gallo_creation_bois_ossature_56_terrasse_platelage.gif&amp;w=400&amp;h=300&amp;ei=lw4qUKXFKKbl0QWaslDQBq&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=312&amp;vpy=315&amp;dur=3731&amp;hovh=194&amp;hovw=259&amp;tx=148&amp;ty=122&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=128&amp;tbnw=171&amp;start=0&amp;ndsp=18&amp;ved=1t:429,r:13,s:0,i:114</a></p> <p>Généralités :</p> <p><a href="http://www.urbanisme-neuchatel.ch/d2wfiles/document/37/5513/0/Guide_Rev%C3%AAtements-150704.pdf">http://www.urbanisme-neuchatel.ch/d2wfiles/document/37/5513/0/Guide_Rev%C3%AAtements-150704.pdf</a></p> <p>Prix : <a href="http://www.tekabois.com/lame_terrasse_bois.html">http://www.tekabois.com/lame_terrasse_bois.html</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## ECORCES OU COUPEAUX DE BOIS

Illustration	
Localisation	20 cm d'écorces ou de copeaux de bois locaux.
Généralités et avantages	<p>Les écorces sont fréquemment utilisées pour les places de jeux car leur texture est plus agréable que celle des copeaux (surface rugueuse mais exempte d'écharde). Les copeaux de bois sont plutôt destinés aux cheminements piétonniers.</p> <p>La perméabilité de ce type de revêtement est grande, mais comme pour les autres revêtements, elle dépend en partie du sous-sol et de la couche de fondation. Ce type de revêtement est peu coûteux à réaliser mais il demande, dans les zones fortement sollicitées, une recharge régulière de matériau.</p>
Coût moyen	De l'ordre de 100 € par m <sup>3</sup> , soit 500 € par m <sup>2</sup> .
Bilan carbone	Moins 50 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 20 000 kWh par m <sup>3</sup> , soit 4 000 kWh par m <sup>2</sup> .
Durée de vie	Dépend directement des conditions d'érosion et de recharge.
Gestion souhaitable des déchets	<p>Recyclage dans la filière bois (exemple : papèterie)</p> <p>Valorisation énergétique avec la filière bois-énergie.</p>
Sources	<p>Illustrations : <a href="http://www.urbanisme-neuchatel.ch/d2wfiles/document/37/5513/0/Guide_Rev%C3%AAtements-150704.pdf">http://www.urbanisme-neuchatel.ch/d2wfiles/document/37/5513/0/Guide_Rev%C3%AAtements-150704.pdf</a></p> <p>Prix : <a href="http://www.lemarchedubois.com/le-prix-du-bois-de-chauffage/id-menu-100021.html">http://www.lemarchedubois.com/le-prix-du-bois-de-chauffage/id-menu-100021.html</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## BANCS DE BOIS

Illustration	 
Localisation	Avec sa production de chênes et de cèdres, entre autres, le Liban peut constituer et gérer des forêts entières, qui à terme permettront de générer durablement des matériaux de construction écologiques.
Généralités et avantages	Par l'absorption de CO <sub>2</sub> lorsqu'il grandit dans la forêt, par son origine de production de proximité et par le fait qu'il s'agisse d'un matériau renouvelable, recyclable et biodégradable, les blocs de bois sont de très bons éco-matériaux pour faire des bancs paysagers. Ils ne sont pas nécessairement austères, mais ils sont toujours originaux.
Coût moyen	De l'ordre de 60 € par mètre pour un tronc de 40 cm de diamètre.
Bilan carbone	Au plus quelques centaines de kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> . Si la mise en œuvre est écologique, le bilan carbone peut être négatif.
Energie grise	De l'ordre de 3 000 kWh par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière bois (exemple : papèterie) Valorisation énergétique avec la filière bois-énergie.
Sources	<p>Illustrations :</p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?start=131&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=tiCswmDbU_MoyM:&amp;imgrefurl=http://ljpboisrond.free.fr/&amp;docid=CpS_hCOR64R8PM&amp;imgurl=http://ljpboisrond.free.fr/table%252520banc.jpg&amp;w=604&amp;h=333&amp;ei=qvkHUM_RFIInB0QXt4dzgBA&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=848&amp;vpy=184&amp;dur=6843&amp;hovh=167&amp;hovw=303&amp;tx=177&amp;ty=148&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=10&amp;tbnh=98&amp;tbnw=177&amp;ndsp=15&amp;ved=1t:429,r:14,s:131,i:197">http://www.google.fr/imgres?start=131&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=tiCswmDbU_MoyM:&amp;imgrefurl=http://ljpboisrond.free.fr/&amp;docid=CpS_hCOR64R8PM&amp;imgurl=http://ljpboisrond.free.fr/table%252520banc.jpg&amp;w=604&amp;h=333&amp;ei=qvkHUM_RFIInB0QXt4dzgBA&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=848&amp;vpy=184&amp;dur=6843&amp;hovh=167&amp;hovw=303&amp;tx=177&amp;ty=148&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=10&amp;tbnh=98&amp;tbnw=177&amp;ndsp=15&amp;ved=1t:429,r:14,s:131,i:197</a></p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?start=233&amp;hl=fr&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbm=isch&amp;tbnid=k_IL8KlqNilGQM:&amp;imgrefurl=http://www.hellocoton.fr/cube-earthly-zoeppritz-1650638&amp;docid=-2huQUFbYC21XM&amp;imgurl=http://scrat.hellocoton.fr/img/medium/cube-earthly-zoeppritz-1650638.png&amp;w=243&amp;h=165&amp;ei=h_oHUPzOJcqu0QWc9uDRBA&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=943&amp;vpy=281&amp;dur=12409&amp;hovh=132&amp;hovw=194&amp;tx=115&amp;ty=129&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=16&amp;tbnh=132&amp;tbnw=194&amp;ndsp=16&amp;ved=1t:429,r:15,s:233,i:163">http://www.google.fr/imgres?start=233&amp;hl=fr&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbm=isch&amp;tbnid=k_IL8KlqNilGQM:&amp;imgrefurl=http://www.hellocoton.fr/cube-earthly-zoeppritz-1650638&amp;docid=-2huQUFbYC21XM&amp;imgurl=http://scrat.hellocoton.fr/img/medium/cube-earthly-zoeppritz-1650638.png&amp;w=243&amp;h=165&amp;ei=h_oHUPzOJcqu0QWc9uDRBA&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=943&amp;vpy=281&amp;dur=12409&amp;hovh=132&amp;hovw=194&amp;tx=115&amp;ty=129&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=16&amp;tbnh=132&amp;tbnw=194&amp;ndsp=16&amp;ved=1t:429,r:15,s:233,i:163</a></p> <p>Prix : <a href="http://draaf.lorraine.agriculture.gouv.fr/Prix-du-bois,144">http://draaf.lorraine.agriculture.gouv.fr/Prix-du-bois,144</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## GABION

Illustration	
Origine	<p>Pour faire du gabion les pierres peuvent être des pierres sédimentaires ou des pierres lourdes (granit, marbre, etc) locale. Les cages sont constituées de fils d'acier si possible importées des mines de charbon et de métal du Proche-Orient.</p>
Généralités et avantages	<p>Pouvant être utilisé comme murs de soutènement, les gabions sont des pierres enfermées dans des cages de fils en acier et servant à la décoration paysagère.</p> <p>Avec le temps et selon l'environnement où se trouve le gabion, des dépôts sédimentaires peuvent s'infiltrer puis se poser sur les gabions. Une biosphère peut alors se développer.</p>
Coût moyen	<p>De l'ordre 250 € à 700€ par m<sup>3</sup>. La cage et les pierres peuvent être achetées séparément. Plus les cages sont petites et plus les mailles sont fines plus le coût sera élevé.</p>
Bilan carbone	<p>De l'ordre de 150 kg<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup>. Plus les cages sont petites et plus les mailles sont fines plus le bilan sera élevé.</p>
Energie grise	<p>De l'ordre de 100 kWh par m<sup>3</sup> à 1 000 kWh par m<sup>3</sup>. Plus les cages sont petites et plus les mailles sont fines plus le bilan sera élevé.</p>
Durée de vie	<p>Plusieurs dizaines d'années.</p>
Gestion souhaitable des déchets	<p>En fin de vie, la pierre peut être réutilisée, ou encore mise en centre de stockage de type I des déchets inertes. Le grillage de métal lui aussi peut être réutilisé. Sinon, il peut être recyclé dans la filière de recyclage des métaux (qui devrait se développer, du fait d'un manque de ressources, avant la fin des prochaines 50 années). Pour l'enfouir, il faudra alors trouver un centre de stockage de type II pour les déchets industriels banals.</p>
Sources	<p>Illustrations :</p> <p><a href="http://www.vertdesprit.fr/assets/images/specialite/mur_gabion_3.JPG">http://www.vertdesprit.fr/assets/images/specialite/mur_gabion_3.JPG</a>  <a href="http://fr.wikipedia.org/wiki/Gabion">http://fr.wikipedia.org/wiki/Gabion</a>            Prix gabions : <a href="http://www.dops-france.fr/8.html">http://www.dops-france.fr/8.html</a>,  <a href="http://www.touslesprix.com/achat_gabion.html">http://www.touslesprix.com/achat_gabion.html</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## GAINES BLINDEES

Illustration	
Composition	PVC (PolyVinyl Chloride) pour la gaine isolante
Généralités, avantages	Composé d'une couche isolante et d'une couche conductrice, la particularité de la gaine blindée, c'est qu'elle permet d'atténuer les champs électromagnétiques nuisibles pour la santé à plus de 99%. Par ailleurs, selon les fabricants, ces gaines peuvent être 100% recyclables.
Coût moyen	De l'ordre de 3 € à 5 € par m.
Bilan carbone	De l'ordre de 3 000 kg <sub>éq</sub> CO2 par m <sup>3</sup> , soit 0,1 kg <sub>éq</sub> CO2 à 0,2 kg <sub>éq</sub> CO2 par m.
Energie grise	De l'ordre de 25 000 kWh par m <sup>3</sup> , soit environ 1 kWh à 2 kWh par m.
Durée de vie	Plusieurs siècles.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière par récupération par certains fabricants.
Sources	Illustration et coûts moyens : <a href="http://www.laboutiquedepke.fr/gaine-prefil-zen,fr,3,97.cfm">http://www.laboutiquedepke.fr/gaine-prefil-zen,fr,3,97.cfm</a> <a href="http://materiaux-ecologiques.kenzai.fr/gaines-et-accessoires/537-les-gaines-prefilees-blindees.html">http://materiaux-ecologiques.kenzai.fr/gaines-et-accessoires/537-les-gaines-prefilees-blindees.html</a> Composition et généralités : Catalogue pro 2012/2013 de Nature et développement. Bilan carbone et énergie grise : Documents AR Architectes.

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 2.2.5. MOBILIER INTERIEUR

### SOIE

Illustration	
Origine	<p>La soie est une fibre textile d'origine animale produite par de nombreux arthropodes, araignées et chenilles de certains papillons notamment (Yponomeutes, Bombyx). Celle qui sert à produire des tissus de soie est issue du cocon produit par la chenille (ver à soie) du bombyx du mûrier (Bombyx mori) pour la soie de culture, et du ver à soie Tussah (plusieurs espèces de chenilles du genre Antheraea) pour la soie sauvage.</p>
Généralités, avantages	<p>Après étouffement des cocons dans des étuves de 70 à 80 °C, puis trempés dans l'eau bouillante pour que le grès (ou séricine, colle naturelle protégeant les brins) se ramollisse. La chrysalide doit ensuite être tuée sans abîmer le cocon. Chaque cocon n'est fait que d'un seul fil appelé bave. Après avoir trouvé une extrémité, une dizaine de fils sont regroupés grâce au refroidissement du grès. Les fils sont alors enroulés sur des « dévidoirs », la soie est alors dite soie « grège ». Celle-ci est ensuite enroulée sur des écheveaux ou « flotte ».</p> <p>Finalement, la soie est un produit aussi écologique que la laine de mouton. Par son apparence soyeuse, il est plus judicieux de l'utiliser en toile de rideau qu'en isolant à cacher derrière un ravalement de façade.</p>
Coût moyen	De l'ordre de 3 € par m <sup>2</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années à plusieurs siècles, variable selon l'entretien.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans les filières textiles. Par exemple, plastique du polyéthylène.
Sources	Ensemble : <a href="http://fr.wikipedia.org/wiki/Soie">http://fr.wikipedia.org/wiki/Soie</a>

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## DIODE ELECTROLUMINESCENTE

Illustration	
Principe	<p>Une diode électroluminescente ou diode émettrice de lumière, abrégée sous les sigles DEL ou LED (de l'anglais light-emitting diode), est un composant opto-électronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique. Une diode électroluminescente ne laisse passer le courant électrique que dans un seul sens (le sens passant, comme une diode classique, l'inverse étant le sens bloquant) et produit un rayonnement monochromatique ou polychromatique incohérent à partir de la conversion d'énergie électrique lorsqu'un courant la traverse.</p>
Généralités, avantages	<p>Par rapport aux ampoules fluocompactes ou aux ampoules à incandescence, les DEL présentent l'avantage environnemental d'être durables (jusqu'à 10 ans d'utilisation en moyenne). Ainsi, même si elles coûtent plus cher à l'achat au watt, elles présentent un meilleur rapport qualité prix. Mais la véritable controverse sur la qualité environnementale des DEL repose sur sa composition, notamment l'arsenic. C'est la raison pour laquelle des organismes spécialisés dans le recyclage des ampoules existent en France.</p>
Coût moyen	<p>Compter pour une LED à 2W environ 30 € pour 10 ans (10 € à l'achat et 20 € pour la consommation d'électricité).</p>
Durée de vie	<p>De l'ordre de 100 000 h d'utilisation, soit une décennie.</p>
Gestion souhaitable des déchets	<p>Recyclage dans la filière consacrée aux ampoules.</p>
Sources	<p>Ensemble :  <a href="http://www.acteurdurable.org/led.html">http://www.acteurdurable.org/led.html</a>            Principe et généralités :  <a href="http://fr.wikipedia.org/wiki/Diode_%C3%A9lectroluminescente#Avantages">http://fr.wikipedia.org/wiki/Diode_%C3%A9lectroluminescente#Avantages</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 2.2.6. ECO-STRUCTURES


### MUR PREFABRIQUE A OSSATURE BOIS (MOB) AVEC ISOLATION EN VRAC

Illustration	
Définition	<p>Le préfabriqué, c'est un ensemble de paroi, voire même des locaux, sinon des bâtiments entiers, qui sont construits par le fabricant en tant qu matériau de construction et apportés sur le site de construction dans un second temps seulement. Pour prendre une métaphore, le préfabriqué est au Légo® ce que le type de construction plus conventionnel est au Mécano®, avec beaucoup plus de pièces.</p> <p>Par opposition au bois constitutif, le mur à ossature bois (MOB) permet d'installer plus d'isolation.</p>
Généralités, avantages	<p>En France, le marché du préfabriqué est en pleine expansion depuis quelques années. En effet, il a l'avantage d'être généralement plus économique et plus rapide à la mise en œuvre. Le préfabriqué se veut écologique étant donné d'une part qu'il s'agit d'un argument commercial supplémentaire et d'autre part que le préfabriqué industriel permet la mise en œuvre plus économique de matériaux écologiques, souvent plus chers.</p> <p>Le préfabriqué présente une grande variété de produits. Les deux grands marchés sont ceux qui visent les gains économiques et ceux qui visent la performance thermique. Cette dernière catégorie de marché présente souvent des produits avec des couches d'isolants jusqu'à 20 cm d'épaisseur et des menuiseries triple vitrage.</p> <p>Les marchés conventionnels reprochent à ce préfabriqué miraculeux d'oublier trop souvent les ponts thermiques entre 2 éléments préfabriqués.</p>
Coût moyen	De rien jusqu'à 10% de gains économiques par rapport aux systèmes conventionnels.
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années, variable selon la qualité de la conception.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans les filières respectives des matériaux composant le préfabriqué, si ceux-ci sont démontables.
Sources	<p>Ensemble : issu du cours de Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17)</p> <p>Illustration en haut à gauche : <a href="http://www.charpentes-francaises.fr/wp-content/uploads/2011/06/Guide-Ossature-Bois-102009.pdf">http://www.charpentes-francaises.fr/wp-content/uploads/2011/06/Guide-Ossature-Bois-102009.pdf</a></p>

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

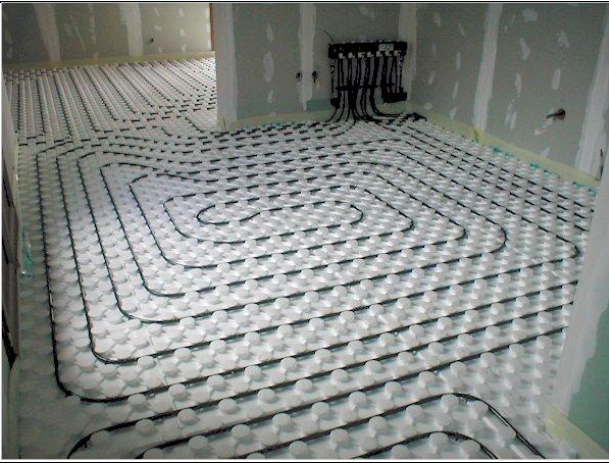
## PLANCHERS CHAUFFANTS ELECTRIQUES

Illustration	
Principe	<p>Le plancher chauffant, c'est une résistance électrique, autrement dit un radiateur, posé sur un isolant thermique, au plancher avant de couler le béton. Le plancher chauffant est un sol / radiateur. L'isolant thermique permet de conserver la chaleur pour que plus de calories soient transférés vers le haut.</p>
Généralités, avantages	<p>Le plancher chauffant est une solution technique de performance énergétique, et à moindre coût qui n'est plus un secret pour les bureaux d'études qui les recommandent de plus en plus. Le plancher chauffant a une bonne durée de vie et ne nécessite pas d'entretien.</p>
Coût moyen	<p>Compter environ 10 € par m<sup>2</sup>.</p>
Durée de vie	<p>Jusqu'à plusieurs siècles. L'intérêt est d'avoir une durée de vie dépassant celle du bâtiment.</p>
Gestion souhaitable des déchets	<p>Lors de la déconstruction, la séparation du béton et de la résistance électrique sera un problème. Sur ce point, écologique ne rime pas nécessairement avec économique.</p>
Sources	<p>Illustration :  <a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=D1ThqIBHhZ7qJM:&amp;imgrefurl=http://www.isolation-et-chauffage.com/tag/plancher/&amp;docid=9oMXfYDBEwdzOM&amp;imgurl=http://www.isolation-et-chauffage.com/wp-content/uploads/2010/06/planchers-chauffants-reversibles-avantages.jpg&amp;w=600&amp;h=450&amp;ei=AhQtUOOuCOeT0QXlg4C4DA&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=673&amp;vpy=251&amp;dur=6545&amp;hovh=194&amp;hovw=259&amp;tx=218&amp;ty=157&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=137&amp;tbnw=174&amp;start=0&amp;ndsp=19&amp;ved=1t:429,r:16,s:0,i:123">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=D1ThqIBHhZ7qJM:&amp;imgrefurl=http://www.isolation-et-chauffage.com/tag/plancher/&amp;docid=9oMXfYDBEwdzOM&amp;imgurl=http://www.isolation-et-chauffage.com/wp-content/uploads/2010/06/planchers-chauffants-reversibles-avantages.jpg&amp;w=600&amp;h=450&amp;ei=AhQtUOOuCOeT0QXlg4C4DA&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=673&amp;vpy=251&amp;dur=6545&amp;hovh=194&amp;hovw=259&amp;tx=218&amp;ty=157&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=137&amp;tbnw=174&amp;start=0&amp;ndsp=19&amp;ved=1t:429,r:16,s:0,i:123</a>            Coûts moyens :  <a href="http://www.google.fr/aclk?sa=l&amp;ai=Chhfy9BctUMC6lrO70AWQ54Ao3szq2QLWI_WTQcb4yxAIABABKANQ3qThc2D7-fyCiAqgAaboh_wDyAEBqQL1K-dTym0PqoEKU_Q9-ulmFQViYKrcHFRXiDWXASfwLFafHE_LqCj6MR5H0CMFCEFRuHw&amp;sig=AO64_0lqVeDmHjGfstd_Oyl9IYJ_6PIOA&amp;ved=0CGUQ0Qw&amp;adurl=http://www.materiel-plomberie.com/5-plancher-chauffant&amp;rct=j&amp;frm=1&amp;q=prix+planchers+chauffants">http://www.google.fr/aclk?sa=l&amp;ai=Chhfy9BctUMC6lrO70AWQ54Ao3szq2QLWI_WTQcb4yxAIABABKANQ3qThc2D7-fyCiAqgAaboh_wDyAEBqQL1K-dTym0PqoEKU_Q9-ulmFQViYKrcHFRXiDWXASfwLFafHE_LqCj6MR5H0CMFCEFRuHw&amp;sig=AO64_0lqVeDmHjGfstd_Oyl9IYJ_6PIOA&amp;ved=0CGUQ0Qw&amp;adurl=http://www.materiel-plomberie.com/5-plancher-chauffant&amp;rct=j&amp;frm=1&amp;q=prix+planchers+chauffants</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## PLANCHERS CHAUFFANT RAFRAICHISSANT


Illustration	
Principe	<p>Le plancher chauffant rafraichissant, également appelé plancher réversible, c'est de l'eau chaude qui circule en hiver et de l'eau froide qui circule en été. Le réseau d'eau, posé sur un isolant thermique, au plancher avant de couler le béton. Le plancher chauffant est un sol / radiateur. L'isolant thermique permet de conserver la chaleur pour que plus de calories soient transférés vers le haut.</p>
Généralités, avantages	<p>Le plancher chauffant est une solution technique de performance énergétique qui permet d'homogénéiser la température au sein d'un bâtiment. L'installation d'un plancher chauffant rafraichissant, c'est une bonne excuse pour acquérir une PAC (Pompe à chaleur). En revanche, si en hiver, ce n'est pas un système de chauffage rentable, en été, c'est l'occasion de rafraichir et de maintenir le confort d'été gratuitement. Concernant l'entretien, il est bi annuel. Les caractéristiques physico-chimiques (pH par exemple) et microbiennes de l'eau joueront sur les coûts de l'entretien.</p>
Coût moyen	<p>Compter environ 40 € par m<sup>2</sup> + les frais d'entretien, variables selon la qualité de l'eau qui circule + la PAC associée.</p>
Durée de vie	<p>Jusqu'à plusieurs siècles. L'intérêt est d'avoir une durée de vie dépassant celle du bâtiment.</p>
Gestion souhaitable des déchets	<p>Lors de la déconstruction, la séparation du béton et de la tuyauterie sera un problème. Sur ce point, écologique ne rime pas nécessairement avec économique.</p>
Sources	<p>Illustration :  <a href="http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.avenir-investir.fr/blog/wp-content/plancher-chauffant-avenir-investir.jpg&amp;imgrefurl=http://www.avenir-investir.fr/blog/?p%3D31&amp;h=450&amp;w=600&amp;sz=73&amp;tbnid=DRTap9SROTQ7FM:&amp;tbnh=91&amp;tbnw=121&amp;zoom=1&amp;usq=_ZudSqz3jCP5fOH6aN0Adtmg8dpE=&amp;docid=b6YKbyqEbwQhSM&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;ei=nRotUMWoEqm30QWmr4HgDA&amp;ved=0CHgQ9QEwAg&amp;dur=1">http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.avenir-investir.fr/blog/wp-content/plancher-chauffant-avenir-investir.jpg&amp;imgrefurl=http://www.avenir-investir.fr/blog/?p%3D31&amp;h=450&amp;w=600&amp;sz=73&amp;tbnid=DRTap9SROTQ7FM:&amp;tbnh=91&amp;tbnw=121&amp;zoom=1&amp;usq=_ZudSqz3jCP5fOH6aN0Adtmg8dpE=&amp;docid=b6YKbyqEbwQhSM&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;ei=nRotUMWoEqm30QWmr4HgDA&amp;ved=0CHgQ9QEwAg&amp;dur=1</a>            Coûts moyens :  <a href="http://www.esc-grossiste.fr/boutique/plancher-chauffant-deville-thermique/4159-plancher-chauffant-rafraichissant-deville-thermique-per-nu-ou-bao-dalles-a-plots-r-17.html">http://www.esc-grossiste.fr/boutique/plancher-chauffant-deville-thermique/4159-plancher-chauffant-rafraichissant-deville-thermique-per-nu-ou-bao-dalles-a-plots-r-17.html</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## TOILETTES SECHES

Illustration	
Définition et principes	<p>Les toilettes sèches, aussi appelées toilettes à compost, toilettes à litière (sèche) ou TLB (Toilettes à Litière Biomaîtrisée), sont des toilettes qui n'utilisent pas d'eau. Il est donc possible de récupérer les excréments pour en faire du compost ou de la biométhanisation. L'urine est rejetée dans le réseau d'eaux grises.</p> <p>Il en existe deux types principaux, celles où les selles et l'urine sont mélangées (la fermentation commence dans le logement) et celles où elles sont séparées (le compostage des selles est initié une fois le bac à crottes sorti).</p>
Généralités, avantages	<p>Les toilettes sèches permettent d'économiser l'eau potable de la chasse. C'est leur principal avantage. Mais elles permettent également le recyclage des selles, par un composteur ou dans des usines de biométhanisation, pour obtenir du biogaz CH<sub>4</sub>. Si le compostage est complet et bien mené, les germes pathogènes contenus dans les matières fécales sont « pasteurisés ». Le mode d'emploi est donné avec le document donné par le lien suivant : <a href="http://eie.hautesfalaises.com/IMG/pdf/Toilettes_seches.pdf">http://eie.hautesfalaises.com/IMG/pdf/Toilettes_seches.pdf</a>. L'urine peut être transformée en eau potable avec une série de 3 à 4 bassins filtrants.</p>
Coût moyen	<p>Compter entre 50 € pour les toilettes les plus rustiques et 500 € pour les toilettes les plus élaborées.</p>
Durée de vie	<p>Comme le bilan carbone ou l'énergie grise, la durée de vie est une donnée environnementale qui peut varier d'un facteur 1000 suivant les modèles.</p>
Gestion souhaitable des déchets	<p>Recyclage du contenant dans la filière plastique s'il s'agit de plastique, recyclage dans les filières bois s'il s'agit de bois, etc.</p>
Sources	<p>Ensemble : <a href="http://fr.wikipedia.org/wiki/Toilettes_s%C3%A8ches">http://fr.wikipedia.org/wiki/Toilettes_s%C3%A8ches</a>  + <a href="http://eie.hautesfalaises.com/IMG/pdf/Toilettes_seches.pdf">http://eie.hautesfalaises.com/IMG/pdf/Toilettes_seches.pdf</a>  Coût moyen : <a href="http://www.initiative-environnement.org/les-toilettes-seches-de-nicolas">http://www.initiative-environnement.org/les-toilettes-seches-de-nicolas</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## BASSINS ENTERRES DE RETENTION D'EAU

Illustration	
Définition, principe	<p>Le principe des bassins enterrés de rétention d'eau est de stocker l'eau susceptible d'être réemployée pour l'arrosage, la chasse d'eau, le nettoyage des bâtiments et accessoirement pour le lave-linge. Les eaux de pluie ne nécessitent presque aucun traitement (dégrilleur, ainsi que déboureur pour les eaux souillées) tandis que les eaux usées nécessitent un traitement plus lourd (système de traitement non collectif) et ne sont pas toujours dirigées vers le bassin de rétention.</p>
Généralités, avantages	<p>Les bassins de rétention sont écologiques, car ils permettent de récupérer des eaux qui permettent de ne pas consommer de l'eau potable pour certains usages. Les solutions techniques d'installation de bassins de rétention d'eau dépendent beaucoup de la conception initiale des voiries et réseaux divers avant la construction d'un bâtiment. Le bassin sera aménagé suivant plusieurs critères : la géologie du terrain (relief, nappes phréatiques), la météorologie, la consommation prévisionnelle en eau, le traitement autonome ou non des eaux usées, le rattachement ou non aux réseaux collectifs, le dimensionnement des VRD, etc.</p>
Coût moyen	<p>Variable. Pour le seul bassin de 10 m<sup>3</sup>, compter 500 € par m<sup>3</sup>. Rajouter 30 € par ml (mètre linéaire) de caniveaux, puis pour les réseaux sous-terrains 150 € par ml pour un diamètre de 500 mm, 750 € par regard, 500 € par bouche avaloir, 5 € par ml pour l'étanchéité, 15 € par m<sup>3</sup> pour le terrassement et l'évacuation, 15 € par m<sup>2</sup> pour l'étanchéité, 4 000 € pour le déversoir à orages, et 1 500 € de raccordement aux réseaux publics. Soit au total pour le bassin de 10 m<sup>3</sup> environ le triple des 500 € par m<sup>3</sup>.</p>
Durée de vie	<p>Plusieurs dizaines d'années, variable selon l'entretien (vidanges, par exemple).</p>
Gestion souhaitable des déchets	<p>S'il s'agit de plastique : recyclage dans la filière plastique du correspondante (Il s'agit souvent de PVC, polyéthylène ou PEHD). S'il s'agit de béton : recyclage en granulats de béton pour intégrer à la composition de nouveau béton ou pour un remblai.</p>
Sources	<p>Ensemble : issu du cours de Philippe MUSIAL, <i>Gestion Alternative de l'eau</i> (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, Unité d'Enseignement 20)          Coûts moyens :  <a href="http://www.adopta.fr/site/index2.php?option=com_docman&amp;task=doc_view&amp;id=16&amp;Itemid=30">http://www.adopta.fr/site/index2.php?option=com_docman&amp;task=doc_view&amp;id=16&amp;Itemid=30</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## ECOL'EAUMUR®

Illustration	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Largeur 2,1m x Hauteur 1,80 m</li> <li>• Opaque</li> <li>• 2 motifs au choix</li> <li>• Facile à installer</li> <li>• Végétalisable</li> </ul>  <p style="text-align: right;"><b>Une réserve d'eau autonome</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De 800 à 40 000 litres</li> <li>• Avec un collecteur d'eau de pluie</li> <li>• Raccordable aux toitures</li> <li>• Livré avec ses accessoires</li> </ul> <p style="text-align: right;"><small>ECOL'EAUMUR</small></p>
Localisation	Breveté, l'écol'eaumur® sera fabriqué en France.
Généralités, avantages	L'écol'eaumur® est un mur opaque destiné à poser en limites de propriété. Bien que composé à 100% de polyéthylène (plastique), l'écol'eaumur® peut être considéré écologique dans le sens où il permet de collecter l'eau de pluie (notamment des toitures) et faire des réserves, jusqu'à 800 litres pour 2,1 mètres de largeur, 40 cm d'épaisseur et 1,8 mètre de hauteur. Il est composé de polyéthylène.
Coût moyen	332,78 € HT, soit 398 € TTC par unité, soit 200 € par m.
Bilan carbone	De l'ordre de 300 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par unité, soit 600 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par m.
Energie grise	De l'ordre de 100 kWh par unité, soit 200 kWh par m.
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années, variable selon l'entretien.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière plastique du polyéthylène.
Sources	Illustrations : <a href="http://www.cloture-citerne-eau-pluie.com/presentation.ws">http://www.cloture-citerne-eau-pluie.com/presentation.ws</a> Autres informations : 06 45 76 67 06 (téléphone du producteur)

Mais il existe de nombreux autres éco-structures et éco-équipements.

Bien que ceux-ci ne soient pas considérés comme des matériaux dans une définition puriste, ils restent des éléments de l'éco-construction, donc des éco-matériaux.

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 2.2.7. DE LA QUALITE D'ECO-EQUIPEMENTS

Bien sûr, la notion d'éco-construction passe par les éco-matériaux, les procédés écologiques de mise en œuvre de ces éco-matériaux et les systèmes de construction écologiques. A cela s'ajoutent les éco-équipements et la conception du bâtiment dans son ensemble.



*Figure 24 : De la qualité d'éco-équipements*

En effet, les 14 cibles environnementales de l'éco-construction selon les référentiels HQE® ainsi que le respect de la biodiversité, forment les 15 préoccupations environnementales susceptibles d'être prises en considération dans le SMO. Les voici :

- **Eco-construction :**
  - **1. Relation harmonieuse du bâtiment dans son environnement immédiat ;**
  - **2. Choix intégré des procédés et produits de construction ;**
  - **3. Chantier à faibles nuisances ;**
- **Eco-gestion :**
  - **4. Gestion de l'énergie ;**
  - **5. Gestion de l'eau ;**
  - **6. Gestion des déchets d'activité ;**
  - **7. Gestion de l'entretien et de la maintenance ;**
- **Confort :**
  - **8. Confort hygrothermique ;**

AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

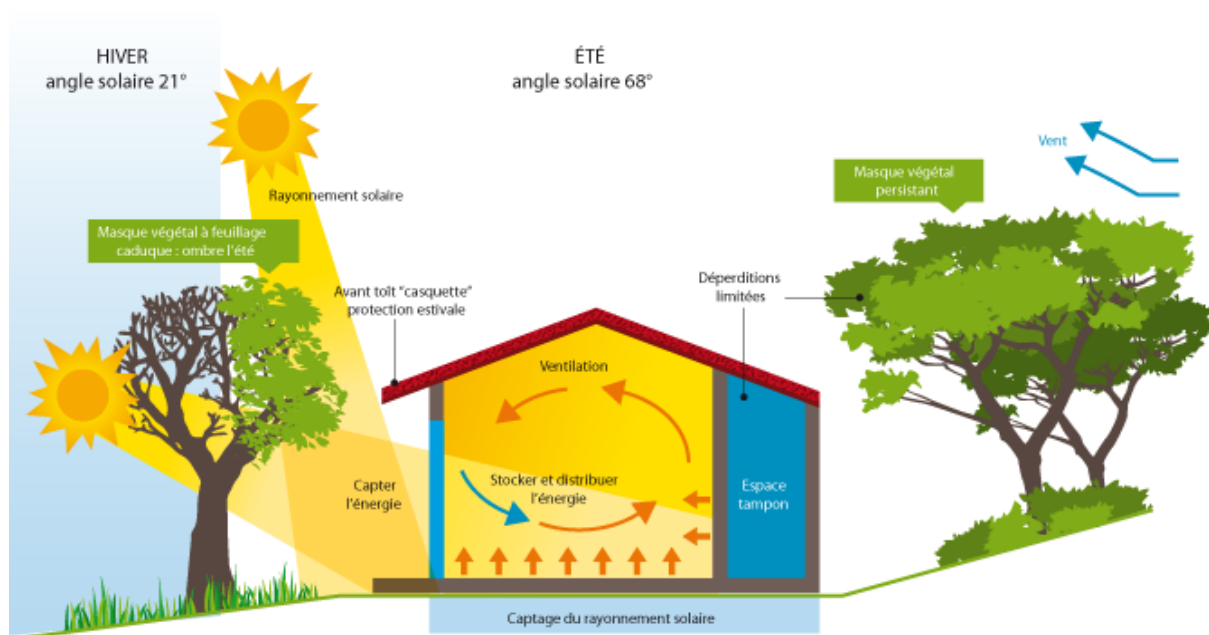
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

- 9. Confort acoustique ;
- 10. Confort visuel ;
- 11. Confort olfactif ;
- Santé :
  - 12. Qualité sanitaire des espaces ;
  - 13. Qualité sanitaire de l'air ;
  - 14. Qualité sanitaire de l'eau ;
- Biodiversité (pas de système de mesure).

Concrètement, pour les respecter, il existe les règles de l'art de la conception de la construction, comme l'architecture bioclimatique, mais aussi les éco-équipements.



L'architecture bioclimatique, c'est tout un art. En résumé, cela revient à concevoir des bâtiments adaptés aux aléas climatiques. Les règles sont aussi nombreuses que cohérentes les unes par rapport aux autres :

- ✓ Favoriser les formes compactes des bâtiments ;
- ✓ Favoriser le sentiment d'espace, de luminosité et d'esthétique ;
- ✓ Favoriser les ouvrants et la végétation au sud ;
- ✓ Favoriser l'esprit Négawatt (sobriété énergétique), l'efficacité énergétique ainsi que les ENR (énergies nouvelles et renouvelables) ;
- ✓ Favoriser l'absence de ponts thermiques et la présence d'inertie thermique ;

Figure 25 : L'architecture bioclimatique

Parmi les éco-équipements, il y a par exemple les conduits de lumière naturelle. Il s'agit d'un conduit architectural en toiture qui permet de laisser passer la lumière naturelle et évite d'allumer la lumière en plein jour.



*Figure 26 : Photographie d'un conduit de lumière naturelle, de jour*

En parallèle des conduits de lumière naturelle, il est possible, sur certaines toitures, d'installer de simples fenêtres. Dans l'idée d'obtenir de la lumière sans dépenser trop d'énergie, il existe également les ampoules à basse consommation, qui peuvent être associés à des minuteurs et à des détecteurs de présence.



*Figure 27 : Ampoule basse consommation et détecteur de présence*



Toujours pour concilier les thématiques de l'énergie et de l'esthétique, il y a les vérandas, les serres bioclimatiques ainsi que les capteurs à air qui fonctionnent de la même manière. Le principe est simple : l'air frais entre par en bas et l'air réchauffé ressort par en haut. A partir de là, l'hiver, l'air froid extérieur rentre par en bas et ressort dans le bâtiment après réchauffement. L'été, un clapet permet de rediriger l'air réchauffé non plus vers l'intérieur du bâtiment mais vers l'extérieur. C'est donc un très bon système pour le confort d'été.

Mais cette chaleur stockée, à Amsterdam, des Néerlandais l'ont associée avec des échangeurs de chaleur, ce qui leur a permis d'économiser plus d'un tiers de leurs besoins de chaleur.

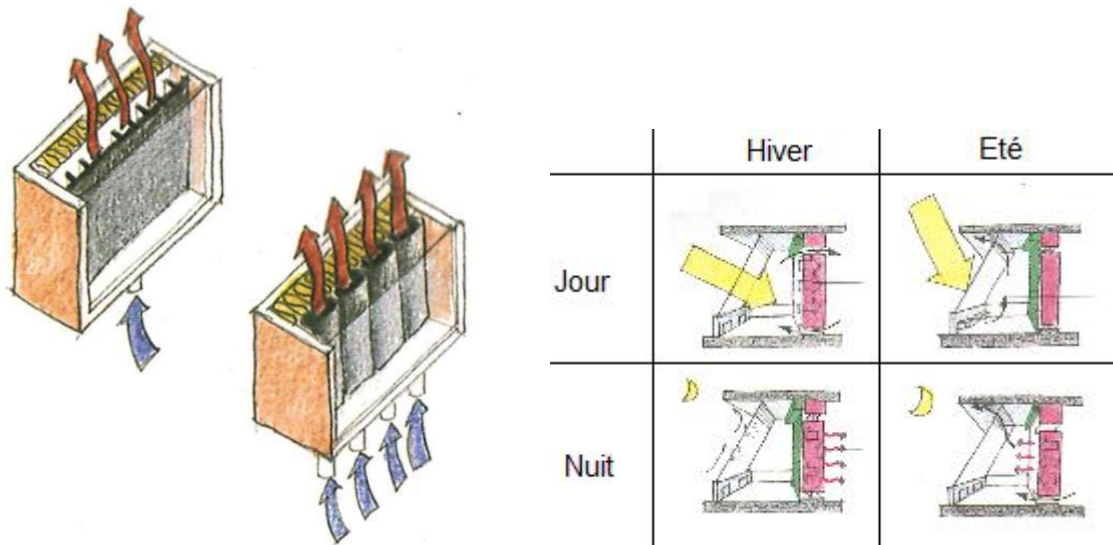


Figure 28 : Schéma de fonctionnement des capteurs à air et d'une serre bioclimatique

Il existe également d'autres éco-équipements de production d'ENR (énergies nouvelles et renouvelables) plus célèbres. Il y a par exemple les panneaux solaires, intégrés ou non à la structure même des bâtiments. Le photovoltaïque permet de transformer l'énergie du Soleil en électricité tandis que le solaire thermique permet de la transformer en chaleur.

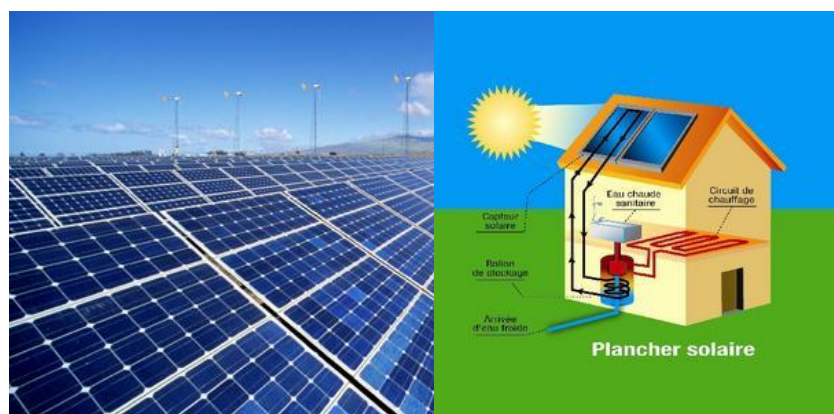


Figure 29 : Illustrations de l'exploitation de l'énergie solaire

AR ARCHITECTES  
 SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Mais outre l'énergie solaire, les bâtiments peuvent recevoir l'énergie des fluides. L'énergie mécanique, d'abord, avec les éoliennes disponible en toiture des bâtiments, comme avec le projet sur le toit du bâtiment E du site de Neuville de l'Université de Cergy-Pontoise ; comme également avec les moulins traditionnels, par exemple.



*Figure 30 : L'énergie éolienne, énergie disponible pour certains bâtiments*

Mais les énergies des fluides, c'est aussi l'énergie thermique qui peut être récupérée par exemple par des échangeurs de chaleur, qui ne demandent pas de consommation d'électricité, contrairement aux PAC (pompes à chaleur). Les fluides concernés peuvent aussi bien être l'air vicié sortant que les eaux usées.

Parmi les éco-équipements, il y a ainsi les VMC (ventilations mécaniques contrôlées). Le principe est d'évacuer l'air vicié par les pièces humides, notamment pour des raisons d'hygiène hygrométrique. Il existe de nombreux types de VMC, mais les plus rencontrées sont les VMC simple flux hygro-réglables (dont le débit est réglé en fonction de l'hygrométrie), les VMC simple flux auto-réglables (dont le débit est réglé suivant la volonté du gérant du bâtiment) et les VMC double flux, plus difficiles à installer en réhabilitation. Un bâtiment qui conçoit l'intégration d'une VMC double flux présentera l'avantage de pouvoir contenir un échangeur de chaleur entre l'air entrant et l'air sortant. L'air entrant pourra même être pré-réchauffé par un système de production d'ENR tel qu'un puits canadien, comme sur la station d'épuration de Beynes (Yvelines) ou encore tel qu'une pompe à chaleur.

#### **AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

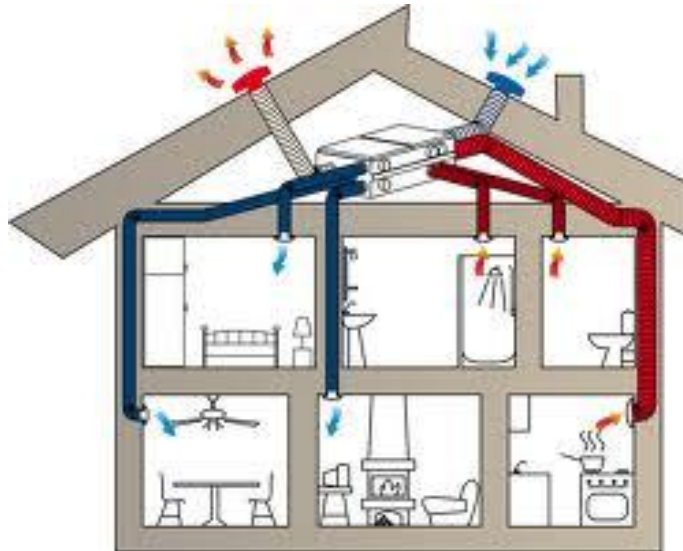
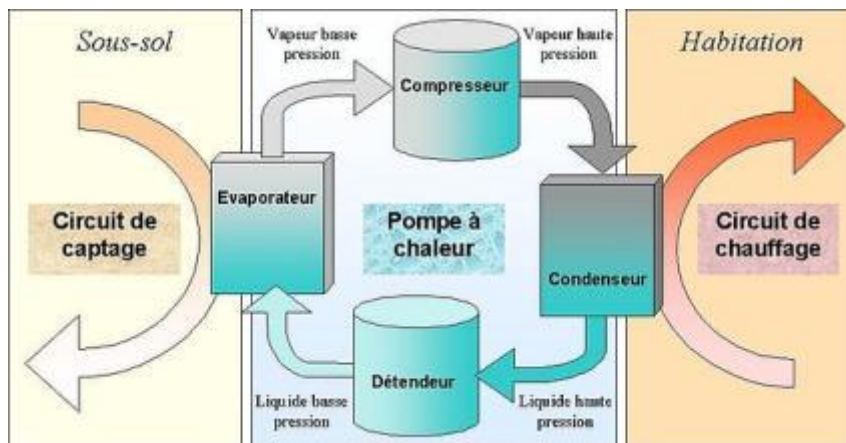


Figure 31 : Schéma des flux d'air au sein d'un système de VMC double flux

La PAC, ou pompe à chaleur, est une machine dont le principe de fonctionnement avec ses cycles thermodynamiques est connu depuis longtemps. Nos réfrigérateurs fonctionnent avec des PAC intégrées. Le principe est de jouer avec les relations physiques que sont les conditions de pression et de température pour transférer des calories d'un milieu même plus froid vers un milieu plus chaud. En effet, il s'agit souvent de refroidir des fluides (gaz ou liquides) froids et de réchauffer des fluides plus chauds.



L'évaporateur permet de prendre des calories au circuit de captage. Autant de calories qui seront délivrés dans l'habitation via le condensateur. Pour compresser la vapeur, il faudra l'énergie mécanique qui ne sera pas délivrée à 100% par le détendeur.

Figure 32 : Schéma de cycles thermodynamiques pour réchauffer un bâtiment

Toutes les pompes à chaleur n'ont pas les mêmes COP (coefficients d'efficacité). Lorsqu'il s'agit de réchauffer grâce au condensateur, le COP correspond à l'énergie thermique gagnée divisée par l'énergie électrique dépensée pour combler la différence de la consommation par le compresseur et des gains avec le détendeur.

En clair, une PAC dont le COP est inférieur à 100% n'est pas rentable et une PAC dont le COP est inférieur à 258% n'est pas considérée comme productrice d'ENR (2,58 correspond au rapport de l'énergie primaire de l'électricité, qui est nécessaire à sa production, par l'énergie finale, qui arrive à destination). Mais les PAC les plus performantes ont un bon COP, de l'ordre de 700% à 800%.

Il existe trois grands types de PAC :

- Les PAC aérothermiques où les calories sont captés dans l'air ;
- Les PAC aquathermiques où les calories sont captés dans l'eau (c'est le cas de la PAC avec plaques à échangeur de chaleur de Beynes) ;



Figure 33 : Schéma de PAC aquathermique

- Les PAC géothermiques où les calories sont captés dans le sol. Pour ce dernier cas :
  - les tuyaux de la PAC peuvent être installés à l'horizontale ;
  - les tuyaux de la PAC peuvent être installés à la verticale. Cela est possible sur un plus petit terrain mais cela coûte plus cher.

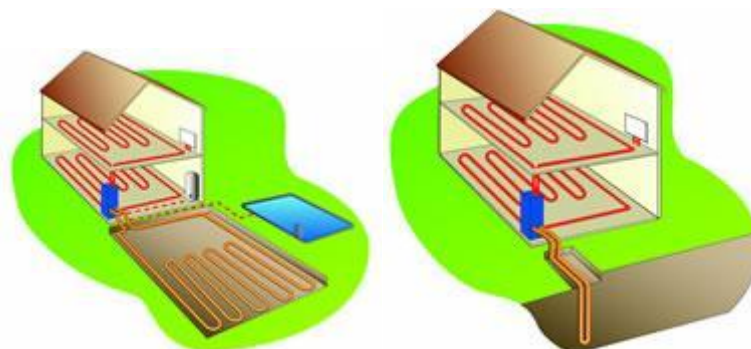


Figure 34 : Schéma de PAC géothermiques

AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



Malgré le bruit qu'elles génèrent, les PAC ont une grande autonomie par rapport à la conception du bâtiment et présentent l'avantage d'être un produit économiquement rentable.

Mais parmi les technologies connues et classiques d'ENR, il y a également la géothermie. Par géothermie, il est parfois sous-entendu une géothermie collective : le pompage de l'eau de nappes phréatiques profondes (à partir de 600 mètres et jusqu'à 2 à 3 km).

A l'est de la Région Parisienne, par exemple, il est possible de creuser environ 1,5 km pour atteindre la couche du Dogger avec une eau à environ 70°C.

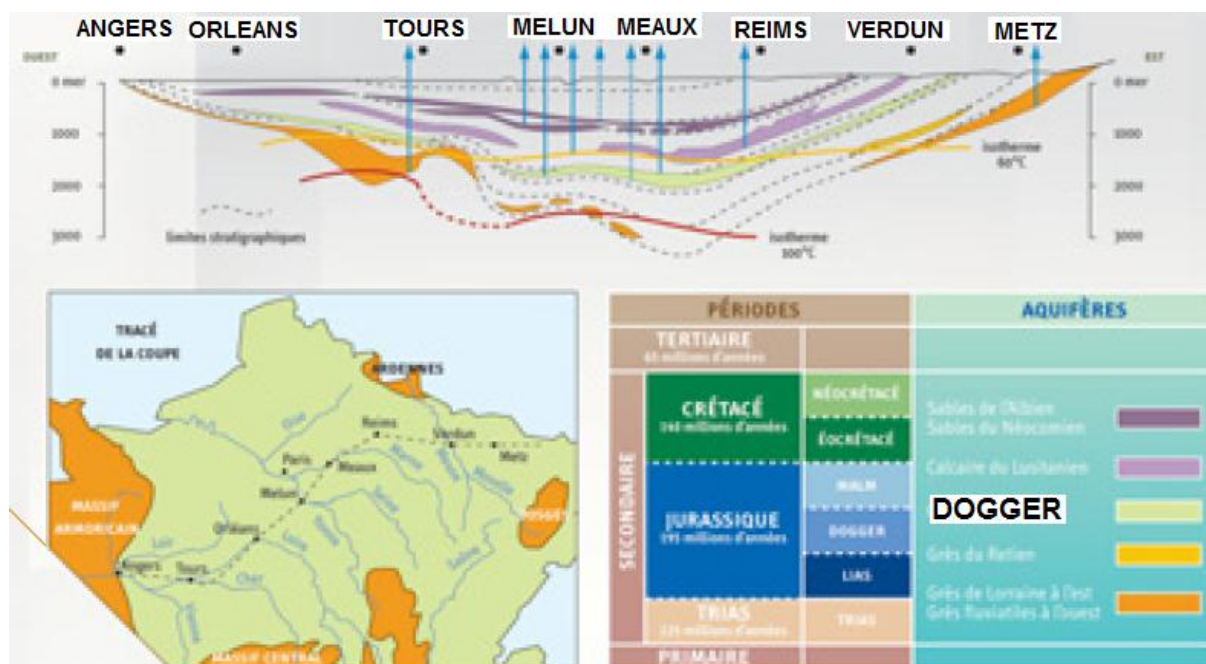


Figure 35 : Coupe géologique montrant la profondeur du Dogger en Ile-de-France

Après exploitation thermique, l'eau pompée est réinjectée un peu plus loin dans la nappe. Le débit d'extraction de cette eau doit être limité suivant la capacité estimée de la nappe

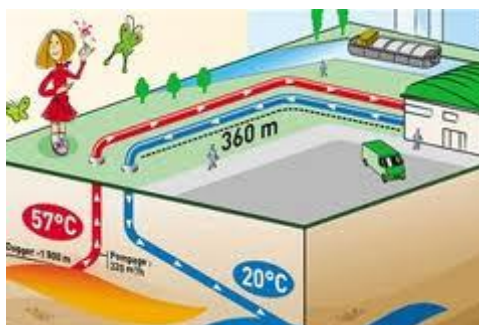


Figure 36 : Illustration du circuit fermé de l'eau de la nappe exploitée du Dogger

AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



Par opposition à cette géothermie à circuit fermé, il existe la géothermie géo-solaire. Le principe est de récupérer en hiver la chaleur accumulée par la terre durant l'été et de récupérer la fraîcheur accumulée par la terre durant l'hiver. Le premier des systèmes utilisant la géothermie, c'est le puits canadien. Il s'agit d'un tuyau en faible pente qui fait circuler l'air entrant sous terre avant d'arriver à l'intérieur du bâtiment.

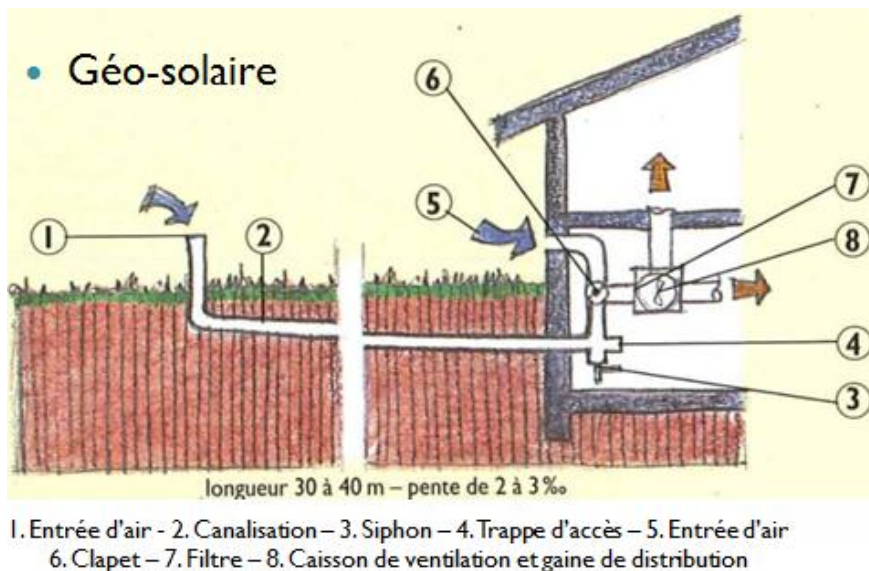


Figure 37 : Schéma de fonctionnement d'un puits canadien

Un autre éco-équipement, il s'agit de la chaudière à condensation. Le principe est de récupérer les gaz (par exemple les gaz de combustion du bois énergie) afin de pré-réchauffer les eaux de retour du radiateur.

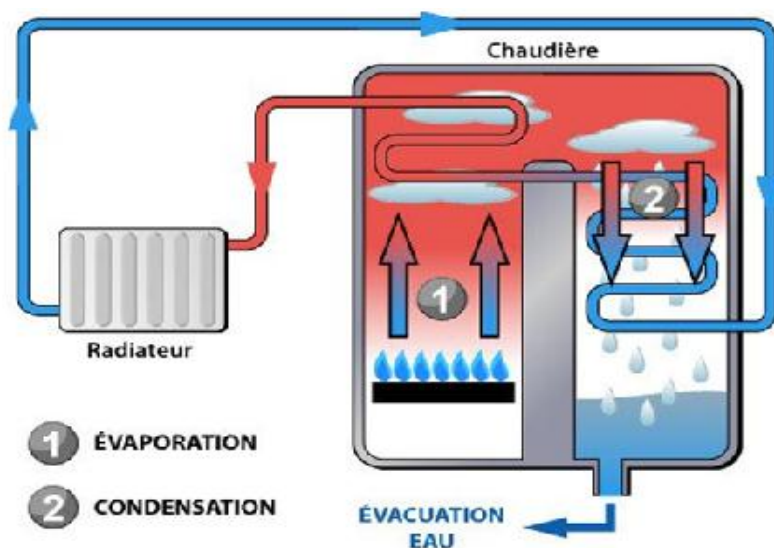


Figure 38 : Schéma de chaudière à condensation

Il existe de nombreux autres éco-équipements liés à la combustion de la biomasse, et notamment liés au bois énergie. Il y a par exemple le poêle à bois, qui fonctionne avec des bûches. Son faible coût séduit.



Figure 39 : Illustrations de poêle à bois

Mais il y a également, pour les filières collectives le chauffage aux plaquettes de bois (issues du broyage du bois de coupes, de déchets, du recyclage, etc). Mais pour les bâtiments, séparément, il existe également le chauffage au bois avec des granulés, aussi appelés « pellets ». Fait avec du bois recyclé, son inconvénient, c'est son coût élevé, notamment pour recharger les granulés.



Figure 40 : Illustration de granulés de bois, ou « pellets »

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Un autre éco-équipement existe et ne sert pas à créer de l'énergie. Il s'agit du bac à compost. Le compostage permet de transformer des déchets organiques en terreau fertile.



*Figure 41 : Photographie d'un bac à compost*

Installé par exemple dans le jardin, le bac à compost n'émet pas d'odeur nuisible si le rapport entre matières carbonées et matières sèches est bien respecté (le rapport est de l'ordre de 20 carbones pour 1 azote).

Les matières carbonées, ce sont principalement les déchets Bruns, Durs et Secs, comme par exemple les branches, feuilles mortes, la paille, les branches broyées, le papier, le carton. Ils contiennent beaucoup plus de carbone que d'azote. Par opposition, les déchets azotés, ce sont principalement les déchets Verts, Mous et Mouillés, comme les épluchures de fruits, les restes de légumes et tonte de gazon.

Tous les composts n'ont pas la même qualité. Il est même parfois possible de faire du compost à l'intérieur d'un bâtiment, avec le lombricompostage (compostage avec des vers de terre), qui permet une accélération du process. Certains composts peuvent même compter comme matière azotée les selles de toilettes sèches.

Le bac à compost peut aussi bien être séparatif ou mutualisés.

Comme pour le compostage, la mutualisation des systèmes de production de chaleur permet des économies de travaux, mais elle permet également et une meilleure efficacité

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

énergétique. Outre la géothermie, il y a l'énergie thermique issue des UIOM (usines d'incinération des ordures ménagères), de la méthanisation des déchets ménagers et apparentés, de la récupération de la chaleur des eaux usées d'une ville ou encore de la cogénération qui sont plus rentables à l'échelle de plusieurs bâtiments, par exemple à l'échelle d'un quartier, d'une ZAC (Zone d'aménagement concertée). Cette chaleur ainsi produite passe ensuite par des réseaux de distribution qu'il faut raccorder aux bâtiments.



Figure 42 : Schéma de réseaux de distribution de chaleur

Et c'est là que sur le plan économique, l'approche de l'intégration du bâtiment dans son environnement immédiat devient intéressante. Outre la méthode connue d'associer une seule PAC pour un bâtiment qui a besoin de froid (exemple commerce de vente de surgelés) et un bâtiment qui a besoin de chaleur (exemple boulangerie), il est possible d'associer plusieurs technologies au sein d'un même et seul bâtiment, comme le couplage solaire thermique et PAC géothermique, pour « enfouir » les calories du jour et les « réserver » pour la nuit.

## 2.2.8. D'AUTRES ECO-MATERIAUX



Les éco-matériaux et éco-équipements présentés précédemment ne représentent qu'une liste non exhaustive représentative des meilleurs produits pour l'éco-construction. Mais les innovations sont permanentes et de nouveaux éco-matériaux, de nouveaux procédés de construction et de nouveaux systèmes constructifs apparaissent tous les jours.

Pour avoir une idée de tout l'existant ainsi que de toutes les nouveautés, il existe de nombreux ouvrages et de nombreux sites internet. Mais aucun ne se permet de faire un inventaire à 100% complet. A titre indicatif, voici quelques sources de documentation :

- La base de donnée INIES qui répertorie toutes les FDES (fiches de déclaration environnementale et sanitaire) existantes : [www.inies.fr](http://www.inies.fr) ;
- Le site des espaces Info-Energie de France : [www.infoenergie.org](http://www.infoenergie.org) ;
- Le site de l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) : [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr) ;
- Des indications de propriétés de matériaux, des informations techniques, financières et réglementaires [isolation.comprendrechoisir.com/comprendre](http://isolation.comprendrechoisir.com/comprendre) ;
- Le site de Point P, devenu expert en développement durable : [www.pointp.fr](http://www.pointp.fr) ;
- De nouveaux éco-matériaux présentés à l'occasion du concours de l'ADREAM : [www.adream2012.eu/fr/material-fr](http://www.adream2012.eu/fr/material-fr) ;

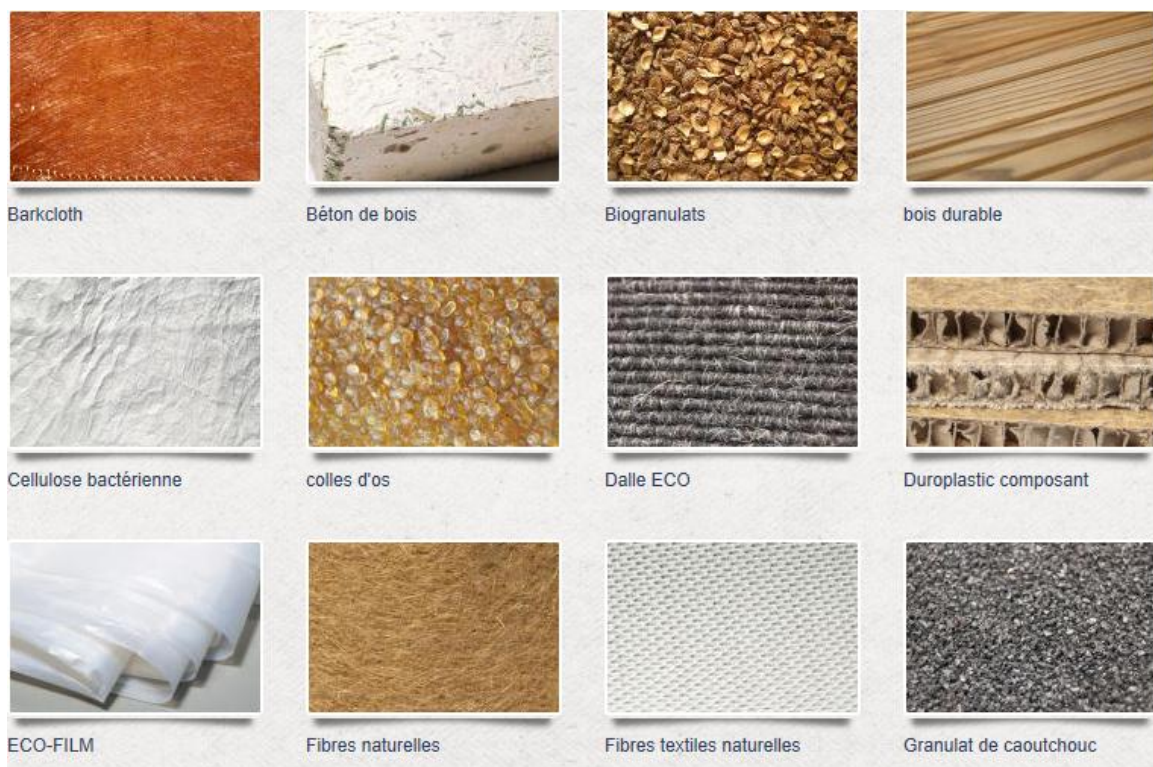


Figure 43 : Exemples d'éco-matériaux innovants présentés au Concours de l'ADREAM


### 2.3. ECO-MATERIAUX DES DOM-TOM

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)




## LAINES DE COCO

Illustration	
Localisation	Les cocotiers poussent naturellement dans les régions tropicales.
Généralités, avantages	D'origine renouvelable et biodégradable, la laine de coco est fabriquée à partir de la bourre qui entoure la noix de coco.
Coefficient de transfert thermique	$0.047 \text{ W/m/K} < \lambda < 0.05 \text{ W/m/K}$ .
Coût moyen	De l'ordre de 600 € par mètre cube, soit 6 € par mètre carré pour 1 cm d'épaisseur.
Bilan carbone	De l'ordre de 300 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> .
Energie grise	De l'ordre de 1000 kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> par mètre cube.
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années, variable selon l'entretien.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage par amendement des terres.
Sources	<p>Illustrations :</p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=Knv_VMEQXYNIvM:&amp;imgrefurl=http://www.politiclub.net/t5303-une-maison-bien-isolee-mais-naturelle&amp;docid=ze2zNfNgqUNF8M&amp;imgurl=http://www.futura-sciences.com/uploads/RTEmagicC_Figure-82.jpg.jpg&amp;w=400&amp;h=259&amp;ei=7ZljUMqnMsOR0AX-4ICADA&amp;zoom=1">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbm=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=Knv_VMEQXYNIvM:&amp;imgrefurl=http://www.politiclub.net/t5303-une-maison-bien-isolee-mais-naturelle&amp;docid=ze2zNfNgqUNF8M&amp;imgurl=http://www.futura-sciences.com/uploads/RTEmagicC_Figure-82.jpg.jpg&amp;w=400&amp;h=259&amp;ei=7ZljUMqnMsOR0AX-4ICADA&amp;zoom=1</a></p> <p>Coefficient de transfert thermique :</p> <p><a href="http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page_16518.htm?reload">http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page_16518.htm?reload</a></p>

## GLACE

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Illustration	
Localisation	Territoires d'outre-mer au climat froid. Par exemple, Terre Adélie.
Généralités, avantages	La glace est un matériau d'origine renouvelable. Sa fin de vie possible en été ne nécessite pas la moindre dépense énergétique.
Coefficient de transfert thermique	$\lambda = 0,15 \text{ W/m/K}$ .
Coût moyen	332,78 € HT, soit 398 € TTC.
Bilan carbone	Nul à plus élevé suivant la mise en œuvre.
Energie grise	Nulle à plus élevée suivant la mise en œuvre.
Durée de vie	Variable suivant la météorologie.
Gestion souhaitable des déchets	Laisser fondre naturellement.
Sources	<p>Illustrations :</p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=dzbXKaEja9Rr6M:&amp;imgrefurl=http://www.aetcanyoning.com/raquettes%2520igloo%2520j.htm&amp;docid=J--Oz4viS2dopM&amp;imgurl=http://www.aetcanyoning.com/image%252520raquette%252520igloo/igloo%252520seul.jpg&amp;w=400&amp;h=348&amp;ei=FZojULzMK4rG0QW_04DAAq&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=284&amp;vpy=170&amp;dur=18&amp;hovh=209&amp;hovw=241&amp;tx=92&amp;ty=90&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=123&amp;tbnw=141&amp;start=0&amp;ndsp=19&amp;ved=1t:429,r:1,s:0,i:116">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=dzbXKaEja9Rr6M:&amp;imgrefurl=http://www.aetcanyoning.com/raquettes%2520igloo%2520j.htm&amp;docid=J--Oz4viS2dopM&amp;imgurl=http://www.aetcanyoning.com/image%252520raquette%252520igloo/igloo%252520seul.jpg&amp;w=400&amp;h=348&amp;ei=FZojULzMK4rG0QW_04DAAq&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=284&amp;vpy=170&amp;dur=18&amp;hovh=209&amp;hovw=241&amp;tx=92&amp;ty=90&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=123&amp;tbnw=141&amp;start=0&amp;ndsp=19&amp;ved=1t:429,r:1,s:0,i:116</a></p> <p>Coefficient de transfert thermique :</p> <p><a href="http://www.ryounes.net/cours/conduction.pdf">http://www.ryounes.net/cours/conduction.pdf</a></p>

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

### 3. LES ECO-MATERIAUX A L'INTERNATIONAL

La plupart des éco-matériaux sont disponibles en France. Mais certains matériaux sont plus écologiques, ou plus disponibles à l'étranger.

Pour illustrer cette affirmation, un focus sera fait sur deux régions du monde : les Pays Arabes et la Chine.

#### 3.1. PAYS ARABES

Les Pays Arabes, du Nord-Ouest de l'Afrique aux Pays du Golfe, représentent un territoire très vaste. C'est la raison pour laquelle l'ensemble de ces régions disposent de nombreux éco-matériaux. Petits exemples loin d'être exhaustifs...

##### 3.1.1. FICHES ECO-MATERIAUX POUR L'ENSEMBLE DES PAYS ARABES


###### ROCHE SEDIMENTAIRE

Illustration	
Origine	Il s'agit de roches issues de la lithification de sédiments en roche.
Généralités et avantages	Matériau traditionnel utilisé dans les arts vernaculaires du Liban, la roche sédimentaire est d'origine locale, a un bon bilan carbone et une faible énergie grise. Les murs de pierre naturelle de 30 cm d'épaisseur sont courants au Liban et dans l'ensemble du Moyen-Orient.
Bilan carbone	De l'ordre de 110 kg équivalent CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 400 kWh/m <sup>3</sup> .
Coût moyen	De l'ordre de 500 € HT par m <sup>2</sup> .
Durée de vie	Plusieurs siècles.
Gestion souhaitable des déchets	Réemploi.
Sources	Illustration : <a href="http://www.6climats6habitats.com/liban.htm">http://www.6climats6habitats.com/liban.htm</a>

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## GRANIT ET LE MARBRE

Illustration	
Origine	Le granit est une roche magmatique, tandis que le marbre est une roche métamorphique, d'où la sinuosité de ses veines.
Généralités	Utilisés pour la décoration extérieure et intérieure, ainsi que pour les salles d'eau, le granit et le marbre sont des pierres naturelles plus chères que la roche sédimentaire.
Conductivité thermique	$1,7 \text{ W/m/K} < \lambda < 4 \text{ W/m/K}$ . Ce n'est pas un isolant thermique. Même s'il apporte de l'inertie.
Bilan carbone	De 250 kg équivalent $\text{CO}_2$ par $\text{m}^3$ pour le marbre à 1000 kg équivalent $\text{CO}_2$ par $\text{m}^3$ pour le granit.
Energie grise	De l'ordre de $600 \text{ kWh/m}^3$ .
Coût moyen	Environ 10 000 € à 15 000 € HT par $\text{m}^3$ .
Durée de vie moyenne	Des centaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Réemploi. Recyclage en pierres de gabions.
Sources	<p>Illustration :</p> <p><a href="https://www.google.fr/search?q=images+granit&amp;hl=fr&amp;prmd=imvns&amp;tbm=isch&amp;tbo=u&amp;source=univ&amp;sa=X&amp;ei=q_S8T8ubOMy98gOTt6XgBg&amp;ved=0CH0QsAQ&amp;biw=1192&amp;bih=573">https://www.google.fr/search?q=images+granit&amp;hl=fr&amp;prmd=imvns&amp;tbm=isch&amp;tbo=u&amp;source=univ&amp;sa=X&amp;ei=q_S8T8ubOMy98gOTt6XgBg&amp;ved=0CH0QsAQ&amp;biw=1192&amp;bih=573</a></p> <p>Conductivité thermique :</p> <p><a href="http://gilbert.cabasse.free.fr/bricolage/calculs_thermiques.htm">http://gilbert.cabasse.free.fr/bricolage/calculs_thermiques.htm</a></p> <p>Prix :</p> <p><a href="http://www.pierreetsol.com/Pages/Presentation/presentation%20paves.htm">http://www.pierreetsol.com/Pages/Presentation/presentation%20paves.htm</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## RAVALEMENT EXTERIEUR DE TERRE SABLEUSE :


Illustration	
Origine	Il s'agit de terre sableuse.
Généralités et avantages	Étalée traditionnellement avec une taloche de bois, la terre sableuse permet d'homogénéiser le ravalement extérieur des parois ainsi que de renforcer l'inertie thermique de la paroi.
Bilan carbone	De l'ordre de 8 kg équivalent CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> , soit 0,4 kg équivalent CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 40 kWh/m <sup>3</sup> , soit 2 kWh/m <sup>2</sup> .
Coût moyen	Compter environ 50 € par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Plusieurs siècles.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage après concassage.
Sources	<p>Illustrations :</p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=JTMUTx1f7CPBAM:&amp;imgrefurl=http://www.mul-carriere.fr/article.php%3Farticle%3D01_014&amp;docid=9jxBxrP4cUZ0RM&amp;imgurl=http://www.mul-carriere.fr/catalogue/images/01_014.JPG&amp;w=730&amp;h=487&amp;ei=KVUNUKzNHM6M0wWJ6MG-Cg&amp;zoom=1">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=JTMUTx1f7CPBAM:&amp;imgrefurl=http://www.mul-carriere.fr/article.php%3Farticle%3D01_014&amp;docid=9jxBxrP4cUZ0RM&amp;imgurl=http://www.mul-carriere.fr/catalogue/images/01_014.JPG&amp;w=730&amp;h=487&amp;ei=KVUNUKzNHM6M0wWJ6MG-Cg&amp;zoom=1</a></p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=gzIHgYgqb5NFJOM:&amp;imgrefurl=http://plano.free.fr/2007/2007-2008/experiences_lycee/visite_lycee.html&amp;docid=4tpZYUCIG7LhgM&amp;imgurl=http://plano.free.fr/2007/2007-2008/experiences_lycee/ravinement2.JPG&amp;w=255&amp;h=340&amp;ei=KVUNUKzNHM6M0wWJ6MG-Cg&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=338&amp;vpy=57&amp;dur=72&amp;hovh=259&amp;hovw=194&amp;tx=138&amp;ty=169&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=171&amp;tbnw=125&amp;start=0&amp;ndsp=9&amp;ved=1t:429,r:1,s:0,i:75">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=gzIHgYgqb5NFJOM:&amp;imgrefurl=http://plano.free.fr/2007/2007-2008/experiences_lycee/visite_lycee.html&amp;docid=4tpZYUCIG7LhgM&amp;imgurl=http://plano.free.fr/2007/2007-2008/experiences_lycee/ravinement2.JPG&amp;w=255&amp;h=340&amp;ei=KVUNUKzNHM6M0wWJ6MG-Cg&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=338&amp;vpy=57&amp;dur=72&amp;hovh=259&amp;hovw=194&amp;tx=138&amp;ty=169&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=171&amp;tbnw=125&amp;start=0&amp;ndsp=9&amp;ved=1t:429,r:1,s:0,i:75</a></p> <p>Prix :</p> <p><a href="http://fr.answers.yahoo.com/question/index?qid=20071001055450AA9cC8s">http://fr.answers.yahoo.com/question/index?qid=20071001055450AA9cC8s</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## CHAUX

Illustration	
Origine et composition	La chaux est produite par calcination des roches calcaires locales. La chaux aérienne est plus pure que la chaux hydraulique (jusqu'à 4% de silice).
Généralités et avantages	La chaux est un matériau utilisé dans le double objectif de la qualité visuelle et de la qualité sanitaire des lieux. Ses utilisations dans la construction sont multiples : principalement mortier, ravalement.
Bilan carbone	De l'ordre de 1 kg équivalent CO <sub>2</sub> par m <sup>2</sup> .
Energie grise	De l'ordre de 450 kWh/m <sup>3</sup> , soit 2 kWh/m <sup>2</sup> .
Coût moyen	De l'ordre de 0,25 € à 0,50 € HT par kg, soit 600 € HT par m <sup>3</sup> .
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans la filière bois (exemple : papèterie) Valorisation énergétique avec la filière bois-énergie
Sources	<p>Illustrations :</p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=UQdbYj3sq6y1JM:&amp;imgrefurl=http://fr.wikipedia.org/wiki/Chaux_(mati%25C3%25A8re)&amp;docid=beolagDnOgJzZM&amp;imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e0/Limestone_quarry.jpg/400px-Limestone_quarry.jpg&amp;w=400&amp;h=267&amp;ei=c1MNUKjXPOew0QX32dy8Cg&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=118&amp;vpy=172&amp;dur=8189&amp;hovh=183&amp;hovw=275&amp;tx=146&amp;ty=170&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=173&amp;tbnw=235&amp;start=0&amp;ndsp=10&amp;ved=1t:429,r:0,s:0,i:72">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=UQdbYj3sq6y1JM:&amp;imgrefurl=http://fr.wikipedia.org/wiki/Chaux_(mati%25C3%25A8re)&amp;docid=beolagDnOgJzZM&amp;imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e0/Limestone_quarry.jpg/400px-Limestone_quarry.jpg&amp;w=400&amp;h=267&amp;ei=c1MNUKjXPOew0QX32dy8Cg&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=118&amp;vpy=172&amp;dur=8189&amp;hovh=183&amp;hovw=275&amp;tx=146&amp;ty=170&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=173&amp;tbnw=235&amp;start=0&amp;ndsp=10&amp;ved=1t:429,r:0,s:0,i:72</a></p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=nhUK0M2NuVHhGM:&amp;imgrefurl=http://fr.wikipedia.org/wiki/Chaux_(mati%25C3%25A8re)&amp;docid=beolagDnOgJzZM&amp;imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6b/Chaux_hydraulique_naturelle_et_eau.JPG/300px-Chaux_hydraulique_naturelle_et_eau.JPG&amp;w=300&amp;h=225&amp;ei=c1MNUKjXP0ew0QX32dy8Cg&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=911&amp;vpy=165&amp;dur=1236&amp;hovh=180&amp;hovw=240&amp;tx=122&amp;ty=144&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=160&amp;tbnw=214&amp;start=0&amp;ndsp=10&amp;ved=1t:429,r:9,s:0,i:100">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=547&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=nhUK0M2NuVHhGM:&amp;imgrefurl=http://fr.wikipedia.org/wiki/Chaux_(mati%25C3%25A8re)&amp;docid=beolagDnOgJzZM&amp;imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6b/Chaux_hydraulique_naturelle_et_eau.JPG/300px-Chaux_hydraulique_naturelle_et_eau.JPG&amp;w=300&amp;h=225&amp;ei=c1MNUKjXP0ew0QX32dy8Cg&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=911&amp;vpy=165&amp;dur=1236&amp;hovh=180&amp;hovw=240&amp;tx=122&amp;ty=144&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=160&amp;tbnw=214&amp;start=0&amp;ndsp=10&amp;ved=1t:429,r:9,s:0,i:100</a></p> <p>Prix : <a href="http://materiaux.twenga.fr/chaux.html">http://materiaux.twenga.fr/chaux.html</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

### 3.1.2. MAROC

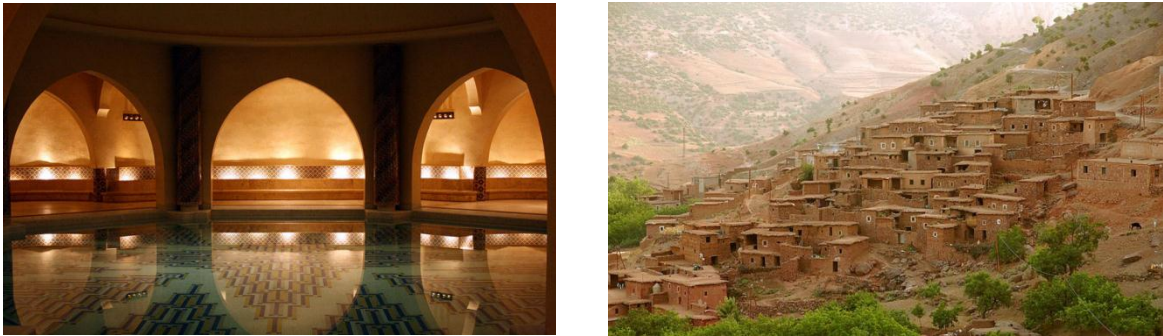


Figure 44 : Photographies de la mosquée Hassan II de Casablanca et d'un village Marocain

### CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Le Maroc à l'ouest du Maghreb, plus de 32 millions d'habitants. Le Maroc, une bande de terre à l'extrémité occidentale du désert du Sahara. Dense au nord, montagneux au nord-est, le Maroc dispose de l'Atlantique à l'ouest et de la Méditerranée au nord. La roche sédimentaire est présente en abondance sur le territoire.

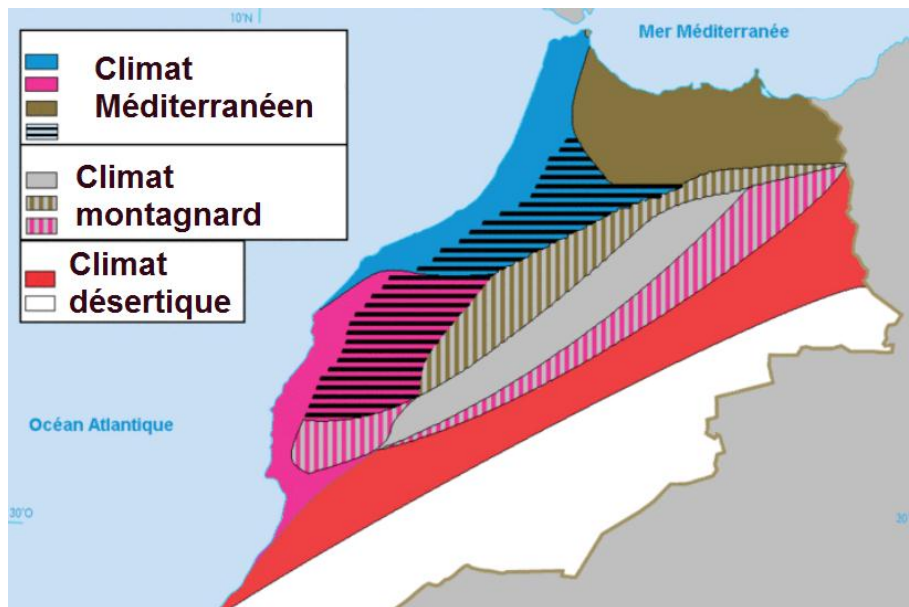


Figure 45 : Climatologie marocaine

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Le Maroc dispose d'un climat globalement désertique (sud et est), avec d'autres zones montagneuses, méditerranéennes, océaniques ou continentales. Si les températures mensuelles moyennes vont de 10°C en hiver et 30°C en été, les températures peuvent atteindre des pics de -25°C et de 50°C. Il pleut principalement entre septembre et janvier, pour une moyenne annuelle de 35 mm dans le désert jusqu'à 750 dans la région océanique.



mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Température(°C)	13	13	14	15	18	21	23	24	23	20	16	13
Précipitations(mm)	104	99	71	64	38	15	3	3	15	66	135	130

Figure 46 : Données climatiques des plaines du Nord-Ouest



mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Température(°C)	17	18	19	19	20	21	22	23	23	22	21	18
Précipitations(mm)	1	0	0	0	0	0	0	0	15	3	3	15

Figure 47 : Données climatiques du sud-Est, dans le désert


Dans la même zone climatique et culturelle que l'ensemble des pays du Maghreb et plus généralement des pays d'Afrique du Nord, les principales ressources du Maroc en matériaux de construction sont le bois, la paille, la terre crue, la chaux, la roche, principalement sédimentaire, mais aussi le marbre pour la décoration, etc.

Une des spécialités culturelles existant au Maghreb, c'est la Touiza (du berbère, «volontariat» / «solidarité»). Il s'agit, dans les petits villages, les week-ends, d'avoir toute la communauté qui aide l'un de ses membres à construire ou réhabiliter son logement.

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## BETON D'HALFA


Illustration	
Localisation	L'alfa, ou halfa, est une herbacée qui pousse naturellement au Nord du Maghreb. Pour la construction, c'est un matériau équivalent au chanvre.
Généralités	Pour faire du béton d'halfa, il faut de l'halfa, du sable, du liant comme de la chaux et du plâtre ou de l'argile. A ce béton pourront être rajoutés des granulats de recyclage. Le tout devra être chauffé à 2 000 °C. Ce béton n'est pas porteur. Il est cependant auto-porteur. C'est un bon isolant acoustique qui résiste bien au feu et aux nuisibles.
Conductivité thermique	0,05 W/m/K < $\lambda$ < 0,15 W/m/K.
Bilan carbone	De l'ordre de 20 kg équivalent CO <sub>2</sub> par m <sup>3</sup> , soit 6 kg équivalent par mètre carré pour une épaisseur de 30 cm.
Energie grise	De l'ordre de 400 kWh par mètre cube, soit 90 kWh par mètre carré pour une épaisseur de 30 cm
Coût moyen	De l'ordre de 3 500 MAD, soit 350 € par mètre cube.
Durée de vie	Plusieurs siècles.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage en granulats de béton de chanvre ou de béton cellulaire.
Sources	Illustrations : <a href="http://tage.over-blog.net/article-le-halfa-au-tell-85030089.html">http://tage.over-blog.net/article-le-halfa-au-tell-85030089.html</a> <a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=balvIFz5m2yEoM:&amp;imgrefurl=http://www.terrevivante.org/600-construire-en-chanvre.htm&amp;docid=7JCorz0kYyEbOM&amp;imgurl=http://www.terrevivante.org/uploads/Image/54/WEB_CHEMIN_613_1224608589.jpg&amp;w=500&amp;h=335&amp;ei=y14iUPILMKGM0wX-yICQDg&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=329&amp;vpy=299&amp;dur=3558&amp;hovh=184&amp;hovw=274&amp;tx=209&amp;ty=116&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=144&amp;tbnw=161&amp;start=0&amp;ndsp=19&amp;ved=1t:429,r:8,s:0,i:98">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=balvIFz5m2yEoM:&amp;imgrefurl=http://www.terrevivante.org/600-construire-en-chanvre.htm&amp;docid=7JCorz0kYyEbOM&amp;imgurl=http://www.terrevivante.org/uploads/Image/54/WEB_CHEMIN_613_1224608589.jpg&amp;w=500&amp;h=335&amp;ei=y14iUPILMKGM0wX-yICQDg&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=329&amp;vpy=299&amp;dur=3558&amp;hovh=184&amp;hovw=274&amp;tx=209&amp;ty=116&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=144&amp;tbnw=161&amp;start=0&amp;ndsp=19&amp;ved=1t:429,r:8,s:0,i:98</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## BOIS

Illustration	
Localisation	Au Nord du Maroc, le climat permet la présence de forêts.
Généralités	Les superficies couvertes par les essences principales sont à 40 % constituées de résineux, représentés principalement par le cèdre, les pins, le thuya et les genévriers, et à 60 % de feuillus, essentiellement le chêne vert, le chêne liège, et l'arganier. Les plantations artificielles sont réparties en 46% de résineux, 43 % d'Eucalyptus et 11 % en d'autres essences feuillues. Le volume annuel moyen de bois rond officiellement produit pour la période 1991-1995 est d'environ 1,2 millions de mètres cubes. Cette production est composée de 51 % de bois de feu, et de 49 % de bois industriels.
Conductivité thermique	$0,15 \text{ W/m/K} < \lambda < 0,25 \text{ W/m/K}$ .
Bilan carbone	Moins de $400 \text{ kg}_{\text{eq}}\text{CO}_2/\text{m}^3$ .
Energie grise	De 3 000 kWh à 20 000 kWh par mètre cube selon la fabrication.
Coût moyen	Plusieurs milliers de MAD / $\text{m}^3$ , soit plusieurs centaines d'euros / $\text{m}^3$ .
Durée de vie	Plusieurs décennies à plusieurs siècles.
Gestion souhaitable des déchets	Comme tous les végétaux de construction, le bois peut être recyclé (filrière papier / carton, ou directement pour l'amendement des terres). Il est préférable de ne pas les brûler. Sauf si c'est dans une chaudière à bois (chaleur / cogénération) ou en centre de production de chaleur urbaine.
Sources	<p>Illustrations :</p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=573&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=uFyv_LNj7-IKKM:&amp;imgrefurl=http://tropical.forumactif.com/t127-eucalyptus-deglupta&amp;docid=OSkagxYx91nDwM&amp;imgurl=http://www.hear.org/starr/hiplant/s/images/600max/starr_030807_0070_eucalyptus_deglupta.jpg&amp;w=450&amp;h=600&amp;ei=Aab-T8LeEYWe0QXd9KnhBw&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=657&amp;vpy=180&amp;dur=1542&amp;hovh=259&amp;hovw=194&amp;tx=109&amp;ty=280&amp;sig=100358762402471560436&amp;page=2&amp;tbnh=122&amp;tbnw=96&amp;start=12&amp;ndsp=34&amp;ved=1t:429,r:21,s:12,i:243">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1192&amp;bih=573&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=uFyv_LNj7-IKKM:&amp;imgrefurl=http://tropical.forumactif.com/t127-eucalyptus-deglupta&amp;docid=OSkagxYx91nDwM&amp;imgurl=http://www.hear.org/starr/hiplant/s/images/600max/starr_030807_0070_eucalyptus_deglupta.jpg&amp;w=450&amp;h=600&amp;ei=Aab-T8LeEYWe0QXd9KnhBw&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=657&amp;vpy=180&amp;dur=1542&amp;hovh=259&amp;hovw=194&amp;tx=109&amp;ty=280&amp;sig=100358762402471560436&amp;page=2&amp;tbnh=122&amp;tbnw=96&amp;start=12&amp;ndsp=34&amp;ved=1t:429,r:21,s:12,i:243</a></p> <p>Généralités :</p> <p><a href="http://www.terrevie.net/Marocagri/pages/130.html">http://www.terrevie.net/Marocagri/pages/130.html</a></p> <p>Conductivité thermique :</p> <p><a href="http://fr.made-in-china.com/co_chinashenggang/product_Magnesium-Oxide-Fireproof-Board-MGO-Board-Dragon-Board_hhengrygg.html">http://fr.made-in-china.com/co_chinashenggang/product_Magnesium-Oxide-Fireproof-Board-MGO-Board-Dragon-Board_hhengrygg.html</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



### 3.1.3. LIBAN



Figure 48 : Photographies du château de Saïda et du Parc naturel de Karm Chbat

#### CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Le Liban. Au cœur de la Méditerranée Orientale, cet Etat est un point de rencontre privilégié entre les éco-systèmes d'Europe, d'Asie, d'Asie-Mineure, d'Afrique et de Méditerranée. Le Pays est très hétérogène. La Méditerranée à l'Ouest, la Palestine au sud et le reste du Moyen-Orient à l'est et au nord. Des plaines du sud à la vallée de Qadesh entre les Monts Liban, le Pays est une merveille de potentiel paysager et architectural. Un patrimoine qui vit dans moins de 11 000 km<sup>2</sup> et dont 4,2 millions de Libanais sont responsables.


P (mm)	113	80	77	26	10	1	0	0	7	20	78	105
T (°C)	13,9	14,1	15,3	18,1	21,0	24,1	26,2	27,1	25,7	23,0	18,0	15,5
T (°F)	57,0	57,4	59,5	64,6	69,8	75,4	79,2	80,8	78,3	73,4	64,4	59,9

Figure 49 : Données climatiques de Beyrouth, capitale du Liban

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## RIDEAU TEINT AU POURPRE DE MUREX

Illustration	
Localisation et généralités	La côte Libanaise dispose de Murex, un gastéropode d'où est extraite la teinture pourpre. Plusieurs fibres textiles peuvent être cultivées sur l'ensemble du Liban (par exemple, la soie).
Coût moyen	De l'ordre de 5 000 LBP, soit 2,5 € par mètre carré.
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Le rideau peut être recyclé pour la fabrication de panneaux de fibres textiles pour l'isolation du bâtiment.
Sources	Illustrations : <a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=Jlt_oYpYiS-eM:&amp;imgrefurl=http://fr.123rf.com/photo_6064101_rideau-pourpre.html&amp;docid=4HP2IjLyzsTrZM&amp;imgurl=http://us.123rf.com/400wm/400/400/ioqs/ioqs0912/ioqs091200058/6064101-rideau-pourpre.jpg&amp;w=1200&amp;h=1026&amp;ei=ghMhUlfTF-yp0AXcj4DQDg&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=275&amp;vpy=2&amp;dur=669&amp;hovh=208&amp;hovw=243&amp;tx=136&amp;ty=73&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=138&amp;tbnw=161&amp;start=0&amp;ndsp=21&amp;ved=1t:429,r:1,s:0,i:76">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;sa=X&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbn=isch&amp;prmd=imvns&amp;tbnid=Jlt_oYpYiS-eM:&amp;imgrefurl=http://fr.123rf.com/photo_6064101_rideau-pourpre.html&amp;docid=4HP2IjLyzsTrZM&amp;imgurl=http://us.123rf.com/400wm/400/400/ioqs/ioqs0912/ioqs091200058/6064101-rideau-pourpre.jpg&amp;w=1200&amp;h=1026&amp;ei=ghMhUlfTF-yp0AXcj4DQDg&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=275&amp;vpy=2&amp;dur=669&amp;hovh=208&amp;hovw=243&amp;tx=136&amp;ty=73&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=1&amp;tbnh=138&amp;tbnw=161&amp;start=0&amp;ndsp=21&amp;ved=1t:429,r:1,s:0,i:76</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

### 3.1.4. QATAR



Figure 50 : Photographies du Qatar

### CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Le Qatar, la perle de l'Orient, l'Oasis de tout un désert. Le Qatar est une presqu'île construite dans le désert. Au centre du Golfe Persique, le Qatar surprend par la nuance entre le désert et la ville. A Doha, la capitale, les gratte-ciels sont construits là où il y avait la mer. L'architecture défie l'imagination, surtout pour un Etat qui vit dans le désert. Dans ce petit Pays de moins de 12 000 km<sup>2</sup>, 17 000 000 de personnes cohabitent, dont 200 000 citoyens Qatari. La richesse principale du Qatar est sa production pétrolière.

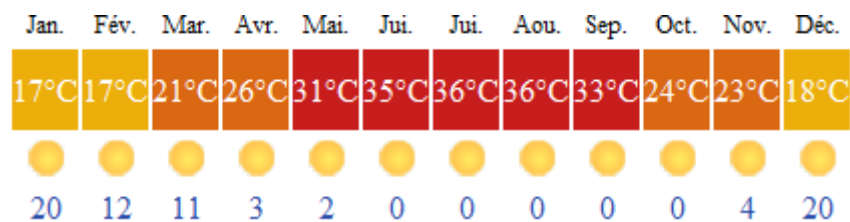



Figure 51 : Données climatiques de Doha

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## VERRE

Illustration	
Localisation	Le sable du désert est à la base de la construction du verre local du Qatar.
Généralités	La base de construction du verre est le sable. Le verre de construction de base est le verre dit sodocalcique. Le sable représente plus de la moitié du poids du verre. En rajoutant le carbonate de soude et le carbonate de nitrate, il y a 90% du verre. Pour finir, il faut rajouter quelques minéraux et faire chauffer le tout.
Bilan carbone	De l'ordre de 30 kg équivalent CO <sub>2</sub> par mètre carré. Le bilan ne sera pas le même suivant le type de menuiseries (composition, pourcentage de surface), suivant la qualité du verre et s'il s'agit de simple, double ou triple vitrage.
Energie grise	De l'ordre de 500 kWh par mètre carré. L'énergie grise dépensée sera d'autant plus importante que les constructions seront hautes.
Coût moyen	De l'ordre de 5 000 LBP, soit 2,5 € par mètre carré.
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années à plusieurs siècles.
Gestion souhaitable des déchets	Le verre peut être recyclé dans la filière correspondante. A noter que les verres transformés (teints) doivent être recyclés dans les filières spécifiques correspondantes.
Sources	<p>Illustrations :</p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.unmondeailleurs.net/wp-content/uploads/2010/06/desert_Abu_Dhabi.jpg&amp;imgrefurl=http://www.unmondeailleurs.net/abu-dhabi-le-sable-du-desert/&amp;h=400&amp;w=600&amp;sz=52&amp;tbnid=tyL6Tnr9upOMAM:&amp;tbnh=90&amp;tbnw=135&amp;zoom=1&amp;usq=__nUTt89AAanzp2rafxogbdhahCTDI=&amp;docid=5ztPZyf4Q4jNLM&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;ei=OhohUITZL6Oh0QWvmoHQCw&amp;ved=0CHYQ9QEwAw">http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.unmondeailleurs.net/wp-content/uploads/2010/06/desert_Abu_Dhabi.jpg&amp;imgrefurl=http://www.unmondeailleurs.net/abu-dhabi-le-sable-du-desert/&amp;h=400&amp;w=600&amp;sz=52&amp;tbnid=tyL6Tnr9upOMAM:&amp;tbnh=90&amp;tbnw=135&amp;zoom=1&amp;usq=__nUTt89AAanzp2rafxogbdhahCTDI=&amp;docid=5ztPZyf4Q4jNLM&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;ei=OhohUITZL6Oh0QWvmoHQCw&amp;ved=0CHYQ9QEwAw</a></p> <p>Tour silhouette de Doha :</p> <p><a href="http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbn=isch&amp;tbnid=m0L-r8ZfdHnWyM:&amp;imgrefurl=http://www.stadeolympiquemontreal.ca/hypocrisie-quebecoise.aspx&amp;docid=67QjQICYTa8EwM&amp;imgurl=http://www.stadeolympiquemontreal.ca/resources/hypocrisie_quebecoise_aspx/Tour-Silhouette-hires.jpg&amp;w=473&amp;h=765&amp;ei=sxohUICOOqqQ0AXg8oDgDQ&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=1121&amp;vpy=93&amp;dur=5712&amp;hovh=286&amp;hovw=176&amp;tx=102&amp;ty=288&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=3&amp;tbnh=139&amp;tbnw=87&amp;start=42&amp;ndsp=24&amp;ved=1t:429,r:11,s:42,i:240">http://www.google.fr/imgres?hl=fr&amp;biw=1366&amp;bih=627&amp;tbn=isch&amp;tbnid=m0L-r8ZfdHnWyM:&amp;imgrefurl=http://www.stadeolympiquemontreal.ca/hypocrisie-quebecoise.aspx&amp;docid=67QjQICYTa8EwM&amp;imgurl=http://www.stadeolympiquemontreal.ca/resources/hypocrisie_quebecoise_aspx/Tour-Silhouette-hires.jpg&amp;w=473&amp;h=765&amp;ei=sxohUICOOqqQ0AXg8oDgDQ&amp;zoom=1&amp;iact=hc&amp;vpx=1121&amp;vpy=93&amp;dur=5712&amp;hovh=286&amp;hovw=176&amp;tx=102&amp;ty=288&amp;sig=103176813614449031185&amp;page=3&amp;tbnh=139&amp;tbnw=87&amp;start=42&amp;ndsp=24&amp;ved=1t:429,r:11,s:42,i:240</a></p> <p>Généralités :</p> <p><a href="http://fr.wikipedia.org/wiki/Verre_sodocalcique">http://fr.wikipedia.org/wiki/Verre_sodocalcique</a></p>

### AR ARCHITECTES


SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

### 3.2. CHINE

La Chine, est un territoire très vaste dont les caractéristiques géographiques varient d'une région à l'autre. C'est la raison pour laquelle le pays dispose d'une grande diversité d'éco-matériaux nationaux et locaux. Petits exemples loin d'être exhaustifs...

#### 3.2.1. FICHES ECO-MATERIAUX POUR L'ENSEMBLE DE LA CHINE

##### GRANIT

Illustration	
Localisation	En Chine, le granit est extrait surtout dans les régions orientales de la Chine.
Généralités	Utilisé pour les planchers ou pour les murs, le granit est un matériau de décoration et de construction dont la Chine est un grand exportateur. Or, le plus impactant pour l'environnement dans le cycle de vie du granit, c'est le transport. Ce qui en fait un éco-matériau lorsqu'il est utilisé sur place.
Conductivité thermique	$1,7 \text{ W/m/K} < \lambda < 4 \text{ W/m/K}$ . Ce n'est pas un isolant thermique. Même s'il apporte de l'inertie.
Coût moyen	Environ 100 000 CNY par mètre cube, soit 13 000 €.
Durée de vie moyenne	Des centaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Le granit, c'est de la pierre. Si en fin de vie des bâtiments, les éléments de granit ne sont pas réemployés dans d'autres constructions, ils peuvent être recyclés, par exemple en pierres de gabions.
Sources	Illustration : <a href="https://www.google.fr/search?q=images+granit&amp;hl=fr&amp;prmd=imvns&amp;tbm=isch&amp;tbo=u&amp;source=univ&amp;sa=X&amp;ei=q_S8T8ubOMy98qOTt6XgBg&amp;ved=0CH0QsAQ&amp;biw=1192&amp;bih=573">https://www.google.fr/search?q=images+granit&amp;hl=fr&amp;prmd=imvns&amp;tbm=isch&amp;tbo=u&amp;source=univ&amp;sa=X&amp;ei=q_S8T8ubOMy98qOTt6XgBg&amp;ved=0CH0QsAQ&amp;biw=1192&amp;bih=573</a> Conductivité thermique : <a href="http://gilbert.cabasse.free.fr/bricolage/calculs_thermiques.htm">http://gilbert.cabasse.free.fr/bricolage/calculs_thermiques.htm</a>

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## ADOBE

Illustration	
Localisation	Partout dans le monde où il y a de l'argile.
Généralités	L'adobe est une terre crue. On trouve ce matériau principalement sous forme de briques. On y ajoute un liant, comme de la paille ou de la chaux, et on obtient un matériau de construction qui peut être porteur, jusqu'à 2 étages, qui offre une bonne isolation acoustique ainsi qu'une excellente inertie thermique. Ce qui en fait un bon éco-matériau. Ce matériau, qui porte aujourd'hui une image rétro, peut être utilisé en Chine de manière avant-gardiste, notamment dans la politique de développement « Go-West ». Attention cependant au traitement humain des compagnons lors de la fabrication de ce matériau.
Conductivité thermique	Proche de celle du béton : environ 1 W/m.K.
Coût moyen	Pas de marché. Prix devant être légèrement inférieur au béton de chanvre en cas de commercialisation (soit entre 250 et 500 CNY HT soit entre 30 et 65 € HT).
Durée de vie moyenne	Jusqu'à plusieurs siècles.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage. En amendement des terres. Sinon en le brûlant pour obtenir de la terre cuite, puis des gravats à intégrer dans du béton.
Sources	Illustration et généralités : <a href="http://fr.wikipedia.org/wiki/Adobe_(brique)">http://fr.wikipedia.org/wiki/Adobe_(brique)</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## BOIS

Illustration	
Localisation	Partout ou presque sur Terre.
Généralités	<p>Pour le bois de construction, il faut sélectionner le duramen (cœur du bois). Mais pour certaines essences (variétés) de bois les plus durs (comme des bois tropicaux que l'on peut trouver au sud de la Chine), on peut également sélectionner le bois d'aubier, juste autour du duramen.</p> <p>Le bois massif n'est qu'un matériau de bois parmi tant d'autres à base de bois. Avec, on peut construire tout type de paroi d'un bâtiment. Murs, planchers, toitures, menuiseries, etc. Il existe des bois plus ou moins durs, des bois plus ou moins résistants à l'humidité, aux nuisibles comme les insectes ou les champignons. C'est un éco-matériau par excellence du fait de son origine renouvelable (d'où la nécessité de gérer les forêts et d'éviter toute surexploitation), de son bilan carbone négatif et de ses caractéristiques techniques (bonne inertie thermique par rapport à de meilleurs isolants, etc). En Chine, beaucoup de bâtiments traditionnels sont principalement construits en bois massif.</p>
Conductivité thermique	0,1 W/m/K < $\lambda$ < 0,3 W/m/K. Plus un bois sera dur plus sa résistance mécanique sera bonne, mais plus il risque d'être dense et moins bonne sera sa conductivité thermique.
Coût moyen	Quelques dizaines de milliers de yuans HT au mètre carré, soit plusieurs milliers d'euros.
Durée de vie moyenne	Quelques dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Comme tous végétaux de construction, le bois peut être recyclé (notamment pour l'amendement des terres). Il est préférable de ne pas les brûler. Sauf si c'est dans une chaudière à bois ou en centre de production de chaleur urbaine.
Sources	<p>Illustrations :</p> <p>Support Word du Projet professionnel sur le bois de J-F. PLOTEAU, Master Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Spécialité Eco-construction,</p> <p>Généralités :</p> <p>Université de Cergy-Pontoise, Année 2011 -2012.</p> <p>Cours de J-P. PISSARRA, Master Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Spécialité Eco-construction, Université de Cergy-Pontoise, Année 2011 -2012.</p> <p>Conductivité thermique :</p> <p><a href="http://www.cndb.org/live/produits_et_materiaux/bois_de_structure/bois_massifs_structuraux.pdf">http://www.cndb.org/live/produits_et_materiaux/bois_de_structure/bois_massifs_structuraux.pdf</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## BAMBOU

Illustration	
Localisation	Zones humides et chaudes (intertropicales). Ensemble de la Chine, sauf au Nord (dont Hebei)
Généralités	<p>Le bambou est un végétal appartenant à la famille des poacées. C'est une herbe. Ainsi, même si ce n'est pas du bois, le bambou possède cependant les mêmes caractéristiques.</p> <p>Par ailleurs, pour les pandas, c'est de la nourriture. C'est donc un maillon de la biodiversité dans la biosphère locale. D'où l'importance de bien gérer les stocks de ce matériau et de ne pas surexploiter. Ce qui n'est pas difficile étant donné que c'est une plante invasive. Certaines variétés de bambou poussent vite. Jusqu'à 1 m par jour. D'où l'intérêt d'utiliser le bambou.</p> <p>Par exemple pour l'échafaudage des gratte-ciel, faire des obturateurs sur des fenêtres, etc.</p> <p>L'utilisation du bambou ne nécessite ni engrais ni pesticide.</p>
Conductivité thermique	0,2 W/m/K.
Coût moyen	300 à 600 CNY HT, soit entre 40 et 75 € HT.
Durée de vie moyenne	1 à 15 ans.
Gestion souhaitable des déchets	Comme tous végétaux de construction, il peut être recyclé (notamment pour l'amendement des terres). Il est préférable de ne pas les brûler. Sauf si c'est en centre de production de chaleur urbaine.
Sources	<p>Illustration et généralités : <a href="http://fr.wikipedia.org/wiki/Bambou">http://fr.wikipedia.org/wiki/Bambou</a></p> <p>Généralités : <a href="http://www.encyclo-ecolo.com/Isolants_naturels">http://www.encyclo-ecolo.com/Isolants_naturels</a></p> <p>Durée de vie : <a href="http://www.chalet-bamboo.com/fr/le-traitement-du-bamboo.html">http://www.chalet-bamboo.com/fr/le-traitement-du-bamboo.html</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## INDUSTRIE SOLAIRE

Illustration	
Localisation	Partout, hors zones polaires
Généralités	Qu'il s'agisse du solaire thermique pour produire de la chaleur ou du photovoltaïque pour produire de l'électricité, l'industrie solaire de Chine est l'une des plus dynamiques du monde, presque une spécialité. Ces équipements ne sont pas des matériaux conventionnels de construction, mais restent des éléments intégrés aux bâtiments et parfois même porteurs. La mission principale de ces équipements est de produire de l'énergie renouvelable.
Conductivité thermique	Variable selon les modèles et suivant les différents types de technologie
Coût moyen	100 000 à 200 000 CNY HT équipement et pose, soit entre 13 000 et 26 000 €.
Durée de vie	Garantie moyenne de ces équipements : entre 20 et 30 ans.
Gestion souhaitable des déchets	Si possible réemploi, si c'est le panneau qui fait défaut : réemploi des pièces qui fonctionnent, dans des conditions sanitaires acceptables. Sinon, recyclage des métaux et enfouissement des déchets pouvant être considérés comme dangereux en centre de stockage spécifique.
Sources	<p>Illustration solaire photovoltaïque, à gauche : <a href="http://compare.ebay.fr/like/270928580357?var=lv&amp;ltyp=AllFixedPricItemTypes&amp;var=sbar">http://compare.ebay.fr/like/270928580357?var=lv&amp;ltyp=AllFixedPricItemTypes&amp;var=sbar</a></p> <p>Illustration du panneau solaire thermique, à droite : <a href="http://fr.farnell.com/jsp/displayProduct.jsp?sku=1462498&amp;CMP=KNC-GFR-FFR-GEN-LISTINGS&amp;gross_price=true">http://fr.farnell.com/jsp/displayProduct.jsp?sku=1462498&amp;CMP=KNC-GFR-FFR-GEN-LISTINGS&amp;gross_price=true</a></p> <p>Durée de vie : <a href="http://www.edfenr.com/faq-sur-le-photovoltaique/panneaux-photovoltaique-et-energies-nouvelles/quelle-est-la-duree-de-vie-des-panneaux-solaires-f51-1.aspx">http://www.edfenr.com/faq-sur-le-photovoltaique/panneaux-photovoltaique-et-energies-nouvelles/quelle-est-la-duree-de-vie-des-panneaux-solaires-f51-1.aspx</a></p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

### 3.2.2. HEBEI, BEIJING ET TIANJIN



Figure 52 : Photographie de Beijing

#### CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

La province du Hebei, enclave géographiquement l'agglomération de Beijing, la capitale, ainsi que son port, l'agglomération de Tianjin. La province du Hebei est elle-même quasiment scindée en deux avec les deux municipalités. Il s'agit en fait, vu du ciel, d'un ensemble géographique d'un seul tenant et de 100 millions d'habitants pour une superficie totale de 206,03 milliers de km carré.

Cet ensemble géographique dispose d'un climat continental et tempéré, avec -9°C au plus froid de l'hiver, 31°C au plus chaud de l'été et 534 mm de précipitations par an (voir figure A, d'après l'observatoire de Hong-Kong).

	Data Period	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Mean Maximum Temperature (deg. C)	1961-1990	1.6	4.0	11.3	19.9	26.4	30.3	30.8	29.5	25.8	19.0	10.1	3.3
Mean Temperature (deg. C)	1961-1990	-4.3	-1.9	5.1	13.6	20.0	24.2	25.9	24.6	19.6	12.7	4.3	-2.2
Mean Minimum Temperature (deg. C)	1961-1990	-9.4	-6.9	-0.6	7.2	13.2	18.2	21.6	20.4	14.2	7.3	-0.4	-6.9
Rainfall Amount (mm)	1961-1990	2.6	5.9	9.0	26.4	28.7	70.7	175.6	182.2	48.7	18.8	6.0	2.3
Days with Rain*	1961-1990	0.7	1.5	2.0	3.0	3.9	5.9	10.3	9.4	4.4	2.8	1.3	0.7
Mean Daily Sunshine Duration (hours)	1961-1990	6.5	6.9	7.8	8.2	9.3	9.1	7.2	7.4	8.1	7.3	6.4	6.0

Figure 53 : Données climatiques de Beijing

Cet ensemble géographique dispose de grandes ressources végétales et minérales, notamment du pétrole. Avec le problème du smog dans la capitale et des tempêtes de sable qui provient du désert de Gobi, à l'Ouest, le pouvoir Chinois prend des dispositions, notamment en matière urbanistique. A l'Est, le port de Tianjin, ouvert sur la Mer de Bohai et sur la Mer Jaune, est une plateforme d'arrivée potentielle de matériaux de construction. Qui ne sont pas forcément écologiques.

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503


54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## ETHYLENE TETRAFLUOROETHYLENE DU CUBE D'EAU

Illustration	
Localisation	Produit fini de l'industrie du pétrole
Généralités	L'éthylène tétrafluoroéthylène, de formule $(C_4H_4F_4)_n$ est un dérivé du pétrole. Qu'il s'agisse de la raréfaction des matières premières, du processus de fabrication ou du bilan carbone en fin de vie, c'est à priori l'opposé d'un éco-matériau. Cependant, le choix osé de ne choisir que ce matériau pour la construction de l'enveloppe du « Cube d'eau » de Beijing fait d'une part que l'entretien du bâtiment est plus facile et fait surtout, d'autre part, que l'ensemble du bâtiment est durable et qu'en plus, il est beaucoup plus facilement recyclable. Ainsi, en précisant bien que l'on est dans ce système constructif, on peut oser dire qu'il s'agit d'un éco-matériau.
Conductivité thermique	$0,14 \text{ W/m/K} < \lambda < 0,24 \text{ W/m/K}$
Coût moyen	Dépend de la quantité, de la forme, de l'épaisseur (de l'ordre de 50 000 CNY HT pour 1 litre, soit 7 000 €)
Durée de vie	Plusieurs centaines d'années
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage
Sources	Illustration : <a href="http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Beijing_National_Aquatics_Centre_1.jpg">http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Beijing_National_Aquatics_Centre_1.jpg</a> Généralités : Conférence sur la définition des Eco-matériaux, Batimat 2011, Paris Conductivité thermique : <a href="http://fluorotherm.com/Properties-ETFE.asp">http://fluorotherm.com/Properties-ETFE.asp</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

### 3.2.3. SHANGHAI



Figure 54 : Photographie de Shanghai

#### CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Shanghai, littéralement « sur la mer », plus de 20 millions d'habitants, capitale économique de la Chine. Située à l'Est de la Chine, c'est le port d'où transitent tous types de marchandises. C'est une agglomération en pleine expansion démographique, économique (notamment la transformation du district de Pudong en ZES) et immobilière. Une pression immobilière qui a amené à raser des quartiers entiers pour construire des gratte-ciel.

Shanghai dispose d'un climat océanique et tempéré, avec 1°C au plus froid de l'hiver, 32°C au plus chaud de l'été et 1111 mm de précipitations par an (voir figure B, d'après l'observatoire de Hong-Kong).

	Data Period	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Mean Maximum Temperature</b> (deg. C)	1961-1990	7.7	8.6	12.7	18.6	23.5	27.2	31.6	31.5	27.2	22.3	16.7	10.6
<b>Mean Temperature</b> (deg. C)	1961-1990	3.7	4.6	8.5	14.2	19.2	23.4	27.8	27.7	23.6	18.3	12.4	6.1
<b>Mean Minimum Temperature</b> (deg. C)	1961-1990	0.5	1.5	5.1	10.6	15.7	20.3	24.8	24.7	20.5	14.7	8.6	2.4
<b>Rainfall Amount</b> (mm)	1961-1990	39.0	58.8	81.2	102.3	114.5	152.0	128.2	133.0	155.6	60.5	51.2	34.7
<b>Days with Rain*</b>	1961-1990	6.0	7.4	9.4	10.0	9.6	10.3	8.7	7.6	9.0	5.9	5.1	4.7
<b>Mean Daily Sunshine Duration</b> (hours)	1961-1990	4.4	4.2	4.5	5.1	5.6	5.4	7.5	7.8	5.4	5.2	5.0	4.8


Figure 55 : Données climatiques de Shanghai

Shanghai se situe dans le delta du Yangzi Jiang. En amont se trouvent les provinces du Jiangsu et du Zhejiang. Au Sud, le Zhejiang est une province aux mille lacs, îles et collines. Au nord, dans le Jiangsu, beaucoup d'industries de matériaux de construction sont implantées. C'est dans ces deux provinces où peuvent être produits localement les éco-matériaux pour la construction de Shanghai.

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)


## PANNEAUX D'OXYDE DE MAGNESIUM

Illustration	
Localisation	L'oxyde de magnésium, de formule MgO, se fabrique à partir de minéraux riches en magnésium (saumure concentrée en chlorure de magnésium, carbonate de magnésium).
Généralités	Le Jiangsu est une province Chinoise qui produit beaucoup de panneaux ignifuges composés principalement d'oxyde de magnésium. Pour Shanghai, il s'agit donc d'un matériau local. D'un matériau protecteur, aussi, grâce à ses propriétés ignifuges. Cependant, pour sa fabrication, il faut dépenser beaucoup d'énergie (nécessité de chauffer jusqu'à 700°C à 1500°C).
Conductivité thermique	De l'ordre de 0,2 W/m/K.
Coût moyen	De l'ordre de 200 à 500 € HT par mètre carré pour une épaisseur d'1 cm, soit 25 à 70 €.
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années.
Gestion souhaitable des déchets	Le panneau intact peut être réemployé après la déconstruction du bâtiment. Mais, il peut également être broyé et recyclé.
Sources	Illustrations : <a href="http://fr.made-in-china.com/tag_search_product/Magnesium-Fireproof-Board_gsuhn_1.html">http://fr.made-in-china.com/tag_search_product/Magnesium-Fireproof-Board_gsuhn_1.html</a> Conductivité thermique : <a href="http://fr.made-in-china.com/co_chinashenggang/product_Magnesium-Oxide-Fireproof-Board-MGO-Board-Dragon-Board_hhengrygg.html">http://fr.made-in-china.com/co_chinashenggang/product_Magnesium-Oxide-Fireproof-Board-MGO-Board-Dragon-Board_hhengrygg.html</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## BETON DE CHANVRE

Illustration	
Localisation	Le chanvre se cultive sur des terres fertiles.
Généralités	<p>Pour faire du bloc de béton de chanvre, il faut du chanvre et du liant (chaux, plâtre ou argile). Les régions autour de Shanghai sont des terres idéales. La culture du chanvre existe déjà. Il ne manque plus que les fours pour préparer le béton.</p> <p>Il s'agit d'un béton auto porteur (et non porteur), utilisé pour ses caractéristiques d'isolant. C'est aussi un bon isolant acoustique, un bon résistant au feu et aux nuisibles.</p>
Conductivité thermique	$0,07 \text{ W/m/K} < \lambda < 0,14 \text{ W/m/K}$ .
Coût moyen	De l'ordre de 500 CNY HT par mètre cube, soit 70€.
Durée de vie	100 ans.
Gestion souhaitable des déchets	Si son état de dégradation ne permet pas de le réemployer, il peut être recyclé pour l'amendement des terres.
Sources	<p>Illustrations :</p> <p>A gauche : <a href="http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.lemoniteur.fr/media/IMAGE/2009/10/06/IMAGE_2009_10_06_1004082.jpg&amp;imgrefurl=http://www.lemoniteur.fr/199-materiaux/article/start-up/688112-easy-chanvre-systeme-constructif-a-base-de-chaux-chanvre-et-bois&amp;h=255&amp;w=450&amp;sz=96&amp;tbnid=UeGjegcSPR3JIM:&amp;tbnh=67&amp;tbnw=119&amp;zoom=1&amp;usq=__Mu0NLH3FpkxI9KEEnKyjo-OBL3RE=&amp;docid=_ushUPJKADssyM&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;ei=-7q8T4XrAqLC0QWm6dAk&amp;ved=0CGgQ9QEwAw&amp;dur=418">http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.lemoniteur.fr/media/IMAGE/2009/10/06/IMAGE_2009_10_06_1004082.jpg&amp;imgrefurl=http://www.lemoniteur.fr/199-materiaux/article/start-up/688112-easy-chanvre-systeme-constructif-a-base-de-chaux-chanvre-et-bois&amp;h=255&amp;w=450&amp;sz=96&amp;tbnid=UeGjegcSPR3JIM:&amp;tbnh=67&amp;tbnw=119&amp;zoom=1&amp;usq=__Mu0NLH3FpkxI9KEEnKyjo-OBL3RE=&amp;docid=_ushUPJKADssyM&amp;hl=fr&amp;sa=X&amp;ei=-7q8T4XrAqLC0QWm6dAk&amp;ved=0CGgQ9QEwAw&amp;dur=418</a></p> <p>A droite : <a href="http://www.chanvribloc.com">www.chanvribloc.com</a></p> <p>Généralités :</p> <p>Support Word du Projet professionnel sur le chanvre d'I. DEFONTAINE, Master Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Spécialité Eco-construction, Université de Cergy-Pontoise, Année 2011 -2012.</p> <p>Caractéristiques techniques :</p> <p><a href="http://issuu.com/chanvribloc/docs/bloc-beton-chaux-chanvre?mode=a_p">http://issuu.com/chanvribloc/docs/bloc-beton-chaux-chanvre?mode=a_p</a></p> <p>Base de données KBOB 2011</p>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

### 3.2.4. CHENGDU



Figure 56 : Photographie de Chengdu

### CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Chengdu est la capitale administrative et économique du Sichuan. Située en plein centre du territoire national Chinois, la ville compte plus de 9 millions et la préfecture plus de 14 millions d'habitants. Située aux pieds de l'Himalaya, Chengdu a été partiellement détruite lors du séisme de mai 2008. Les quartiers au style architectural traditionnel cohabitent avec les quartiers des gratte-ciel. Pour son développement, Chengdu bénéficie de la politique d'investissement « Go West » du gouvernement Chinois.

Chengdu dispose d'un climat continental et tempéré, avec 3°C au plus froid de l'hiver, 30°C au plus chaud de l'été et 921 mm de précipitations par an (voir figure C, d'après l'observatoire de Hong-Kong).

	Data Period	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Mean Maximum Temperature (deg. C)	1961-1990	9.5	11.1	16.2	21.6	26.0	27.8	29.6	29.7	25.1	20.6	15.6	10.8
Mean Temperature (deg. C)	1961-1990	5.5	7.2	11.6	16.5	21.0	23.5	25.2	24.9	21.0	16.9	11.8	7.1
Mean Minimum Temperature (deg. C)	1961-1990	2.4	4.2	8.1	12.7	17.2	20.2	22.0	21.6	18.4	14.5	9.2	4.2
Rainfall Amount (mm)	1961-1990	7.3	10.3	20.5	46.6	87.1	102.8	230.5	223.7	131.5	39.4	16.5	5.0
Days with Rain*	1961-1990	2.5	3.5	5.8	7.8	9.7	10.4	13.1	12.0	11.7	7.8	3.9	1.4
Mean Daily Sunshine Duration (hours)	1961-1990	2.2	2.1	3.1	3.8	4.2	4.3	4.8	5.3	2.7	2.1	2.0	1.9

Figure 57 : Données climatiques de Chengdu


Les éco-matériaux spécifiques à Chengdu se trouvent donc sur l'ensemble du Sichuan. Outre sa végétation, surtout consacrée à l'agro-alimentaire, le Sichuan est l'un des plus grands producteurs mondiaux de minéraux (vanadium, titane, lithium, fer, cobalt,...).

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



## ACIER

Illustration	
Localisation	Avec sa production de fer, le Sichuan est l'une des régions les plus appropriées au monde pour fabriquer de l'acier.
Généralités	Par sa consommation d'énergie et ses émissions en gaz à effet-de-serre, la production de l'acier (chauffage de métal et de matière carbonée) n'est pas très écologique. Mais c'est cependant un matériau très utilisé pour les constructions modernes. Et en tant que ressource locale, l'acier n'est pas un matériau si peu écologique pour Chengdu.
Conductivité thermique	$25 \text{ W/m/K} < \lambda < 50 \text{ W/m/K}$ . Ce n'est pas un isolant thermique.
Coût moyen	De l'ordre d'10 € HT par kg, soit un peu plus d'1 euro.
Durée de vie	Plusieurs dizaines d'années. L'acier galvanisé a une meilleure durée de vie.
Gestion souhaitable des déchets	Recyclage dans une filière spécialisée
Sources	Illustration : <a href="https://www.google.fr/search?q=image+acier&amp;hl=fr&amp;prmd=imvns&amp;tbm=isch&amp;bo=u&amp;source=univ&amp;sa=X&amp;ei=K-K8T4asl8y98gOTt6XgBg&amp;sqi=2&amp;ved=0CGUQsAQ&amp;biw=1192&amp;bih=573">https://www.google.fr/search?q=image+acier&amp;hl=fr&amp;prmd=imvns&amp;tbm=isch&amp;bo=u&amp;source=univ&amp;sa=X&amp;ei=K-K8T4asl8y98gOTt6XgBg&amp;sqi=2&amp;ved=0CGUQsAQ&amp;biw=1192&amp;bih=573</a> Prix des métaux : <a href="http://poubelles.be/forum/viewtopic.php?id=96">http://poubelles.be/forum/viewtopic.php?id=96</a>

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 4. CONCLUSION

Les éco-matériaux utilisés pour la construction peuvent constituer toutes les parties d'un bâtiment : la structure, l'isolation, le parement extérieur, le parement intérieur, les VRD (voiries et réseaux divers) extérieures ou même encore le mobilier intérieur...

Et le développement des matériaux qui seraient des éco-matériaux plaît à toutes les parties prenantes. En effet :

- Pour l'écologiste, c'est l'avenir ;
- Pour le maître d'ouvrage, un matériau facile d'entretien et avec une bonne durée de vie est un matériau à privilégier ;
- Pour le concepteur / réalisateur ou pour l'assistant à maître d'ouvrage, l'emploi d'éco-matériaux ou d'autres matériaux ne change rien ;
- Pour les bureaux de contrôle technique, le développement des éco-matériaux représente l'entrée de nouveaux matériaux de construction à étudier. C'est donc une source d'emplois ;
- Pour l'équipe de maîtrise d'œuvre, les honoraires augmentent de quelques pourcents.
- Pour une entreprise, présenter des éco-matériaux à la vente permet de faire de la communication, de booster son chiffre d'affaires.



*Figure 58 : Une planète écologique*

Mais finalement, les critères de définition des éco-matériaux sont nombreux, divers et pondérés de manière arbitraire. Par ailleurs, la variance des impacts environnementaux d'une région à une autre du globe ou encore selon la qualité de l'entretien sont autant de facteurs supplémentaires qui font que la définition d'un éco-matériau est plus philosophique qu'autre chose.

Alors à défaut de ficher les matériaux comme éco-matériaux de manière manichéenne, il existe des matériauuthèques avec des matériaux, tous plus ou moins écologiques et les fiches descriptives correspondantes, qui permettent d'évaluer un minimum les impacts environnementaux des matériaux suivant différents paramètres.

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Mais la problématique des référentiels utilisés pour donner les impacts environnementaux persiste encore.

La solution réside à l'échelle internationale.

- Il faut créer un système international de référence de calcul des impacts environnementaux des matériaux de construction, tel que l'ILCD Handbook,
  - qui soit accessible gratuitement à tous sous version numérique ;
  - qui sélectionne les paramètres de calcul ;
  - qui sélectionne une méthodologie de calcul ;
  - qui sélectionne d'éventuelles pondérations pour obtenir des indicateurs uniques de référence suivant les paramètres à prendre en compte ;

### **variables suivant les contextes géographiques.**

Ces indicateurs internationaux seraient longs à finir d'établir, mais ils auront valeur de référence devant laquelle les indicateurs régionaux n'auraient que valeur de confirmation. Un système de veille serait alors à préconiser ; y compris pour les anciens matériaux.

- Il faut que des critères éliminatoires soient établis pour qu'un matériau ne puisse pas être labellisé comme éco-matériau (exemples : conditions d'empoisonnement durable de l'environnement, conditions inhumaines d'extraction, de mise en œuvre, etc).
- Il faut assurer un étiquetage compréhensible pour les matériaux, écologiques ou non, dont le vendeur souhaite afficher le résumé de l'ACV suivant le référentiel international.
- Il faut rendre l'accès gratuit à une analyse de cycle de vie d'un nouveau matériau pour un fabricant en contrepartie d'un remboursement assuré par les ventes du produit, que ce dernier soit écologique ou non.
- Il faut booster la production locale d'éco-matériaux là où ils ne sont pas produits. Le meilleur moyen est de surtaxer les produits les moins écologiques.

Par ailleurs, il faut, de la part des organismes comme l'ADEME ou le CSTB en France, créer une plateforme interactive et facile d'utilisation où tous les critères de tous les matériaux répertoriés existant ou susceptibles d'exister dans le monde. Il serait alors possible de retrouver les matériaux en deçà d'un certain coefficient de transfert thermique qui auront fait l'objet de la production d'une FDES.

**Ce n'est pas un hasard si l'ADEME n'a pas de liste  
d'éco-matériaux.**

**TOUS LES MATERIAUX SONT DECLARES EGAUX.**

#### **AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 5. ANNEXES

### 5.1. EXEMPLE DE FICHE DU GUIDE DES ECO-MATERIAUX ISOLANTS DE L'ADEME

# Ouate de cellulose

**Descriptif** La ouate de cellulose provient du papier recyclé, obtenu à partir de journaux non utilisés. Le papier est défilé et réduit en flocons, puis stabilisé par incorporation de divers agents de texture et ignifugeants, variables selon les fabricants : gypse, sels de bore, sels de sodium, de calcium, bauxite, phosphate d'ammonium, etc.  
La ouate de cellulose est utilisée comme isolant depuis les années 30 aux États-Unis et en Scandinavie, où plusieurs centaines de milliers de maisons et d'établissements publics ont été isolés avec ce matériau.

**Caractéristiques techniques**  
Densité :  
- Vrac : 35 à 70 kg/m<sup>3</sup>  
- Panneaux : 70 kg/m<sup>3</sup>  
Conductivité thermique  $\lambda$ : 0.038 W/m.°C  
Capacité thermique S: 54 à 108 kJ/m<sup>3</sup>.°C  
Classement au feu: M1  
Résistance à la vapeur d'eau  $\mu$  : 1 à 2  
Énergie grise : 8 kWh/m<sup>3</sup>  
Bilan CO2 : 2 à 3 kg éq. CO2 / m<sup>3</sup>  
(réf. combustible : fioul lourd)



**Prix**  
en vrac :  
0,80 € à 1€20 /kg  
Pour 30 cm soufflés  
: environ 25 €/m<sup>2</sup>

**Application**  
Plancher de combles perdus en soufflage ou insufflation.  
Projection humide pour murs.  
Flocage sous plancher

**Avantages**

- Très bon rapport qualité technique, écologique et coût (vrac).
- Amortissement du coût d'intervention d'un applicateur spécialisé, intéressant sur gros chantier.
- Insensible aux micro-organismes, imputrescible.
- Peu d'énergie à la fabrication.
- Ressource renouvelable.
- Recyclage, compostage (produits sans sel de bore).
- Pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation et en cas d'incendies.
- Pas de dangers sanitaires.
- Régulateur hygrothermique. Peut absorber jusqu'à 15% d'humidité par rapport à son poids.
- Très bon isolant acoustique

**Ecobilan**  
Fabrication A partir du recyclage de papiers ou de bois (75 à 85% de produits recyclés)  
Faible coût énergétique  
Mise en oeuvre Risques d'irritation pour les poseurs (voies respiratoires)  
Vie en oeuvre  
Fin de vie Produit biodégradable, recyclable, réutilisable ou incinérable (DIB).  
Appréciation globale (de 0 à 20) 17

**Inconvénients**

- Nécessité d'avoir une machine pour défilé la ouate insufflée.
- Location ou prêt de machine de soufflage à éviter, sans l'aide et le conseil d'un professionnel.
- Prix du panneau.
- Découpe du panneau difficile

**Fabricants et marques commerciales**  
Univercell, Bellouate, thermofloc, Cellisol, Homatherm, Isofloc, Cellubio, Climacell, Isocell, Isol'Ouate,...

Les Espaces INFO → ÉNERGIE en Lorraine  
Du lundi au vendredi de 10h à 12h et de 13h30 à 17h00  
N°Azur 0 810 422 422  
www.eie-lorraine.fr  
PRIX APPEL LOCAL

## 5.2. EXEMPLE DE FICHE DU GUIDE DES ECO-MATERIAUX ISOLANTS DE L'AGENCE

<b>MATERIAU</b>	<b>ARGILE EXPANSE</b>		
<b>Autres noms ou marques</b>	Billes d'argile, béton léger		
<b>UTILISATIONS</b>	<b>En intérieur</b>	Isolation de plancher en étage, en doublage, en nivelage de sols en restauration.	
	<b>En extérieur</b>	En toiture plate, remplace le gravier pour amortir le bruit et réguler l'écoulement de l'eau	
<b>DONNEES TECHNIQUES</b>	<b>Conductivité thermique <math>\lambda</math> :</b> 0,10	<b>Energie grise :</b> 250 à 450	<b>Densité :</b> 420
<b>AVANTAGES</b>	Insensible à l'eau et résistante à la compression. Bonne inertie thermique, non nocive pour la santé.		
<b>INCONVENIENTS</b>	Se présente en granulés, ne peut donc être utilisée qu'avec un coffrage ou mélangé avec un liant.		
<b>COMPOSITION</b>	Argile Huile lourde		
<b>MISE EN ŒUVRE</b>	A utiliser soi-même sur plancher ou en doublage. Se présente en sacs.		
<b>NOS PRECONISATIONS</b>	Pour améliorer l'inertie thermique d'un étage au niveau de son plancher et des cloisons.		

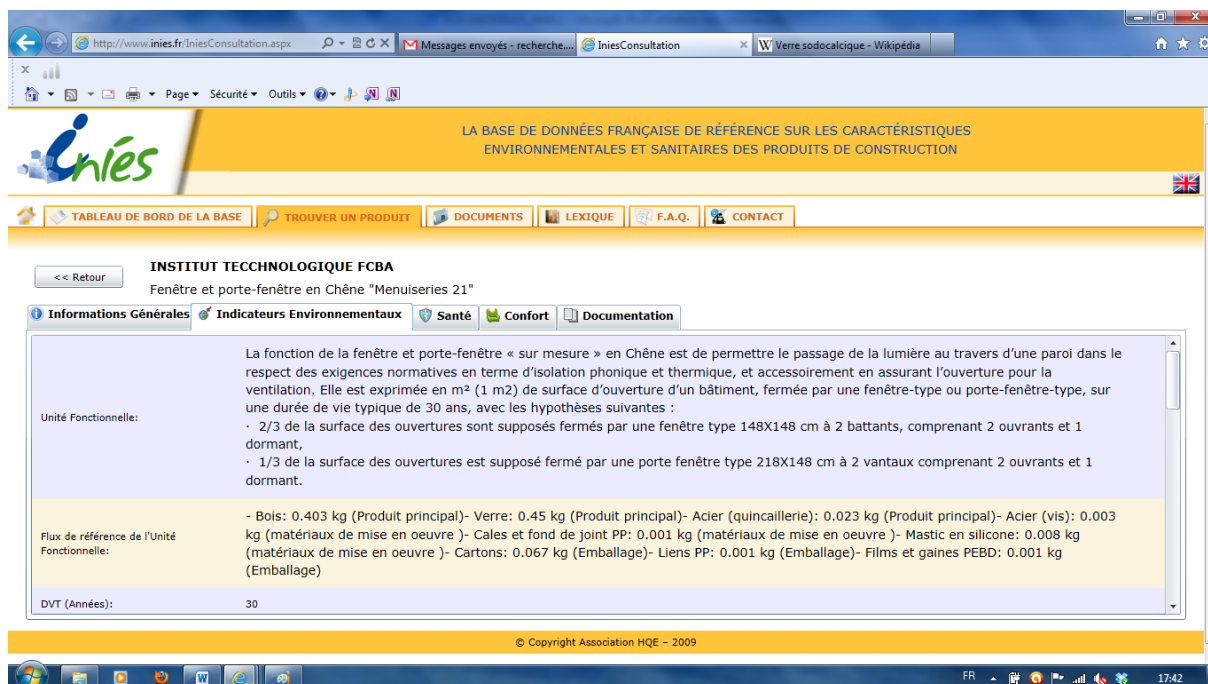
L'argile expansée est un granulat léger obtenu par la cuisson de petits morceaux d'argile dans des fours rotatifs, à une température d'environ 1.100° C

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



### 5.3. IMPRIM'ECRAN D'UNE PAGE DU SITE DE L'INIES



Pour en découvrir plus, la page d'accueil du site de l'INIES est disponible à l'adresse suivante :

[www.inies.fr](http://www.inies.fr)

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 5.4. IMPRIM'ECRAN DE LA BASE KBOB 2011

Bezug		UBP			Primärenergie Energie primaire						Treibhausgasemissionen Emissions de gaz à effet de serre			Référence	
Grösse	Einheit	UBP			gesamt globale			nicht erneuerbar non renouvelable			Total	Herstellung	Entsorgung	Dimension	
		Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung					
		MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	kg	kg	kg		
<b>Béton (sans armature)</b>															
Masse	kg	87,3	63,5	23,8	0,544	0,366	0,178	0,517	0,345	0,172	0,0646	0,0557	0,00890	Masse	Béton C 8/10 (béton maigre)
Masse	kg	96,0	70,2	25,8	0,721	0,519	0,202	0,680	0,484	0,196	0,0775	0,0670	0,0105	Masse	Béton C 25/30 spécialement pour fondations
Masse	kg	116	90,6	25,8	0,811	0,609	0,202	0,771	0,575	0,196	0,120	0,110	0,0105	Masse	Béton C 30/37
Masse	kg	129	103	25,8	0,933	0,730	0,202	0,887	0,691	0,196	0,144	0,133	0,0105	Masse	Béton C 50/60 (pour charge élevée)
<b>Pierres de taille</b>															
Masse	kg	178	154	24,2	3,02	2,83	0,189	2,76	2,57	0,183	0,248	0,239	0,00907	Masse	Brique en terre cuite
Masse	kg	134	111	23,7	1,58	1,40	0,180	1,45	1,28	0,174	0,139	0,130	0,00873	Masse	Grès
Masse	kg	289	265	24,2	3,64	3,45	0,189	3,43	3,25	0,183	0,421	0,412	0,00907	Masse	Béton cellulaire
Masse	kg	134	110	23,8	1,01	0,831	0,178	0,930	0,758	0,172	0,130	0,121	0,00890	Masse	Plot de ciment
Masse	kg	387	362	24,2	5,61	5,42	0,189	5,44	5,26	0,183	0,409	0,400	0,00907	Masse	Pierre en béton léger: argile expansée
Masse	kg	182	158	24,2	1,64	1,45	0,189	1,54	1,36	0,183	0,224	0,215	0,00907	Masse	Pierre en béton léger: pierre ponce naturelle
Masse	kg	224	200	24,2	5,67	5,49	0,189	2,83	2,64	0,183	0,170	0,161	0,00907	Masse	Brique en argile léger
<b>Autres matériaux massifs</b>															
Masse	kg	205	181	24,2	2,00	1,81	0,189	1,89	1,70	0,183	0,218	0,209	0,00907	Masse	Tuiles en béton
Masse	kg	254	230	24,2	4,10	3,91	0,189	4,01	3,83	0,183	0,367	0,358	0,00907	Masse	Tuile en terre cuite
Masse	kg	682	651	30,9	10,7	10,4	0,297	9,06	8,77	0,295	0,745	0,731	0,0134	Masse	Bardeau de fibrociment
Masse	kg	912	881	30,9	14,2	13,9	0,297	12,1	11,8	0,295	1,10	1,09	0,0134	Masse	Dalle de fibrociment, grande
Masse	kg	652	621	30,9	9,48	9,19	0,297	7,64	7,35	0,295	0,697	0,683	0,0134	Masse	Plaque ondulée en fibrociment

La base KBOB est Suisse et principalement germanophone. Rattachée à la base de données d'Ecolnvent, elle donne, pour la plupart des types de matériaux de construction, les données suivantes de gauche à droite :

- Le nom en allemand,
- La caractéristique physique de l'unité fonctionnelle en allemand,
- L'unité fonctionnelle,
- L'indice UBP total, lors de la fabrication et lors de l'élimination,
- L'énergie primaire (énergie grise) nécessaire totale, lors de la fabrication et lors de l'élimination,
- L'énergie primaire (énergie grise) non renouvelable nécessaire totale, lors de la fabrication et lors de l'élimination,
- L'émission de gaz à effet-de-serre totale, lors de la fabrication et lors de l'élimination,
- La caractéristique physique de l'unité fonctionnelle en français,
- Le nom en français,

La base KBOB donne également le bilan carbone, l'énergie grise nécessaire et l'indice UBP pour :

- La mise en œuvre des installations techniques du bâtiment, comme par exemple des panneaux solaires,
- La consommation d'énergie lors de la mise en œuvre,
- Le transport de tous les éléments de la construction.

AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071


[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 5.5. RESUME D'UNE FICHE EPD

<p>In dieser Umweltproduktdeklaration wird ein Mineralwolle-Produkt mit dem auf schnell erneuerbaren Inhaltsstoffen basierenden Bindemittel ECOSE Technology der Firma Knauf Insulation beschrieben.</p> <p>Die Dämmprodukte werden in Form von Platten oder Rollen im Rohdichtebereich von 10 bis 35 kg/m<sup>3</sup> produziert. Sie werden im Dickenbereich 60 bis 240 mm geliefert. Hauptbestandteil der Produkte ist Mineralwolle, als Bindemittel wird ECOSE Technology, eine auf pflanzlicher Stärke basierende Substanz, verwendet.</p> <p>Diese Deklaration bezieht sich auf 1 m<sup>3</sup> Mineralwolle-Produkt. In der unten stehenden Tabelle sind drei Vertreter der Anwendung dargestellt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TI 140 U: Zwischensparrendämmung; Bemessungswert <math>\lambda= 0,040 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}</math></li> <li>• TI 135 U: Zwischensparrendämmung; Bemessungswert <math>\lambda= 0,035 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}</math></li> <li>• TI 132 U: Zwischensparrendämmung; Bemessungswert <math>\lambda= 0,032 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}</math></li> </ul>	<b>Produktbeschreibung</b>
<p>Die Anwendung bezieht sich auf alle Gebiete der Dämmung in Dach, Decke und Zwischensparren und erfolgt als Wärme-, Kälte, Schall- und Brandschutz im Hochbau.</p>	<b>Anwendungsbereich</b>
<p>Die Ökobilanz wurde nach /ISO 14040/ und /ISO 14044/ den Anforderungen des IBU-Leitfadens zu Typ-III-Deklarationen und der spezifischen Regeln für mineralische Dämmstoffe durchgeführt. Als Datenbasis wurden spezifische Daten der untersuchten Produkte sowie Daten aus der Datenbank „GaBI 4“ /GaBI 4 2010/ herangezogen. Die Ökobilanz umfasst die Lebenszyklusstadien der Rohstoff- und Energiegewinnung und der Herstellung mit Transporten und Verpackungen, sowie das End of life.</p>	<b>Rahmen der Ökobilanz</b>

### Ergebnisse der Ökobilanz

Mineralwolle - Dämmstoffe mit ECOSE Technology für Dach, Decken und Zwischensparren						
Auswertegröße in Einheit pro m <sup>3</sup>	TI 140 U		TI 135 U		TI 132 U	
	Produktion	End of life	Produktion	End of life	Produktion	End of life
Primärenergie, nicht erneuerbar [MJ]	348,87	3,84	474,63	5,22	787,73	8,61
Primärenergie, erneuerbar [MJ]	44,14	0,17	58,17	0,23	99,42	0,39
Abiotische Ressourcenverbrauch (Elemente) [kg Sb-Äqv.]	2,05E-03	1,52E-06	2,79E-03	2,07E-06	4,60E-03	3,41E-06
Treibhauspotential [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	20,13	1,73	27,26	2,35	45,40	3,88
Ozonabbaupotential [kg R11-Äqv.]	1,95E-06	4,75E-09	2,70E-06	6,45E-09	4,43E-06	1,06E-08
Versauerungspotential [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	0,24	1,91E-03	0,33	2,60E-03	0,54	4,29E-03
Eutrophierungspotential [kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -Äqv.]	1,57E-02	3,78E-03	2,15E-02	5,14E-03	3,55E-02	8,47E-03
Photochemisches Ozonbildungspotential [kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqv.]	1,21E-02	5,25E-04	1,63E-02	7,14E-04	2,70E-02	1,18E-03

<p>Erstellt durch: Knauf Insulation in Zusammenarbeit mit PE INTERNATIONAL AG, Leinfelden-Echterdingen</p>		
<p>Prüfungen und Nachweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biopersistenz: Prof. Dr. Helmut A. Schaeffer, Dönerstrasse 28F, 12203 Berlin, Deutschland</li> <li>- Formaldehyd- und VOC-Emissionen: Eurofins Consumer Product Testing GmbH, Zertifizierungsstelle, Stenzelring 14b, 21107 Hamburg, Deutschland</li> <li>- Radioaktivität: Universität des Saarlandes; Klinikum Homburg, Radioaktivitätsmessstelle; D-66421 Homburg</li> <li>- Auslaugverhalten: WRC Swindon, Frankland Road, Blagrove, Swindon, Wiltshire. SN5 8YF.</li> <li>- Brand: Materialprüfanstalt für das Bauwesen, Hannover</li> </ul>	<b>Nachweise und Prüfungen</b>	

Une EPD (Environnemental Product Declaration) ou Umwelt-Produktdeklaration en allemand, langue dans laquelle celles-ci sont rédigées, sont un équivalent de fiches de déclaration environnementales et sanitaires.

Ecrites par les producteurs, elles sont vérifiées par une tierce partie.

« But the EPD System is recognized as one of the most credible systems globally since we have acted since 1997 », selon un employé de « The International EPD® System ».

AR ARCHITECTES  
 SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 5.6. EXTRAIT DU FASCICULE 2 DES REGLES TH-U DE LA REGLEMENTATION THERMIQUE 2005 DONNANT LES COEFFICIENTS DE TRANSFERT THERMIQUE DE MATERIAUX

Matériaux ou application	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/(m.K)	Capacité thermique massique (Cp) en J/(kg.K)	Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau ( $\mu$ )	
				sec	humide
<b>2.1 – PIERRES <sup>(1)</sup></b>					
<b>2.1.1 – ROCHES PLUTONIQUES ET METAMORPHIQUES</b>					
– Gneiss, porphyres	2 300 ≤ $\rho$ ≤ 2 900	3,5	1 000	10 000	10 000
– Granites	2 500 ≤ $\rho$ ≤ 2 700	2,8	1 000	10 000	10 000
– Schistes, ardoises	2 000 ≤ $\rho$ ≤ 2 800	2,2 <sup>(2)</sup>	1 000	1 000	800
<b>2.1.2 – ROCHES VOLCANIQUES</b>					
– Basaltes	2 700 ≤ $\rho$ ≤ 3 000	1,6	1 000	10 000	10 000
– Trachytes, andésites	2 000 ≤ $\rho$ ≤ 2 700	1,1	1 000	20	15
– Pierres naturelles poreuses, ex. laves	$\rho$ ≤ 1 600	0,55	1 000	20	15
<b>2.1.3 – PIERRES CALCAIRES</b>					
– Marbres	2 600 ≤ $\rho$ ≤ 2 800	3,5	1 000	10 000	10 000
– Pierres froides ou extra-dures	2 200 ≤ $\rho$ ≤ 2 590	2,3	1 000	250	200
– Pierres dures	2 000 ≤ $\rho$ ≤ 2 190	1,7	1 000	200	150
– Pierres fermes, demi-fermes	1 800 ≤ $\rho$ ≤ 1 990	1,4	1 000	50	40
– Pierres tendres n° 2 et 3	1 600 ≤ $\rho$ ≤ 1 790	1,1	1 000	40	25
– Pierres très tendres	$\rho$ ≤ 1 590	0,85	1 000	30	20
<b>2.1.4 – GRÈS</b>					
– Grès quartzeux	2 600 ≤ $\rho$ ≤ 2 800	2,6	1 000	40	30
– Grès (silice)	2 200 ≤ $\rho$ ≤ 2 590	2,3	1 000	40	30
– Grès calcaireux	2 000 ≤ $\rho$ ≤ 2 700	1,9	1 000	30	20
<b>2.1.5 – SILEX, MEULIÈRES ET PONCES</b>					
– Silex	2 600 ≤ $\rho$ ≤ 2 800	2,6	1 000	10 000	10 000
– Meulières	1 900 ≤ $\rho$ ≤ 2 500	1,8	1 000	50	40
	1 300 ≤ $\rho$ < 1 900	0,9	1 000	30	20
– Ponces naturelles	$\rho$ ≤ 400	0,12	1 000	8	6
<i>(1) Les conductivités thermiques données dans ce paragraphe sont en fait des conductivités thermiques équivalentes tenant compte des joints.</i>					
<i>(2) Il s'agit de la conductivité correspondant à l'utilisation de ces matériaux en murs, c'est-à-dire pour un flux de chaleur parallèle aux strates.</i>					

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Matériaux ou application	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/(m.K)	Capacité thermique massique (Cp) en J/(kg.K)	Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau ( $\mu$ )	
				sec	humide
<b>2.2 – BÉTONS</b>					
<b>2.2.1 – BÉTONS DE GRANULATS COURANTS SILICEUX, SILICO-CALCAIRES ET CALCAIRES</b> (granulats conformes aux spécifications de la norme NF P 18-540)					
<b>2.2.1.1 – Béton plein</b>	2 300 < $\rho$ ≤ 2 600 2 000 < $\rho$ ≤ 2 300	2,00 1,65	1 000 1 000	130 120	80 70
<b>2.2.1.2 – Béton caverneux</b>	1800 < $\rho$ ≤ 2 000 1600 ≤ $\rho$ ≤ 1 800	1,35 1,15	1 000 1 000	100 100	60 60
<b>2.2.1.3 – Béton plein armé</b> Valeurs à prendre en compte lorsque le béton plein est armé avec un pourcentage en volume de : – avec 1 < % d'acier ≤ 2 – avec % d'acier > 2 dont au moins la moitié est disposée parallèlement au flux thermique. Pour les ouvrages dont le béton plein est armé avec moins de 1 % en volume d'acier ou n'entrant pas dans les familles ci-dessus, la valeur à prendre en compte est la valeur définie en 2.2.1.1 ci-dessus.	2 300 < $\rho$ ≤ 2 400 $\rho$ > 2 400	2,3 2,5	1 000 1 000	130 130	80 80
<b>2.2.2 – BÉTONS DE GRANULATS COURANTS DE LAITIERS DE HAUTS FOURNEAUX</b> (granulats conformes aux spécifications de la norme NF P 18-302)					
<b>2.2.2.1 – Béton plein</b> – avec sable de rivière ou de carrière – avec laitier granulé (granulats conformes aux spécifications de la norme NF P 18-306)	2 000 ≤ $\rho$ ≤ 2 400 2 100 ≤ $\rho$ ≤ 2 300	1,4 0,8	1 000 1 000	150 150	120 120
<b>2.2.2.2 – Béton caverneux</b> Bétons comportant moins de 10 % de sable de rivière	1 600 ≤ $\rho$ ≤ 2 000	0,7	1 000	150	120
<b>2.2.3 – BÉTONS DE GRANULATS LÉGERS</b>					
<b>2.2.3.1 – Béton de pouzzolane ou de laitier expansé à structure caverneuse</b> Granulats conformes aux spécifications des normes NF P 18-307 et 18-308 Masse volumique apparente des granulats en vrac 750 kg/m <sup>3</sup> environ					
– avec éléments fins ou sable	1 400 ≤ $\rho$ ≤ 1 600 1 200 ≤ $\rho$ ≤ 1 400	0,52 0,44	1 000 1 000	30 30	20 20
– sans éléments fins de sable	1 000 ≤ $\rho$ ≤ 1 200	0,35	1 000	30	20
<b>2.2.3.2 – Béton de cendres volantes frittées</b> Masse volumique apparente des granulats en vrac 650 kg/m <sup>3</sup> environ	1 000 ≤ $\rho$ ≤ 1 200	0,35	1 000	30	20
<b>2.2.3.3 – Béton de ponce naturelle</b> Masse volumique apparente des granulats en vrac 600 kg/m <sup>3</sup> environ	950 ≤ $\rho$ ≤ 1 150	0,46	1 000	50	40

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



Matériaux ou application	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/(m.K)	Capacité thermique massique (Cp) en J/(kg.K)	Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau ( $\mu$ )	
				sec	humide
<b>2.2.3.4 – Béton d'argile expansée ou de schiste expansé</b> (Granulats conformes aux spécifications de la norme NF P 18-309)					
• Bétons de structure Dosage en ciment égal ou supérieur à 300 kg/m <sup>3</sup> et masse volumique apparente des granulats en vrac comprise entre 300 et 550 kg/m <sup>3</sup> , ou supérieure à 550 kg/m <sup>3</sup>					
– avec sable de rivière, sans sable léger	1 600 < $\rho$ ≤ 1 800	1,05	1 000	8	6
– avec sable de rivière et sable léger	1 400 < $\rho$ ≤ 1 600	0,85	1 000	8	6
• Bétons « isolants porteurs » Dosage en ciment égal ou supérieur à 300 kg/m <sup>3</sup> et masse volumique apparente des granulats en vrac comprise entre 300 et 550 kg/m <sup>3</sup>					
– avec sable léger et au plus 10 % de sable de rivière	1 200 < $\rho$ ≤ 1 400	0,7	1 000	6	4
– avec sable léger, sans sable de rivière	1 000 ≤ $\rho$ ≤ 1 200	0,46	1 000	6	4
• Bétons caverneux et semi-caverneux Dosage en ciment inférieur ou égal à 250 kg/m <sup>3</sup> et masse volumique apparente des granulats en vrac inférieure à 350 kg/m <sup>3</sup> ou comprise entre 350 et 550 kg/m <sup>3</sup> pour les bétons de masse volumique comprise entre 600 et 1000 kg/m <sup>3</sup>					
– avec sable léger, sans sable de rivière	800 < $\rho$ ≤ 1 000	0,33	1 000	6	4
– sans sable (léger ou de rivière) et ne nécessitant qu'un faible dosage en ciment	600 < $\rho$ ≤ 800 $\rho$ ≤ 600	0,25 0,20	1 000 1 000	6 6	4 4
<b>2.2.4 – BÉTONS DE GRANULATS TRÈS LÉGERS</b>					
<b>2.2.4.1 – Bétons de perlite ou de vermiculite grade 3</b> (de 3 à 6 mm) coulé en place					
– dosage : 3/1	600 < $\rho$ ≤ 800	0,31	1 000	15	10
– dosage : 6/1	400 ≤ $\rho$ ≤ 600	0,24	1 000	15	10
<b>2.2.4.2 – Plaques de béton de vermiculite fabriquées en usine</b>	400 ≤ $\rho$ ≤ 600	0,19	1 000	15	10
<b>2.2.5 – BÉTONS CELLULAIRES TRAITÉS À L'AUTOCLAVE</b>					
– Masse volumique nominale 800	765 < $\rho$ ≤ 825	0,29	1 000	10	6
– Masse volumique nominale 750	715 < $\rho$ ≤ 775	0,27	1 000	10	6
– Masse volumique nominale 700	665 < $\rho$ ≤ 725	0,25	1 000	10	6
– Masse volumique nominale 650	615 < $\rho$ ≤ 675	0,23	1 000	10	6
– Masse volumique nominale 600	565 < $\rho$ ≤ 625	0,21	1 000	10	6
– Masse volumique nominale 550	515 < $\rho$ ≤ 575	0,19	1 000	10	6
– Masse volumique nominale 500	465 < $\rho$ ≤ 525	0,175	1 000	10	6
– Masse volumique nominale 450	415 < $\rho$ ≤ 475	0,16	1 000	10	6
– Masse volumique nominale 400	365 < $\rho$ ≤ 425	0,145	1 000	10	6
<b>2.2.6 – BÉTONS DE BOIS</b>					
<b>2.2.6.1 – Béton de copeaux de bois</b> (conforme aux documents d'Avis Technique)	450 ≤ $\rho$ ≤ 650	0,16	1 000	15	10
<b>2.2.6.2 – Panneaux de laine de bois (fibragglo)</b> (voir § 2.5.3)					
<b>2.2.6.3 – Béton de copeaux de bois</b> Béton de fibres végétales (fibre de chanvre...)	100 ≤ $\rho$ ≤ 200 200 ≤ $\rho$ ≤ 600	0,1 0,2	1 000 1 000		

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Matériaux ou application	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/(m.K)	Capacité thermique massique (Cp) en J/(kg.K)	Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau ( $\mu$ )		
				sec	humide	
<b>2.3 – PLÂTRES <sup>(3)</sup></b>						
<b>2.3.1 – PLÂTRES SANS GRANULATS</b>						
• Plâtre « gaché serré » ou « très serré » (plâtre de très haute dureté (THD), plâtre projeté et plâtre fin)	1 200 < $\rho$ ≤ 1 500 900 < $\rho$ ≤ 1 200 600 ≤ $\rho$ ≤ 900 $\rho$ ≤ 600	0,56 0,43 0,30 0,18	1 000 1 000 1 000 1 000	10 10 10 10	4 4 4 4	
• Plâtre courant d'enduit intérieur (plâtre fin de construction (PFC) ou plâtre gros de construction (PGC))	1 000 ≤ $\rho$ ≤ 1 300 $\rho$ ≤ 1 000	0,57 0,40	1 000 1 000	10 10	6 6	
• Enduit intérieur à base de plâtre et de sable	$\rho$ ≤ 1 600	0,80	1 000	10	6	
• Plaques de plâtres à parement de carton « standard » et « haute dureté » ou éléments préfabriqués en plâtre à parements lisses	750 ≤ $\rho$ ≤ 900	0,25	1 000	10	4	
<b>2.3.2 – PLÂTRE AVEC GRANULATS LÉGERS OU FIBRES MINÉRALES</b>						
• Plaques de plâtre à parement de carton « spéciales feu » et plaques de plâtre armées de fibres minérales	800 ≤ $\rho$ ≤ 1 000	0,25	1 000	10	4	
• Plâtre d'enduit avec perlite tout venant ou vermiculite grade 2 (de 1 à 2 mm)	600 ≤ $\rho$ ≤ 900	0,30	1 000	10	6	
– 1 volume pour un volume de plâtre	500 ≤ $\rho$ ≤ 600	0,18	1 000	10	6	
<b>2.4 – TERRE CUITE</b> utilisée dans les éléments de maçonnerie						
– Masse volumique nominale 2400	2 300 < $\rho$ ≤ 2 400	1,04	1 000	16	10	
– Masse volumique nominale 2300	2 200 < $\rho$ ≤ 2 300	0,98	1 000	16	10	
– Masse volumique nominale 2200	2 100 < $\rho$ ≤ 2 200	0,92	1 000	16	10	
– Masse volumique nominale 2100	2 000 < $\rho$ ≤ 2 100	0,85	1 000	16	10	
– Masse volumique nominale 2000	1 900 < $\rho$ ≤ 2 000	0,79	1 000	16	10	
– Masse volumique nominale 1900	1 800 < $\rho$ ≤ 1 900	0,74	1 000	16	10	
– Masse volumique nominale 1800	1 700 < $\rho$ ≤ 1 800	0,69	1 000	16	10	
– Masse volumique nominale 1700	1 600 < $\rho$ ≤ 1 700	0,64	1 000	16	10	
– Masse volumique nominale 1600	1 500 < $\rho$ ≤ 1 600	0,60	1 000	16	10	
– Masse volumique nominale 1500	1 400 < $\rho$ ≤ 1 500	0,55	1 000	16	10	
– Masse volumique nominale 1400	1 300 < $\rho$ ≤ 1 400	0,50	1 000	16	10	
– Masse volumique nominale 1300	1 200 < $\rho$ ≤ 1 300	0,46	1 000	16	10	
– Masse volumique nominale 1200	1 100 < $\rho$ ≤ 1 200	0,41	1 000	16	10	
– Masse volumique nominale 1100	1 000 < $\rho$ ≤ 1 100	0,38	1 000	16	10	
– Masse volumique nominale 1000	$\rho$ ≤ 1000	0,34	1 000	16	10	
<b>2.5 – VEGETAUX</b>						
On caractérise les bois par leur masse volumique normale moyenne $\rho_n$ , c'est-à-dire avec une teneur en humidité $t_n$ de 15 % selon la terminologie de la norme NF B 51-002. La densité ainsi caractérisée est donc plus élevée que la masse volumique sèche indiquée dans la deuxième colonne.						
<b>2.5.1 – Bois</b>						
– Feuillus très lourds	$\rho_n > 1000$ kg/m <sup>3</sup>	$\rho > 870$	0,29	1 600	200	50
– Feuillus lourds	865 < $\rho_n$ ≤ 1000 kg/m <sup>3</sup>	750 < $\rho$ ≤ 870	0,23	1 600	200	50
– Feuillus mi-lourds	650 < $\rho_n$ ≤ 865 kg/m <sup>3</sup>	565 < $\rho$ ≤ 750	0,18	1 600	200	50
– Feuillus légers	500 < $\rho_n$ ≤ 650 kg/m <sup>3</sup>	435 < $\rho$ ≤ 565	0,15	1 600	200	50
– Feuillus très légers hors balsa	230 < $\rho_n$ ≤ 500 kg/m <sup>3</sup>	200 < $\rho$ ≤ 435	0,13	1 600	50	20
– Balsa	$\rho_n$ ≤ 230 kg/m <sup>3</sup>	$\rho$ ≤ 200	0,057	1 600	50	20
– Résineux très lourd	$\rho_n > 700$ kg/m <sup>3</sup>	$\rho > 610$	0,23	1 600	50	20
– Résineux lourds	600 < $\rho_n$ ≤ 700 kg/m <sup>3</sup>	520 < $\rho$ ≤ 610	0,18	1 600	50	20
– Résineux mi-lourds	500 < $\rho_n$ ≤ 600 kg/m <sup>3</sup>	435 < $\rho$ ≤ 520	0,15	1 600	50	20
– Résineux légers	$\rho_n$ ≤ 500 kg/m <sup>3</sup>	$\rho$ ≤ 435	0,13	1 600	50	20
<i>(3) Conventionnellement, la masse volumique sèche des plâtres est obtenue après séchage en étuve ventilée à 55 °C au lieu de 70 °C (Voir NF B 12-001).</i>						

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Matériaux ou application	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/(m.K)	Capacité thermique massique (Cp) en J/(kg.K)	Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau ( $\mu$ )	
				sec	humide
<b>2.5.2 – PANNEAUX À BASE DE BOIS</b> définis conformément à la norme NF EN 13986 (octobre 2000)					
<b>2.5.2.1 – Panneaux contreplaqués</b> définis selon les normes NF EN 313-1 et NF EN 313-2 et bois panneautés définis selon la norme EN 12775.					
– Panneaux de masse volumique nominale 850 à 1 000 kg/m <sup>3</sup>	750 < $\rho$ ≤ 900	0,24	1 600	250	110
– Panneaux de masse volumique nominale 700 à 850 kg/m <sup>3</sup>	600 < $\rho$ ≤ 750	0,21	1 600	250	110
– Panneaux de masse volumique nominale 600 à 700 kg/m <sup>3</sup>	500 < $\rho$ ≤ 600	0,17	1 600	220	90
– Panneaux de masse volumique nominale 500 à 600 kg/m <sup>3</sup>	450 < $\rho$ ≤ 500	0,15	1 600	200	70
– Panneaux de masse volumique nominale 400 à 500 kg/m <sup>3</sup>	350 < $\rho$ ≤ 450	0,13	1 600	200	70
– Panneaux de masse volumique nominale 300 à 400 kg/m <sup>3</sup>	250 < $\rho$ ≤ 350	0,11	1 600	200	50
– Panneaux de masse volumique inférieure à 300 kg/m <sup>3</sup>	$\rho$ ≤ 250	0,09	1 600	200	50
<b>2.5.2.2 – Panneaux à lamelles longues et orientées (OSB)</b> définis selon la norme NF EN 300	$\rho$ ≤ 650	0,13	1 700	50	30
<b>2.5.2.3 – Panneaux de particules liées au ciment</b> définis selon les normes NF EN 634-1 et NF EN 634-2.	$\rho$ ≤ 1 200	0,23	1 500	50	30
<b>2.5.2.4 – Panneaux de particules</b> définis selon la norme NF EN 309					
– Panneaux de masse volumique nominale 700 à 900 kg/m <sup>3</sup>	640 < $\rho$ ≤ 820	0,18	1 700	50	20
– Panneaux de masse volumique nominale 500 à 700 kg/m <sup>3</sup>	450 < $\rho$ ≤ 640	0,15	1 700	50	20
– Panneaux de masse volumique nominale 300 à 500 kg/m <sup>3</sup>	270 < $\rho$ ≤ 450	0,13	1 700	50	20
– Panneaux de masse volumique nominale 200 à 300 kg/m <sup>3</sup>	180 < $\rho$ ≤ 270	0,10	1 700	50	20
<b>2.5.2.5 – Panneaux de fibres</b> définis selon la norme NF EN 316	750 < $\rho$ ≤ 1 000 550 < $\rho$ ≤ 750 350 < $\rho$ ≤ 550 200 < $\rho$ ≤ 350 $\rho$ ≤ 200	0,20 0,18 0,14 0,10 0,07	1 700 1 700 1 700 1 700 1 700	50 30 20 10 5	20 20 12 6 2
<b>2.5.3 - PANNEAUX DE LAINE DE BOIS</b> Panneaux de laine de bois agglomérés avec un liant hydraulique, définis conformément à la norme NF EN 13168 (WW)	450 ≤ $\rho$ ≤ 550 350 ≤ $\rho$ ≤ 450 250 ≤ $\rho$ ≤ 350	0,11 (4) 0,10 0,08	1 700 1 700 1 700	20 10 10	12 5 5
<b>2.5.4 – LIÈGE</b> défini conformément à la norme NF B 57-000					
– Comprimé	$\rho$ ≤ 500	0,10	1 560	10	5
– Expansé pur : se reporter au paragraphe 2.6.3					
– Expansé aggloméré au brai ou aux résines synthétiques : se reporter au paragraphe 2.6.3					
<b>2.5.5 – PAILLE COMPRIMÉE</b>	300 ≤ $\rho$ ≤ 400	0,12	1 400	1	1

(4) La valeur de 0,11 dépasse la valeur maximale définie dans la norme NF EN 13168 en raison de l'écart entre la valeur déclarée (selon la norme) et la valeur utile (selon les règles Th-U)

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Matériaux ou application	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/(m.K)	Capacité thermique massique (Cp) en J/(kg.K)	Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau ( $\mu$ )	
				sec	humide
<b>2.6 – MATÉRIAUX ISOLANTS MANUFACTURÉS</b> Sont visés ici les matériaux dont la conductivité thermique est au plus égale à 0,065 W/(m.K), fabriqués en usine ou commercialisés sous la forme de plaques, panneaux ou rouleaux. Les caractéristiques thermiques des isolants sont données par famille d'isolants. Une famille est définie par une norme, un procédé de fabrication et, si nécessaire, des caractéristiques physiques spécifiques à cette famille. Les fabricants qui se réfèrent à une famille dans leurs documentations doivent pouvoir justifier que leurs produits satisfont aux critères d'identification indiqués. En l'absence de cette justification, sont applicables les valeurs données aux paragraphes ou alinéas « autres fabrications ».					
<b>2.6.1 – Balsa</b> Se reporter au § 2.5.1					
<b>2.6.2 – LAINES MINÉRALES</b> Définies conformément à la norme NF EN 13162 (MW). Les masses volumiques indiquées dans ce paragraphe sont les masses volumiques apparentes nominales telles qu'elles sont définies dans la EN 1602. Elles s'entendent revêtements éventuels exclus.					
<b>2.6.2.1 – Laines de roche</b>	15 ≤ $\rho$ < 25 25 ≤ $\rho$ < 40 40 ≤ $\rho$ < 100 100 ≤ $\rho$ < 125 125 ≤ $\rho$ < 150 150 ≤ $\rho$ < 175 175 ≤ $\rho$ < 200	0,050 0,044 0,042 0,044 0,046 0,047 0,048	1 030 1 030 1 030 1 030 1 030 1 030 1 030	1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1
<b>2.6.2.2 – Laines de verre</b>	7 ≤ $\rho$ < 10 10 ≤ $\rho$ < 15 15 ≤ $\rho$ < 20 20 ≤ $\rho$ < 30 30 ≤ $\rho$ < 40 40 ≤ $\rho$ < 80 80 ≤ $\rho$ < 120 120 ≤ $\rho$ < 150	0,055 0,047 0,044 0,041 0,039 0,038 0,039 0,040	1 030 1 030 1 030 1 030 1 030 1 030 1 030 1 030	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1
<b>2.6.2.3 – Laines minérales en vrac</b> <sup>(5)</sup> (masse volumique à l'application) - laines obtenues par soufflage sur plancher de comble - laines obtenues par épandage manuel sur plancher de comble	10 à 60 10 à 60	0,060 0,065	1 030 1 030	1 1	1 1
<b>2.6.2.4 – Autres laines minérales</b>		0,065	1 030	1	1
<b>2.6.3 – LIÈGE</b> (voir le § 2.5.4 pour les produits de masse volumique supérieure à 250 kg/m <sup>3</sup> ) – Expansé pur conforme à la norme NF EN 13170 (ICB) – Expansé aggloméré au brai ou aux résines synthétiques	100 ≤ $\rho$ ≤ 150 100 ≤ $\rho$ < 150 150 ≤ $\rho$ ≤ 250	0,049 0,049 0,055	1 560 1 560 1 560	10 10 10	5 5 5

(5) Valeur par défaut pour les produits non visés par les paragraphes 3.8.4.2 et 3.8.4.4 du fascicule 4/5 « Parois opaques » des règles Th-U

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Matériaux ou application	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/(m.K)	Capacité thermique massique (Cp) en J/(kg.K)	Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau ( $\mu$ )	
				sec	humide
<b>2.6.4 – MATIÈRES PLASTIQUES ALVÉOLAIRES</b>					
<b>2.6.4.1 – Polystyrène expansé</b> Dans le cas où les produits ci-dessous sont utilisés en isolation inversée de toiture, on se reportera, pour la détermination de leur conductivité thermique, aux Avis Techniques concernant ces procédés.					
<b>2.6.4.1.1</b> – Plaques découpées dans des blocs moulés et conformes à la norme NF EN 13163 (EPS) – Plaques moulées en continu et conformes à la norme NF EN 13163 (EPS) – Autres plaques moulées à partir de billes	7 ≤ $\rho$ < 10 10 ≤ $\rho$ < 13 13 ≤ $\rho$ < 15 15 ≤ $\rho$ < 19 19 ≤ $\rho$ < 24 24 ≤ $\rho$ < 29 29 ≤ $\rho$ < 40 40 ≤ $\rho$ < 60	0,056 0,050 0,047 0,044 0,042 0,040 0,039 0,038	1 450 1 450 1 450 1 450 1 450 1 450 1 450 1 450	60 60 60 60 60 60 60 60	60 60 60 60 60 60 60 60
<b>2.6.4.1.2 – Plaques extrudées conformes à la norme NF EN 13164 (XPS)</b>					
<b>2.6.4.1.2.1 Plaques sans gaz occlus autre que l'air et le CO<sub>2</sub></b> – épaisseur ≤ 60 mm – épaisseur > 60 mm	28 ≤ $\rho$ ≤ 40	0,041 0,046	1 450 1 450	150 150	150 150
<b>2.6.4.1.2.2 Plaques expansées avec des hydrochlorofluorocarbures HCFC (142b et/ou R22) <sup>(6)</sup></b>	25 ≤ $\rho$ ≤ 40	0,035	1 450	150	150
<b>2.6.4.1.2.3 Plaques expansées aux chlorofluorocarbures CFC <sup>(6)</sup></b> – sans peau de surface – avec peau de surface	25 ≤ $\rho$ ≤ 40 25 ≤ $\rho$ ≤ 40	0,033 0,031	1 450 1 450	150 150	150 150
<b>2.6.4.1.2.4 Plaques expansées avec des hydrofluorocarbures HFC 134a ou 152a</b> – épaisseur ≤ 60 mm – épaisseur > 60 mm	25 < $\rho$ ≤ 40	0,039 0,044	1 450 1 450	150 150	150 150
<b>2.6.4.1.3 – Plaques expansées fabriquées à partir de polystyrène, mais n'entrant pas dans les familles définies ci-dessus.</b>	20 ≤ $\rho$ ≤ 60	0,050	1 450	150	150
<b>2.6.4.2 – Mousse rigide de polychlorure de vinyle définie conformément à la NF T 56-202.</b> Q2 Q3	25 ≤ $\rho$ ≤ 35 35 ≤ $\rho$ ≤ 48	0,031 0,034			
<b>2.6.4.3 – Mousse de polyuréthane ou de polyisocyanurate plaques conformes à la norme NF EN 13165 (PUR)</b> On donne ici les caractéristiques thermiques des matériaux fabriqués en usine. Pour les produits projetés, on se reportera au § 2.6.4.3.9.					
<b>2.6.4.3.1 – Plaques moulées en continu entre revêtements souples et expansées avec des hydrochlorocarbures HCFC (141b) <sup>(6)</sup> et/ou aux pentanes.</b> – revêtements perméables à la diffusion – alu > 50 $\mu$ m ou reconnus étanches aux gaz	27 ≤ $\rho$ ≤ 40 27 ≤ $\rho$ ≤ 40	0,035 0,030	1 400 1 400	60 60	60 60
<b>2.6.4.3.2 – Plaques découpées dans des blocs moulés en continu et expansés avec des hydrochlorofluorocarbures HCFC (141b) <sup>(6)</sup> et/ou aux pentanes.</b>	37 ≤ $\rho$ ≤ 65	0,041	1 400	60	60
<b>2.6.4.3.3 – Plaques moulées en continu injectées entre deux parements rigides (métal) étanches aux gaz</b> – expansées avec des HCFC hydrochlorofluorocarbures <sup>(6)</sup> ou du pentane, – expansées sans gaz occlus autre que l'air ou du CO <sub>2</sub>	37 ≤ $\rho$ ≤ 60 37 ≤ $\rho$ ≤ 60	0,032 0,035	1 400 1 400	60 60	60 60
<b>2.6.4.3.4 – Plaques moulées en continu projetés sur un parement rigide (plâtre, dérivés du bois,...) expansées avec des hydrochlorocarbures <sup>(6)</sup> ou aux pentanes.</b>	30 ≤ $\rho$ ≤ 50	0,035	1 400	60	60

(6) Ces produits sont visés par le règlement CEE, portant sur les substances qui appauvrissent la couche d'ozone. En conséquence, les valeurs qui leur correspondent ne valent que pour les ouvrages réalisés avant 1996 pour les CFC et avant 2002 pour les HCFC et maintenus en l'état.

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



Matériaux ou application	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/(m.K)	Capacité thermique massique (Cp) en J/(kg.K)	Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau ( $\mu$ )	
				sec	humide
2.6.4.3.5 – Plaques moulées en continu ou découpées dans des blocs moulés expansés sans gaz occlus autre que l'air ou du CO <sub>2</sub> .	15 ≤ $\rho$ ≤ 30	0,040	1 400	60	60
2.6.4.3.6 Plaques conformes à la norme NF T 56-203, découpées dans des blocs moulés en discontinu, avec gaz CFC <sup>(7)</sup> .					
référence AD	30 ≤ $\rho$ < 35	0,030	1 400	60	60
référence BD	35 ≤ $\rho$ < 40	0,030	1 400	60	60
référence CD	40 ≤ $\rho$ < 50	0,035	1 400	60	60
référence DD	50 ≤ $\rho$ < 60	0,035	1 400	60	60
référence ED	60 ≤ $\rho$ < 70	0,040	1 400	60	60
référence FD	70 ≤ $\rho$ < 100	0,045	1 400	60	60
2.6.4.3.7 – Plaques conformes à la norme NF T 56-203, découpées dans des blocs moulés en discontinu avec gaz CFC <sup>(7)</sup> .					
référence AC	29 ≤ $\rho$ < 31	0,030	1 400	60	60
référence BC	31 ≤ $\rho$ < 33	0,030	1 400	60	60
référence CC	33 ≤ $\rho$ < 37	0,035	1 400	60	60
référence DC	37 ≤ $\rho$ < 46	0,035	1 400	60	60
référence EC	46 ≤ $\rho$ < 56	0,035	1 400	60	60
référence FC	56 ≤ $\rho$ < 66	0,040	1 400	60	60
référence GC	66 ≤ $\rho$ < 75	0,040	1 400	60	60
référence HC	75 ≤ $\rho$ < 100	0,045	1 400	60	60
2.6.4.3.8 – Plaques moulées en continu avec gaz CFC <sup>(7)</sup>	27 ≤ $\rho$ ≤ 35	0,030	1 400	60	60
2.6.4.3.9 – Plaques expansées, fabriquées à partir de polyuréthane mais n'entrant pas dans les familles définies ci-dessus.	20 ≤ $\rho$ < 60	0,050	1 400	60	60
2.6.4.4 – Mousse phénolique rigide On ne donne ici que les caractéristiques thermiques des matériaux fabriqués en usine.					
2.6.4.4.1 – Panneaux fabriqués en continu, expansés aux hydrochlorofluorocarbures (HCFC 141b) et (ou) aux hydrochlorocarbures (LBL2) et (ou) aux pentanes.	30 ≤ $\rho$ ≤ 45	0,030	1 400	50	50
2.6.4.4.2 – Panneaux fabriqués à partir de mousse phénolique mais n'entrant pas dans la famille ci-dessus.	30 ≤ $\rho$ ≤ 60	0,050	1 400	50	50
2.6.4.5 – Autres matières plastiques alvéolaires fabriquées en usine – isolants fabriqués à partir d'autres matières plastiques alvéolaires	7 ≤ $\rho$ ≤ 100	0,065			
2.6.5 – PLAQUES A BASE DE PERLITE EXPANSÉE					
2.6.5.1 – Plaques comportant un pourcentage de perlite expansée et de fibres supérieur à 80 %.	220 ≤ $\rho$ ≤ 275 180 ≤ $\rho$ ≤ 220 150 ≤ $\rho$ ≤ 180	0,062 0,060 0,059	900 900 900	5 5 5	5 5 5
2.6.5.2 – Plaques à base de perlite expansée et de cellulose agglomérées, n'entrant pas dans la famille ci-dessus.	140 ≤ $\rho$ < 260	0,064			
2.6.6 – PLAQUES HOMOGENES DE VERRE CELLULAIRE Fabrications postérieures à 1978	110 ≤ $\rho$ ≤ 140 140 < $\rho$ ≤ 180	0,051 0,057	1 000 1 000	∞	∞
2.6.7 - PRODUITS MANUFACTURES A BASE DE FIBRES VEGETALES (LAINE DE CHANVRE - LAINE DE LIN EN PANNEAUX OU ROULEAUX - COTON ...)	20 ≤ $\rho$ < 40 40 ≤ $\rho$ < 60 60 ≤ $\rho$ < 200	0,065 0,060 0,065	1 600 1 600 1 600	1 1 1	1 1 1
2.6.8 - PRODUITS MANUFACTURES A BASE DE FIBRES ANIMALES (LAINE DE MOUTON...)	10 ≤ $\rho$ < 20 20 ≤ $\rho$ < 50 50 ≤ $\rho$ < 100	0,065 0,060 0,050	1 600 1 600	1 1	1 1

(7). Ces produits sont visés par le règlement CEE, portant sur les substances qui appauvrissent la couche d'ozone. En conséquence, les valeurs qui leur correspondent ne valent que pour les ouvrages réalisés avant 1996 pour les CFC et avant 2004 pour les HCFC et maintenus en l'état.

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Matériaux ou application	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/(m.K)	Capacité thermique massique (Cp) en J/(kg.K)	Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau ( $\mu$ )	
				sec	humide
<b>2.7 – MATIÈRES PLASTIQUES SYNTHÉTIQUES COMPACTES, MASTICS ET PRODUITS D'ÉTANCHÉITÉ</b>					
<b>2.7.1 – MATIÈRES SYNTHÉTIQUES COMPACTES D'USAGE COURANT DANS LE BÂTIMENT</b>					
– naturel	910	0,13	1 100	10 000	10 000
– néoprène (polychloroprène)	1 240	0,23	2 140	10 000	10 000
– butyle (iso butène), plein/coulé à chaud	1 200	0,24	1 400	200 000	200 000
– caoutchouc mousse	60-80	0,06	1 500	7 000	7 000
– caoutchouc dur (ébonite), plein	1 200	0,17	1 400	∞	∞
– éthylène propylène diène monomère (EPDM)	1 150	0,25	1 000	6 000	6 000
– polyisobuthylène	930	0,20	1 100	10 000	10 000
– polysulfure	1 700	0,40	1 000	10 000	10 000
– butadiène	980	0,25	1 000	100 000	100 000
– acryliques	1 050	0,20	1 500	10 000	10 000
– poly carbonates	1 200	0,20	1 200	5 000	5 000
– polytétrafluoréthylène (PTFE)	2 200	0,25	1 000	10 000	10 000
– chlorure de polyvinyle (PVC)	1 390	0,17	1 900	50 000	50 000
– polyméthylméthacrylate (PMMA)	1 180	0,18	1 500	50 000	50 000
– poly acétate	1 410	0,30	1 400	100 000	100 000
– polyamide (nylon)	1 150	0,25	1 600	50 000	50 000
– polyamide 6.6 avec 25 % de fibre de verre	1 450	0,30	1 600	50 000	50 000
– polyéthylène/polythène, haute densité	980	0,50	1 800	100 000	100 000
– polyéthylène/polythène, basse densité	920	0,33	2 200	100 000	100 000
– polystyrène	1 050	0,16	1 300	100 000	100 000
– polypropylène	910	0,22	1 800	10 000	10 000
– polypropylène avec 25 % de fibre de verre	1 200	0,25	1 800	10 000	10 000
– polyuréthane (PU)	1 200	0,25	1 800	6 000	6 000
– résine époxy	1 200	0,20	1 400	10 000	10 000
– résine phénolique	1 300	0,30	1 700	100 000	100 000
– résine polyester	1 400	0,19	1 200	10 000	10 000
<b>2.7.2 – MASTICS POUR JOINTS, ÉTANCHÉITÉ ET COUPURE THERMIQUE</b>					
– silicagel (dessicatif)	720	0,13	1 000	∞	∞
– silicone pur	1 200	0,35	1 000	5 000	5 000
– silicone mastic	1 450	0,50	1 000	5 000	5 000
– mousse de silicone	750	0,12	1 000	10 000	10 000
– uréthane polyuréthane (coupure thermique)	1 300	0,21	1 800	60	60
– chlorure de polyvinyle flexible avec 40 % de plastifiant	1 200	0,14	1 000	100 000	100 000
– mousse élastomère flexible	60-80	0,05	1 500	10 000	10 000
– mousse de polyuréthane (PU)	70	0,05	1 500	60	60
– mousse de polyéthylène	70	0,05	2 300	100	100
<b>2.7.3 – PRODUITS D'ÉTANCHÉITÉ <sup>(8)</sup></b>					
<b>2.7.3.1 – Asphalte</b>					
– Asphalte pur	$\rho \leq 2 100$	0,70	1 000	50 000	50 000
– Asphalte sablé		1,15	1 000		
<b>2.7.3.2 – Bitume</b>					
– Pur	$\rho \leq 1 050$	0,17	1 000	50 000	50 000
– Cartons feutres et chapes souples imprégnées	$1 000 \leq \rho \leq 1 100$	0,23	1 000	50 000	50 000

(8) Les matériaux de protection, placés au-dessus de l'étanchéité ne sont pas pris en compte dans le calcul du U, sauf spécification contraire donnée dans un Avis Technique.

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Matériaux ou application	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/(m.K)	Capacité thermique massique (Cp) en J/(kg.K)	Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau ( $\mu$ )	
				sec	humide
<b>2.8 – MÉTAUX</b>					
– aluminium	2 700	230	880	∞	∞
– alliages d'aluminium	2 800	160	880	∞	∞
– bronze	8 700	65	380	∞	∞
– laiton	8 400	120	380	∞	∞
– cuivre	8 900	380	380	∞	∞
– fer pur	7 870	72	450	∞	∞
– fer, fonte	7 500	50	450	∞	∞
– plomb	11 300	35	130	∞	∞
– acier	7 800	50	450	∞	∞
– acier inoxydable	7 900	17	460	∞	∞
– zinc	7 200	110	380	∞	∞
<b>2.9 – AUTRES MATÉRIEAUX</b>					
<b>2.9.1 – TERRE ET SOLS</b>					
<b>2.9.1.1 – Sols</b>					
– sable et gravier	1 700 ≤ $\rho$ ≤ 2 200	2,0	910-1180	50	50
– argile ou limon	1 200 ≤ $\rho$ ≤ 1 800	1,5	1 670-2 500	50	50
<b>2.9.1.2 – Pisé, bauge, béton de terre stabilisé, blocs de terre comprimée</b>	1 770 ≤ $\rho$ ≤ 2 000	1,1			
<b>2.9.1.3 Revêtements de sol</b>					
– caoutchouc	1 200	0,17	1 400	10 000	10 000
– plastique	1 700	0,25	1 400	10 000	10 000
– sous couche, caoutchouc-mousse ou plastique cellulaire	270	0,10	1 400	10 000	10 000
– sous-couche feutre	120	0,05	1 300	20	15
– sous-couche laine	200	0,06	1 300	20	15
– sous-couche liège	$\rho < 200$	0,05	1 500	20	10
– plaque de liège	$\rho > 400$	0,065	1 500	40	20
– tapis, revêtement textile	200	0,06	1 300	5	5
– linoléum	1 200	0,17	1 400	1 000	800
<b>2.9.2 – MORTIERS D'ENDUITS ET DE JOINTS DE CIMENT OU DE CHAUX</b>					
	$\rho > 2000$	1,8	1 000	10	6
	1 800 < $\rho$ ≤ 2 000	1,3 <sup>(9)</sup>	1 000	10	6
Les mortiers de masse volumique inférieure à 1 800 kg/m <sup>3</sup> sont considérés comme non traditionnels.	1 600 < $\rho$ ≤ 1 800	1,0	1 000	10	6
	1 450 < $\rho$ ≤ 1 600	0,80	1 000	10	6
	1 250 < $\rho$ ≤ 1 450	0,70	1 000	10	6
	1 000 < $\rho$ ≤ 1 250	0,55	1 000	10	6
	750 < $\rho$ ≤ 1 000	0,40	1 000	10	6
	500 < $\rho$ ≤ 750	0,30	1 000	10	6
<b>2.9.3 – Fibres-ciment et fibres-ciment cellulosé</b>					
<b>2.9.3.1 – Fibres-ciment</b>					
	1 800 < $\rho$ ≤ 2 200	0,95			
	1 400 ≤ $\rho$ ≤ 1 800	0,65			
<b>2.9.3.2 – Fibres-ciment cellulosé</b>					
	1 400 < $\rho$ ≤ 1 800	0,46			
	1 000 ≤ $\rho$ ≤ 1 400	0,35			

(9) La masse volumique moyenne d'un mortier de pose est de 1 900 kg/m<sup>3</sup>.

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 5.7. FILIERES DE RECYCLAGE DES DECHETS DE LA CONSTRUCTION EN FRANCE

Dans la théorie, tout est recyclable. Dans les faits, en France, presque tout est potentiellement recyclable. Mais en réalité, un faible pourcentage des matériaux de construction sont recyclés.

Théoriquement, lorsqu'un matériau ou un équipement est en fin de vie au sein d'une construction, il doit être préférentiellement

1. réemployé,
2. mais s'il est inutilisable, il doit être recyclé,
3. puis sinon valorisé thermiquement, ce qui signifie incinéré,
4. et si c'est impossible, il doit alors être stocké.

En France, il existe 3 types de centres de stockage :

- Centre de stockage de type III : réservés aux déchets inertes (DI). Leur inertie en fait des matériaux avec lesquels il est possible de faire des remblais.



Figure 59 : Illustration de déchets inertes

- Centre de stockage de type II : réservés aux déchets industriels banals (DIB). Bien que ces déchets ne soient pas considérés comme dangereux, ils sont périssables et ne doivent pas se retrouver dans la nature. Il faudra donc les stocker avec sécurité. Le stockage des DIB coûtera donc plus cher à la maîtrise d'ouvrage que le stockage des déchets inertes.



Figure 60 : Illustration de déchets industriels banals

- Centre de stockage de type I : réservés aux déchets dangereux (DD). Les déchets règlementés sont les déchets dangereux, les déchets contenant de l'amiante et les déchets issus d'emballages. Si le volume de déchets à stocker impérativement en classe I sont peu volumineux par rapport à l'ensemble des déchets de construction, le stockage coûte très cher. C'est une incitation supplémentaire au tri sur les chantiers.



Figure 61 : Illustration de déchets dangereux

Mais le stockage des matériaux est une solution extrême. Il existe également la possibilité de valoriser certains matériaux thermiquement. Si brûler du combustible sur chantier est illégal (sauf si un matériau est infesté de nuisibles), beaucoup de déchets industriels banals peuvent servir dans des usines d'incinération d'ordures ménagères et déchets apparentés.

Cependant, il est préférable de recycler les matériaux plutôt que de les incinérer. En effet, il existe en France plusieurs grandes filières de recyclage :

- La filière du verre : Il s'agit en France d'une filière publique dont dispose tout logement. Il existe 3 filières de recyclage du verre en comptant le verre sans additif ;
- La filière fer et métaux : Il s'agit en France d'une filière publique dont dispose tout logement. Après tri des différents métaux (fer, cuivre, zinc et métaux ferreux comme l'acier, par exemple), le recyclage permet de répondre à l'épuisement des matières premières primaires (c'est-à-dire les ressources naturelles, qui s'opposent aux matières premières secondaires issues du recyclage) en cours suit généralement les étapes suivantes :
  - Séparation,
  - Mise en balle,
  - Broyage,
  - Purification,
  - Fonte
  - Mise en forme / lamination ;
- La filière des papiers et cartons : Il s'agit en France d'une filière publique dont dispose tout logement. Il s'agit d'une filière de recyclage directe ;

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



- La filière des plastiques : Il s'agit en France d'une filière publique dont dispose tout logement. Les filières plastiques sont d'autant plus nombreuses qu'il y a de catégories de plastiques. Il est à noter cependant que certains plastiques d'origine biologique sont biodégradables dans certaines conditions ;
- La filière déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) : Il s'agit en France d'une filière privée. 4 grands acteurs s'arrachent le marché. Dont une société spécialisée dans le recyclage des systèmes d'éclairage ;
- La filière des véhicules hors d'usage (VHU) : Il s'agit de filières privées qui s'occupent du recyclage de l'ensemble des composants des VHU ;
- La filière du compostage : Il s'agit d'une filière qui n'est pas organisée en France. Il s'agit principalement d'initiatives privées où des matières carbonées (végétales) et azotées (urine) sont mélangées suivant des doses précises suivant les conditions de compostage. La plupart des matériaux de construction biodégradables peuvent être compostés. Après compostage, ces matériaux serviront l'amendement des terres ;
- La filière de valorisation énergétique des déchets : Il s'agit d'une filière qui ne fait pas qu'incinérer. Il arrive que des déchets enfouis en centres de stockage fermentent. Il en résulte alors du biogaz, dont environ 50% de volume de méthane. Le même que celui du gaz naturel. Celui-ci est considéré comme énergie nouvelle (ENR).

Mais le grand problème pour le recyclage, outre la question de la collecte, c'est la question du tri. En effet, il faut aujourd'hui être un expert pour connaître les critères de sélection des matériaux dans les poubelles du verre et du plastique. Il y a trop peu de pédagogie, ou trop mal organisée. Derrière ce problème pratique se cache un autre problème, et plus important celui-là. Il s'agit des matériaux composites. En effet, un matériau contenant par exemple du carton et du plastique ne sera pas recyclable dans les filières classiques (à moins de séparer les composants, ce qui n'est rentable pour personne). Le même problème est rencontré dans la construction lorsque des équipements ou des systèmes constructifs dits recyclables nécessitent en réalité un temps gigantesque pour démonter et séparer les constituants. Généralement, ce n'est jamais fait et de potentielles précieuses matières premières secondaires (MPS) partent ainsi en centre de stockage.

Mais le plus écologique est encore le réemploi des matériaux lorsque cela est possible. Certains écologistes un peu trop extrémistes voudraient aller plus loin et pousser la conception architecturale avec moins du minimum de matériaux requis pour la construction.

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 5.8. ANALYSE DE CYCLE DE VIE DES MATERIAUX

L'analyse du cycle de vie, ou ACV, d'un matériau de construction correspond à l'impact environnemental pour l'exploitation d'une quantité donnée de ce matériau depuis l'extraction des matières premières, le transport, la transformation en matériaux de construction, la mise en œuvre, puis la vie en œuvre (lors de l'exploitation du bâtiment) et jusqu'à la gestion des déchets lors de la déconstruction.

C'est le nouveau nom de l'écobilan et il se traduit en anglais par LCA (Life Cycle Analysis). Il s'agit d'un milieu dominé dans le monde par l'anglophonie et la germanophonie.

La réalisation des ACV dans le monde répond aux normes méthodologiques ISO 14 040 et ISO 14 044. Celles-ci prévoient un travail qui se déroule en quatre grandes étapes :

1. Définir les objectifs de l'ACV et du champ de l'étude ;
2. Etablir l'inventaire du cycle de vie (ICV). Il s'agit de la majeure partie du travail ;
3. Evaluer l'impact environnemental ;
4. Interpréter et conclure. (COMMUNICATION ET CONSEILS SI EXTERNE)

Lors de la première étape, il faut définir les raisons pour lesquelles l'ACV est souhaitée, afin de pouvoir définir le champ d'étude. Par exemple, en général, l'énergie grise consommée lors du transport des matériaux est pris en considération. Une fois le champ de l'étude déterminé, il faut faire l'inventaire de cycle de vie (ICV). Il s'agit du cœur de l'ACV. Ensuite, une évaluation de l'impact environnemental de l'objet de l'ACV peut être entreprise. Dans tous les cas, il faut interpréter les résultats de l'ICV et conclure.



Figure 62 : Les grandes étapes du cycle de vie des matériaux de construction

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Le problème, c'est qu'une ACV considère une estimation moyenne de l'impact environnemental de l'objet en question. Il n'y a pas d'évaluation exacte. En effet, entre deux produits identiques :

- Suivant le lieu de production des matériaux :
  - La consommation énergétique ou encore l'émission de gaz à effet-de-serre dues au transport seront différentes ;
  - L'épuisement des ressources locales n'aura pas le même impact ;
- Concernant l'exploitation du matériau :
  - La qualité et la fréquence de l'entretien ne peuvent qu'être estimées et ne sont rarement considérées ;
- Concernant la fin de vie du matériau :
  - La durée de vie du matériau dépend de l'entretien ;
  - Les durées de vie des matériaux et du bâtiment sont liés ;
  - La possibilité de recycler est un fait. Le fait de recycler en est un autre. Mais les mentalités évoluent et les chiffres du recyclage ne cessent d'évoluer et à des rythmes différents suivant les régions.

Pour les matériaux de construction, les ACV peuvent suivre différentes méthodologies. Celles-ci varient suivant les Etats. Il en résulte une multitude de bases de données toutes différentes, mais qui se copient parfois l'une l'autre. La plus internationalement connue est Suisse. Il s'agit de celle d'Ecolnvent Center.

Pour les matériaux de construction, l'une des plus utilisées est la base KBOB 2011. Suisse et germanophone également.

Tous les Etats ne disposent pas de leurs propres bases de données et méthodologies, mais pour en citer quelques-uns, il existe :

- Les fiches internationales EPD (Suédoises, germanophones), validées par le « Swedish Environmental Management Council » ;
- La European Reference Life Cycle Database (ELCD) du Joint Reaserch Centre, Agence rattaché à la Commission Européenne ;
- Les bases de PE-International, bureau d'études basé en Allemagne ;
- Les bases de l'APME (Association des fabricants de plastique en Europe) ;
- Les bases de l'EAA (Association Européenne d'Aluminium) ;
- Les bases du RMIT (Royal Melbourne Institute of Technology, Australie) ;
- Les bases de Franklin US LCI 98 (Amérique du Nord), bases du logiciel SIMAPRO.



Figure 63 : Des bases de données désordonnées

AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

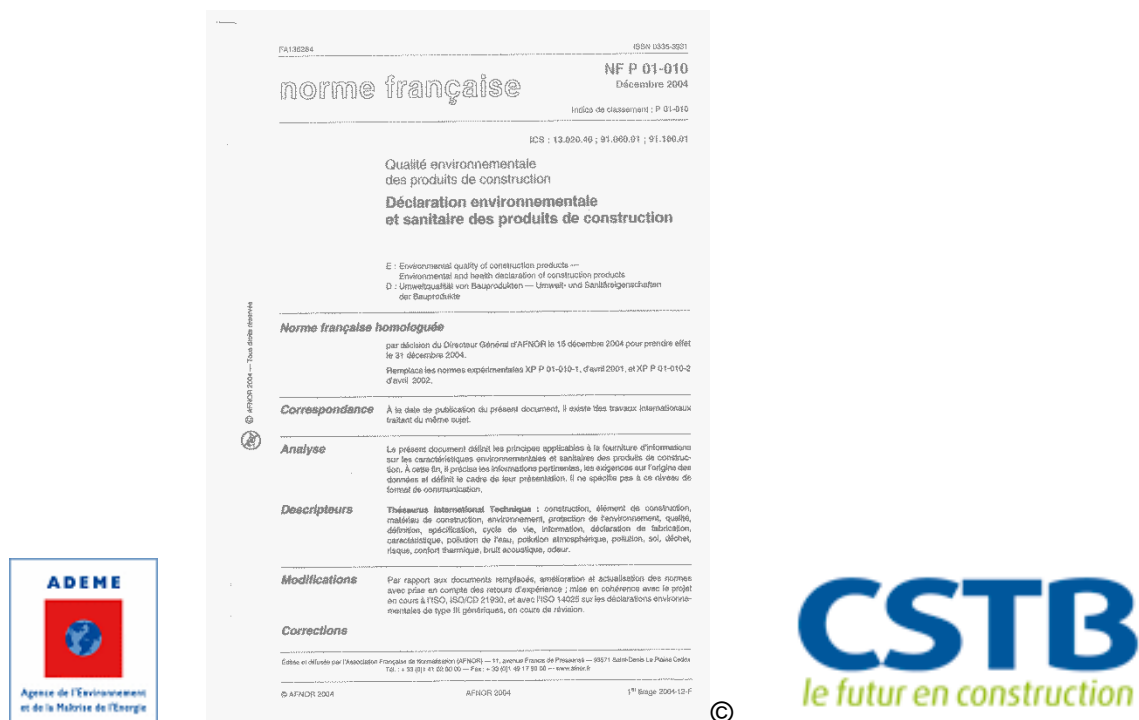
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

En France, ce sont les groupes de travaux de l'AFNOR (Agence Française de NORMALISATION) et de l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) qui constituent les bases de données d'ICV.

En ce qui concerne les matériaux de construction, la référence est le site de l'INIES ([www.inies.fr](http://www.inies.fr)). Ce site est cogéré par le CSTB et par l'ADEME. Il s'agit de la base de données Française pour accéder aux Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires (FDES). Les FDES sont des documents de trente à soixante pages. Il s'agit du résumé des ACV qui sont émises dans une démarche volontaire par les industries qui mettent les nouveaux produits de construction sur le marché.



De gauche à droite : le logo de l'ADEME, la première de couverture de la norme NF P01-010, le logo du CSTB

Figure 64 : Etablir des FDES, une volonté collective

La réalisation de FDES représente des études onéreuses. Mais pour le fabricant, il s'agit de faire de la communication pour un matériau, ou même un type de matériau de construction donné. La réunion de ces FDES dans la base de données INIES, c'est d'abord une manière de comparer les matériaux de construction, en France, suivant un référentiel commun, un référentiel qui répond à la norme Française NF P01-010.

Pour le détail technique, les impacts environnementaux se calculent pour une unité fonctionnelle (UF) de ce produit. Il peut s'agir d'une surface, d'un volume ou d'un poids. La durée de vie typique (DVT) est souvent estimée à 50 ou 100 ans, car ce sont des valeurs par défaut.

#### EXEMPLE D'UNE FDES

**AR ARCHITECTES**  
 SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des impacts environnementaux représentatifs pour l'Unité Fonctionnelle ainsi que pour toute la DVT. Ces impacts ont été calculés conformément à la norme NF P 01-010.

N°	Impact environnemental		Valeur		Unité	
			par UF <sup>(1)</sup>	par mètre carré de mur <sup>(2)</sup>		
1	Consommation de ressources énergétiques :					
	Énergie primaire totale		1,74	174,31	MJ	
	dont énergie récupérée <sup>(3)</sup>		0,21	21,17	MJ	
	Énergie renouvelable		0,15	15	MJ	
	Énergie non renouvelable		1,58	157,79	MJ	
2	Indicateur d'épuisement de ressources (ADP)		$5,75 \cdot 10^{-4}$	$5,75 \cdot 10^{-2}$	kg équivalent antimoine	
3	Consommation d'eau		0,83	82,87	litres	
4	Déchets solides	Valorisés	$6,17 \cdot 10^{-3}$	0,62	kg	
		Éliminés	Déchets dangereux	$1,25 \cdot 10^{-4}$	$1,25 \cdot 10^{-2}$	kg
			Déchets non dangereux (DIB)	$8,67 \cdot 10^{-3}$	0,87	kg
			Déchets inertes	2,36	236,54	kg
			Déchets radioactifs	$1,49 \cdot 10^{-5}$	$1,49 \cdot 10^{-3}$	kg
5	Changement climatique		0,16	15,67	kg éq CO <sub>2</sub>	
6	Acidification atmosphérique		$7,16 \cdot 10^{-4}$	$7,16 \cdot 10^{-2}$	kg éq SO <sub>2</sub>	
7	Pollution de l'air		16,73	1673,40	m <sup>3</sup>	
8	Pollution de l'eau		$7,83 \cdot 10^{-2}$	7,83	m <sup>3</sup>	
9	Destruction de la couche d'ozone stratosphérique		$3,11 \cdot 10^{-19}$	$3,11 \cdot 10^{-17}$	kg CFC-11 éq.	
10	Formation d'ozone photochimique		$6,65 \cdot 10^{-5}$	$6,65 \cdot 10^{-3}$	kg d'éthylène éq.	

(1) Les valeurs sont exprimées pour l'unité fonctionnelle c'est-à-dire par mètre carré de mur pour une annuité (avec pour base de calcul une durée de vie typique de 100 ans).

(2) Les valeurs sont exprimées pour un mètre carré de mur pendant toute la durée de vie.

(3) L'énergie récupérée correspond à l'énergie provenant des différents types de déchets valorisés en cimenterie.

Figure 65 : Résumé d'ACV (Analyse de Cycle de Vie) sur FDES

Le résumé de l'analyse de cycle de vie d'un matériau de construction est très bien présenté dans le tableau de la FDES ci-dessus dans. Après avoir donné une DVT de 100 ans et une UF d'1 m<sup>2</sup>, le bilan des impacts environnementaux est établi suivant 10 paramètres.

Il y a :

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



1. **L'Énergie consommée** (avec le calcul de la part de l'énergie d'origine renouvelable (ENR)). Il s'agit du paramètre de la **CED** : Cumulative Energy Demand, en MJ (mégajoules). Mais le meilleur éco-matériau pour ce paramètre est encore celui qui ne consomme pas d'énergie (exemple : ampoules basse consommation, avec détecteur de présence et minuteur inclus). Le plus écologique étant encore la philosophie négawatt qui consiste en éviter de consommer de l'énergie (électricité, chaleur, carburants) lorsque ce n'est pas jugé nécessaire.



*Figure 66 : Plus de négawatt, plus d'efficacité énergétique, plus d'ENR*

2. **L'Épuisement des ressources** (calculs selon la méthode **ADP** : épuisement des ressources abiotiques (Abiotic Depletion Potential) en kg équivalent Sb (antimoine)).
3. **La Consommation en eau**, en L (litres).



*Figure 67 : L'eau potable, une ressource précieuse, une ressource épuisable*

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

4. **La Génération de déchets**, en kg. Distinction et préférence sont faites entre déchets valorisés (réemploi, recyclage ou encore valorisation thermique en centre d'incinération) et les déchets éliminés en centre de stockage (déchets dangereux, déchets industriels banals et déchets inertes et déchets radioactifs générés pour la mise en œuvre).

En France, les déchets sont triés et recyclés selon les filières présentées dans l'Annexe 5.7.

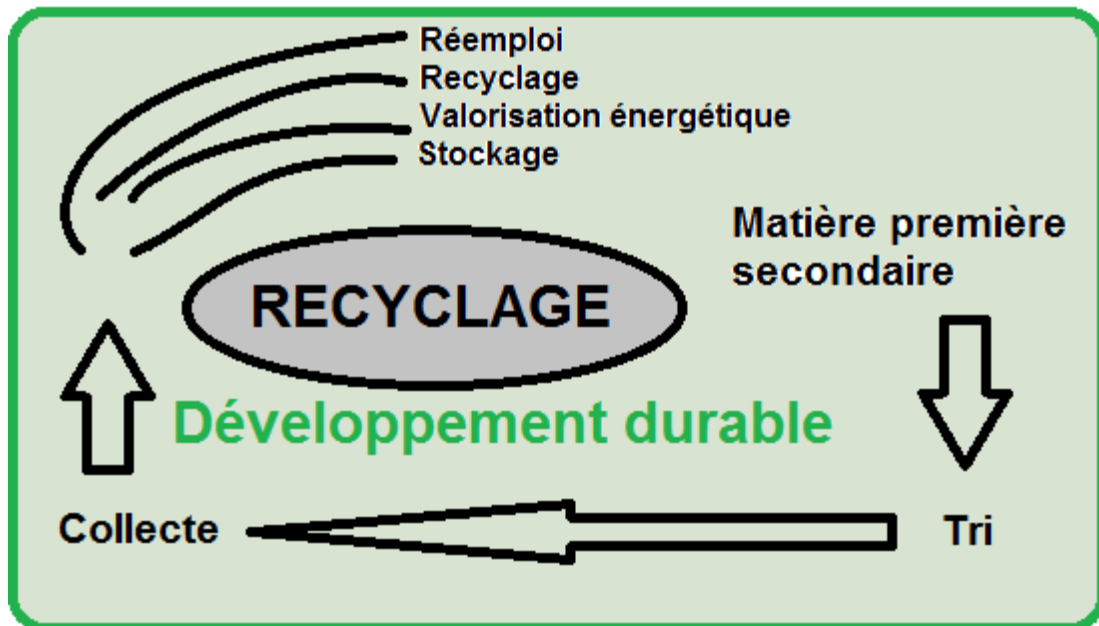


Figure 68 : Schéma de présentation du recyclage

5. **Le Changement climatique.** Bien qu'il existe de nombreux facteurs du changement climatique (exemple : anomalies thermiques, changement de biotope) le plus conséquent et le plus célèbre est celui de l'émission anormalement élevée de gaz à effet-de-serre. Le plus connu d'entre tous n'est heureusement pas le plus puissant. Il s'agit du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), qui inspire l'unité de référence de mesure du pouvoir de réchauffement climatique des matériaux responsables du dégagement de gaz à effet-de-serre. Cette unité de mesure du **GWP**, Global Warming Potential (ou PRG, pouvoir de réchauffement global, en Français), s'exprime en effet en masse équivalent  $\text{CO}_2$ . Il s'agit de la masse de  $\text{CO}_2$  à émettre pour obtenir le même réchauffement climatique. Par exemple, un kilo de méthane ( $\text{CH}_4$ ) équivaut à 23 kilos de  $\text{CO}_2$ .

NB : La législation confond souvent, par facilité, les émissions de CO<sub>2</sub> et les émissions de gaz à effet-de-serre, en équivalent CO<sub>2</sub>. Sans doute un simple retard ! En connaissant le GWP de tous les éléments d'une construction, un bilan carbone peut être fait pour le bâtiment.

- Les forêts capturent le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. Or, étant considérées comme une entité agricole d'où est extrait le bois de construction, le GWP du bois est considéré négatif (aujourd'hui, -0,6 kg<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> / kg) ;
- Les métaux ont de très mauvais bilans carbone (de 1 à 10 kg<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> / kg), ce qui est beaucoup compte-tenu de sa grande masse volumique.

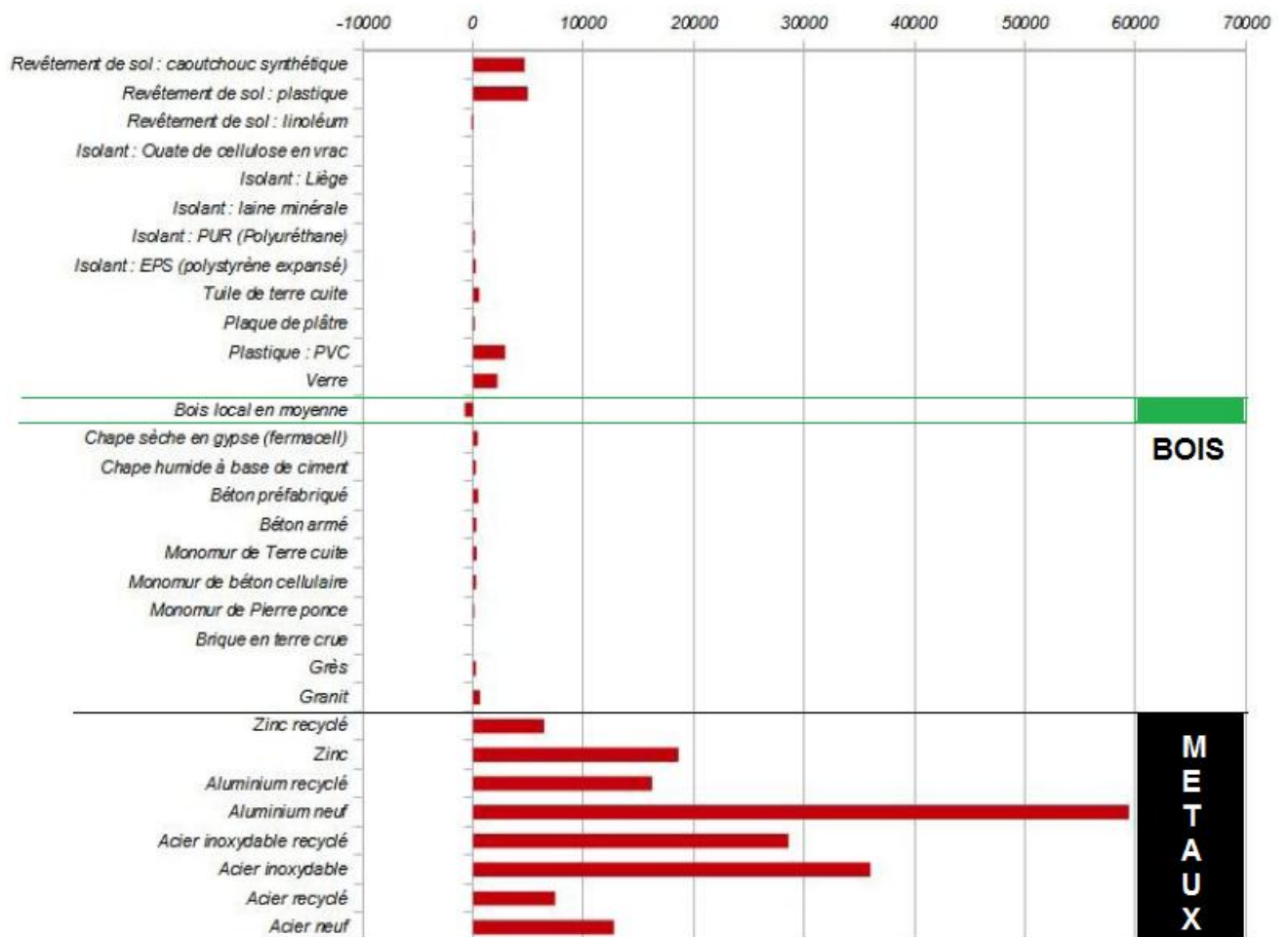


Figure 69 : Potentiel d'effet-de-serre GWP sur 100 ans (kg<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub> / m<sup>3</sup> de matériau)

AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

6. **Acidification atmosphérique.** Chaque matériau dispose de sa conversion en kg équivalent  $\text{SO}_2$  avec la norme NF P01-010 afin de calculer son **AP** (Acidification Potential). Les effets de l'acidification atmosphérique se fait ressentir quand il pleut. Les pluies acides sont capables de ravager des forêts.



Figure 70 : Photographie d'une forêt après une longue pluie acide

7. **Pollution de l'air**, en  $\text{m}^3$ .  
 8. **Pollution de l'eau** (et donc des sols), en  $\text{m}^3$ .  
 9. **Destruction de la couche d'ozone ( $\text{O}_3$ ) stratosphérique**, qui protège la biocénose des rayonnements directs du Soleil, en kg équivalent CFC (chloro-fluoro-carbonate).  
 10. **Formation de couche d'ozone ( $\text{O}_3$ ) troposphérique** (mêmes qualités physiques contre le Soleil que l'ozone stratosphérique. En revanche, présent dans le biotope, l'oxygène en radical libre après rayonnement solaire va nuire à la biodiversité et à la santé humaine). Le **POCP** (Photochemical Ozone Creation Potential) s'exprime en kg équivalent éthylène ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ).

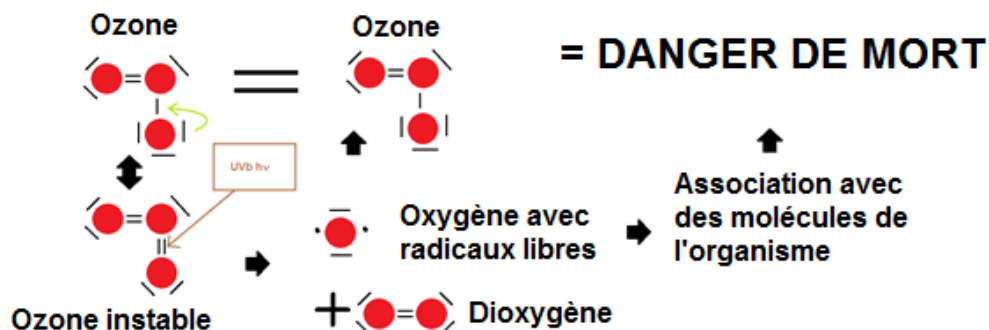


Figure 71 : Schéma de la formation de radicaux libres avec l'ozone

AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Dans toutes les méthodologies de calcul des impacts environnementaux généraux, les paramètres sont dans l'ensemble indépendants (hormis peut-être les fiches FDES les paramètres de la pollution de l'air et du changement climatique). Cela permet d'établir une pondération entre ces différents paramètres (critères) d'impact et d'établir un jugement sur la qualité écologique d'un matériau.

**C'est la raison pour laquelle, lors d'une étude d'impacts environnementaux, il faut :**

1. Définir les paramètres (ou critères) d'impacts environnementaux ;
2. Définir une méthodologie de calcul, si possible plus ou moins reconnue internationalement,
3. Définir une pondération entre chaque paramètre.

Les 10 paramètres choisis avec la norme NF P01-010 sont aujourd'hui parmi les plus pertinents et les plus récurrents pour une analyse complète de l'impact du cycle de vie. Pour chacun des paramètres sélectionnés, il faut ensuite déterminer une méthodologie de calcul. Cette méthodologie est généralement plus ou moins reconnue internationalement. Mais elle peut prendre en compte certaines dérogations suivant le contexte. Par exemple, une extraction d'une roche avec une pelle n'aura pas les mêmes impacts qu'avec une tractopelle. Ensuite, la pondération est arbitraire. Il peut s'agir de pondérations dépendant par exemple du facteur régional. La consommation d'eau sera toujours moins appréciable dans le Sahel qu'à côté du Lac Léman.

Pour donner des exemples des méthodologies préconisées, il y a l'ILCD Handbook (Livre de main de l'International Reference Life Cycle Data System). Il s'agit d'un « Handbook » élaboré par le JRC de l'Union Européenne. En amélioration continue, il répertorie les meilleures méthodologies internationales pour chaque paramètre.

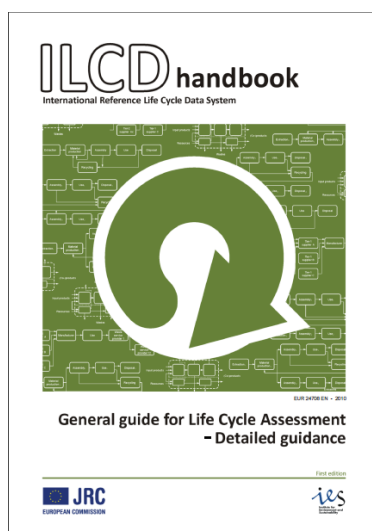


Figure 72 : Premières de couverture de l'ILCD Handbook et de PASS 2050



Exemples non exhaustifs de quelques méthodologies :

- Pour l'épuisement des ressources naturelles non renouvelables, la BP X30-323 préconise **EDIP 97** avec les mises à jour de 2004 ; l'ILCD préconise **CML 2002** ;
- Pour les rejets de gaz à effet-de-serre, la BP X30-323 (Règlementation Française sur l'affichage) préconise **IPCC 2007** ; **PASS 2050** est méthodologie établie par le British standards Institution = Institution des normes anglaise (l'équivalent de l'AFNOR anglais) ;
- Pour l'acidification de l'atmosphère, la BP X30-323 préconise **ReCiPe** ; l'ILCD Handbook préconise la méthodologie de **l'Accumulated Exceedance** quand cette méthode sera prête à l'application, cette dernière méthodologie prendra mieux en considération les stakeholders (parties prenantes) ;
- Pour la pollution photochimique, la BP X30-323 préconise **LOTOS-EUROS** ;
- Pour l'écotoxicité aquatique, la BP X30-323 préconise temporairement **USE Tox model** ;
- Pour l'eutrophisation des eaux, la BP X30-323 préconise **ReCiPe 2008**, l'ILCD préconise **EUTREND** ;
- Aucune méthodologie n'est encore reconnue pour estimer :
  - La menace de la biodiversité, et plus exactement la PDF (potentially Disappeared Fraction of Species (pourcentage d'espèces disparue)),
  - L'artificialisation des sols,
  - Les dommages sur la santé humaine, exprimés en DALY (disability adjusted life years).
  -

Plusieurs organismes ont développé leur propre méthodologie afin d'obtenir un unique indicateur « global » regroupant un grand nombre d'impacts environnementaux et sanitaires. Il s'agit des indicateurs dits « end-point » tels que **UBP**, **EPS2000**, **Impact2002+** ou **Ecoindicator'99**. Chaque méthode pondère différemment les substances émises et les ressources consommées. Chacune possède donc des avantages et des inconvénients car elles mettent l'accent sur des points différents.

A l'heure actuelle, aucune méthodologie ne fait l'unanimité au sein de la communauté des spécialistes de l'analyse de cycle de vie. Toutefois l'UBP semble devenir un indicateur global de référence en Suisse, l'Etat avant-gardiste en matière d'ACV.

**L'UBP** (Umwelt Belastung Punkten) est un indicateur appelé « end point » au sens où il ne correspond pas à une unique catégorie d'impacts, mais représente l'ampleur globale de différentes catégories d'impacts agrégées par un système de pondération puis de normalisation. Les UBPs aussi appelés « Ecopoints » correspondent aux impacts environnementaux résultant de l'utilisation des ressources énergétiques, de la terre et de l'eau douce, des émissions dans l'air, l'eau et le sol, ainsi que de l'élimination des déchets.

Sur demande, les 6 paramètres CED (consommation d'énergie), NRE (consommation d'énergie non renouvelable), GWP (le pouvoir de réchauffement global), AP (acidification atmosphérique), POCP (création d'ozone troposphérique) ainsi qu'UBP disponibles dans les

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

bases de données d'EcoInvent sont disponibles gratuitement pour tout le monde à l'adresse suivante :

[http://www.eco-bat.ch/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=14&Itemid=30](http://www.eco-bat.ch/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=14&Itemid=30)



Figure 73 : Imprim'écran de la page de disponibilité des 6 indices d'EcoInvent

Pour s'assurer du respect de la problématique sanitaire en plus de la problématique environnementale des nouveaux matériaux, le programme Européen "REACH" a été créé en 2006 ([www.reachgarden.com](http://www.reachgarden.com)).

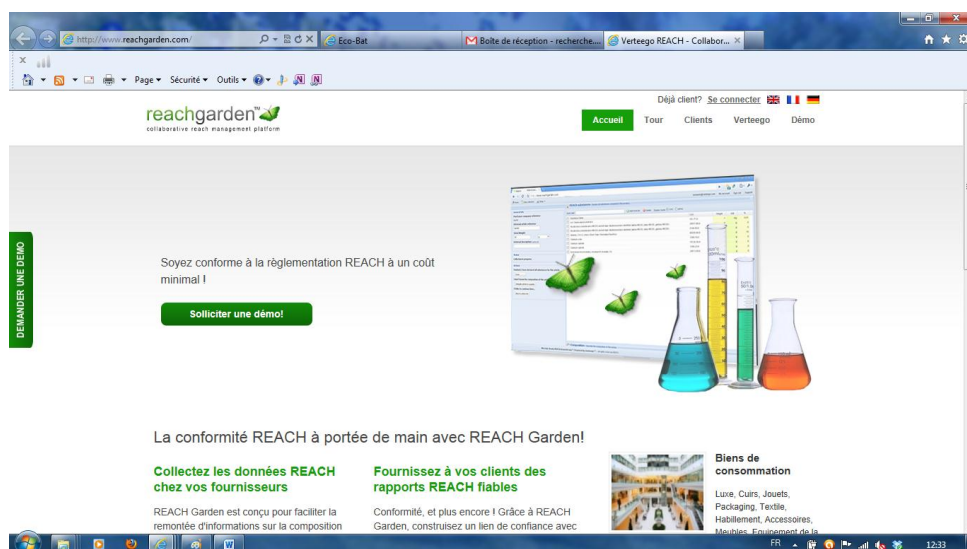


Figure 74 : Imprim'écran de la page d'accueil du programme REACH

**AR ARCHITECTES**  
 SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
 54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
 N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## **5.9. LISTE DES FIGURES**

- Figure Première de couverture : Visualisation de quelques éco-matériaux
- Page 7 : Figure 1 : Impacts environnementaux du cycle de vie des bâtiments en France
- Page 8 : Figure 2 : Une maison écologique
- Page 9 : Figure 3 : Eco-matériau ou pas éco-matériau ?
- Page 10 : Figure 4 : Schéma de cycle de vie d'un bâtiment
- Page 10 : Figure 5 : Schéma des déperditions thermiques d'un bâtiment
- Page 11 : Figure 6 : Expressions de la résistance thermique
- Page 12 : Figure 7 : Photographie d'amiante à l'état naturel
- Page 13 : Figure 8 : Observation au microscope optique du volume d'air dans deux isolants
- Page 14 : Figure 9 : Cible « Choix intégré des procédés et produits de construction » dans le référentiel HQE
- Page 15 : Figure 10 : Battle menuiserie bois / menuiserie aluminium
- Page 16 : Figure 11 : Photographie d'une menuiserie bois / aluminium
- Page 17 : Figure 12 : Dénonciation de la censure des analyses de cycle de vie
- Page 19 : Figure 13 : Imprim'écran de la page d'accueil d'Eosphère
- Page 19 : Figure 14 : Imprim'écran lors de l'utilisation du logiciel SIMAPRO
- Page 20 : Figure 15 : Une France unie, une diversité de visages
- Page 21 : Figure 16 : Données climatiques de Brest et de Nice
- Page 22 : Figure 17 : Figures de communication pour le bois matériau de construction
- Page 23 : Figure 18 : Liste de bois recommandables en France selon Greenpeace
- Page 23 : Figure 19 : Logos des labels PEFC et FSC
- Page 24 : Figure 20 : Rapport qualité/prix : un choix de conception
- Page 25 : Figure 21 : Quelques exemples de matériaux de construction à base de bois
- Page 26 : Figure 22 : Différentes catégories d'essences de bois et coefficients de transfert thermique correspondant
- Page 50 : Figure 23 : Comparaison des résistances de plusieurs types d'isolation

### **AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Page 89 : Figure 24 : De la qualité d'éco-équipements :

Page 90 : Figure 25 : L'architecture bioclimatique :

Page 91 : Figure 26 : Photographie d'un conduit de lumière naturelle, de jour

Page 91 : Figure 27 : Ampoule basse consommation et détecteur de présence

Page 92 : Figure 28 : Schéma de fonctionnement des capteurs à air

Page 92 : Figure 29 : Illustrations de l'exploitation de l'énergie solaire

Page 93 : Figure 30 : L'énergie éolienne, énergie disponible pour certains bâtiments

Page 94 : Figure 31 : Schéma des flux d'air au sein d'un système de VMC double flux

Page 94 : Figure 32 : Schéma de cycles thermodynamiques pour réchauffer un bâtiment

Page 95 : Figure 33 : Schéma de PAC aquathermique

Page 95 : Figure 34 : Schéma de PAC géothermiques

Page 96 : Figure 35 : Coupe géologique montrant la profondeur du DOGGER en Ile-de-France

Page 96 : Figure 36 : Illustration du circuit fermé de l'eau de la nappe exploitée du Dogger

Page 97 : Figure 37 : Schéma de fonctionnement d'un puits canadien

Page 97 : Figure 38 : Schéma de chaudière à condensation

Page 98 : Figure 39 : Illustrations de poêle à bois

Page 98 : Figure 40 : Illustration de granulés de bois, ou « pellets »

Page 99 : Figure 41 : Photographie d'un bac à compost

Page 100 : Figure 42 : Schéma de réseaux de distribution de chaleur

Page 101 : Figure 43 : Exemples d'éco-matériaux innovants présentés au Concours de l'ADREAM

Page 108 : Figure 44 : Photographies de la mosquée Hassan II de Casablanca et d'un village Marocain

Page 108 : Figure 45 : Climatologie marocaine

Page 109 : Figure 46 : Données climatiques des plaines du Nord-Ouest

Page 109 : Figure 47 : Données climatiques du sud-Est, dans le désert

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Page 112 : Figure 48 : Photographies du château de Saïda et du Parc naturel de Karm Chbat

Page 112 : Figure 49 : Données climatiques de Beyrouth, capitale du Liban

Page 114 : Figure 50 : Photographies du Qatar

Page 114 : Figure 51 : Données climatiques de Doha

Page 121 : Figure 52 : Photographie de Beijing

Page 121 : Figure 53 : Données climatiques de Beijing

Page 123 : Figure 54 : Photographie de Shanghai

Page 123 : Figure 55 : Données climatiques de Shanghai

Page 126 : Figure 56 : Photographie de Chengdu

Page 126 : Figure 57 : Données climatiques de Chengdu

Page 128 : Figure 58 : Une planète écologique

Page 145 : Figure 59 : Illustration de déchets inertes

Page 145 : Figure 60 : Illustration de déchets industriels banals

Page 146 : Figure 61 : Illustration de déchets dangereux

Page 148 : Figure 62 : Les grandes étapes du cycle de vie des matériaux de construction

Page 149 : Figure 63 : Des bases de données désordonnées

Page 150 : Figure 64 : Etablir des FDES, une volonté collective

Page 151 : Figure 65 : Résumé d'ACV (Analyse de Cycle de Vie) sur FDES

Page 152 : Figure 66 : Moins de besoins en énergie, plus d'efficacité énergétique, plus d'ENR

Page 152 : Figure 67 : L'eau potable, une ressource précieuse, une ressource épuisable

Page 153 : Figure 68 : Schéma de présentation du recyclage

Page 154 : Figure 69 : Potentiel d'effet-de-serre GWP sur 100 ans (kgéqCO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup> de matériau)

Page 155 : Figure 70 : Photographie d'une forêt après une longue pluie acide

Page 155 : Figure 71 : Schéma de la formation de radicaux libres avec l'ozone

Page 156 : Figure 72 : Premières de couverture de l'ILCD Handbook et de PASS 2050

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



Page 158 : Figure 73 : Imprim'écran de la page de disponibilité des 6 indices d'Ecolinvent

Page 158 : Figure 74 : Imprim'écran de la page d'accueil du programme REACH

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 6. SOURCES :

Figure Première de couverture : Une maison écologique,

issu du cours de Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17)

Figure 1 : Impacts environnementaux du cycle de vie des bâtiments en France

issu du cours de Mokrane CHEBLI (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 15)

Figure 2 : Une maison écologique

issu du cours de Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17)

Figure 3 : Eco-matériau ou pas éco-matériau ?

Laine de verre

<http://www.google.fr/imgres?hl=fr&sa=X&biw=1366&bih=627&tbm=isch&prmd=imvnsfd&tbnid=uCaks-mjxFgwbM:&imgrefurl=http://www.isolation-des-murs.com/&docid=s-dxNuuRx9vvmM&imgurl=http://www.isolation-des-murs.com/wp-content/uploads/2010/07/laine-de-verre.jpg&w=640&h=480&ei=YS8ZUNSRCaXV0QXQy4HABA&zoom=1&iact=hc&vpx=305&vpy=146&dur=1210&hovh=194&hovw=259&tx=130&ty=132&sig=103176813614449031185&page=1&tbnh=132&tbnw=176&start=0&ndsp=18&ved=1t:429,r:1,s:0,i:75>

Paille compressée

[http://www.google.fr/imgres?hl=fr&sa=X&biw=1366&bih=627&tbm=isch&prmd=imvns&tbnid=wwTkmu8Q2jwTsM:&imgrefurl=http://www.brico.fr/travaux/isolation/paille-compressée-panneau-isol-a283.html&docid=-NrJwU66gTP\\_kM&imgurl=http://www.brico.fr/art-1012-169-300/paille-compressée-panneau-isol.jpg&w=300&h=169&ei=WisZUJe3JuWd0QWs64DwAQ&zoom=1](http://www.google.fr/imgres?hl=fr&sa=X&biw=1366&bih=627&tbm=isch&prmd=imvns&tbnid=wwTkmu8Q2jwTsM:&imgrefurl=http://www.brico.fr/travaux/isolation/paille-compressée-panneau-isol-a283.html&docid=-NrJwU66gTP_kM&imgurl=http://www.brico.fr/art-1012-169-300/paille-compressée-panneau-isol.jpg&w=300&h=169&ei=WisZUJe3JuWd0QWs64DwAQ&zoom=1)

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Figure 4 : Schéma de cycle de vie d'un bâtiment

issu du cours de Mokrane CHEBLI (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 15)

Figure 5 : Schéma des déperditions thermiques d'un bâtiment

<http://eie.hautesfalaises.com/rubrique36.html>

Figure 6 : Expressions de la résistance thermique

Document AR ARCHITECTES

Figure 7 : Photographie d'amiante à l'état naturel

<http://www.fotosearch.fr/photos-images/amiante.html>

Figure 8 : Observation au microscope optique du volume d'air dans deux isolants

<http://energie-limite.e-monsite.com/pages/photos-microscope.html>

Figure 9 : Cible « Choix intégré des procédés et produits de construction » dans le référentiel HQE

Document AR ARCHITECTES

Figure 10 : Battle menuiserie bois / menuiserie aluminium

issu du cours de Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17)

Figure 11 : Photographie d'une menuiserie bois / aluminium

<http://www.millet-m3d.com/produits/m3d-mix/>

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Figure 12 : Dénonciation de la censure des analyses de cycle de vie

<http://www.boutique.afnor.org/norme/nf-p01-010/qualite-environnementale-des-produits-de-construction-declaration-environnementale-et-sanitaire-des-produits-de-construction/article/663460/fa136284>

Figure 13 : Imprim'écran de la page d'accueil d'Eosphere

[www.eosphere.fr](http://www.eosphere.fr)

Figure 14 : Imprim'écran lors de l'utilisation du logiciel SIMAPRO

Document AR ARCHITECTES

Figure 15 : Une France unie, une diversité de visages

Carte de France,

[http://www.google.fr/imgres?hl=fr&sa=X&biw=1366&bih=627&tbn=isch&prmd=imvnsu&tbnid=Rh0aN2F7VldqBM:&imgrefurl=http://www.france-randonnee.fr/&docid=3Fyhdf-goL6DNM&imgurl=http://www.france-randonnee.fr/images/carte\\_france.jpg&w=379&h=426&ei=FtQfUKjhMNCp0AXg6ICYCw&zoom=1&iact=hc&vpx=638&vpy=61&dur=19&hovh=238&hovw=212&tx=101&ty=157&sig=103176813614449031185&page=1&tbnh=121&tbnw=108&start=0&ndsp=24&ved=1t:429,r:4,s:0,i:138](http://www.google.fr/imgres?hl=fr&sa=X&biw=1366&bih=627&tbn=isch&prmd=imvnsu&tbnid=Rh0aN2F7VldqBM:&imgrefurl=http://www.france-randonnee.fr/&docid=3Fyhdf-goL6DNM&imgurl=http://www.france-randonnee.fr/images/carte_france.jpg&w=379&h=426&ei=FtQfUKjhMNCp0AXg6ICYCw&zoom=1&iact=hc&vpx=638&vpy=61&dur=19&hovh=238&hovw=212&tx=101&ty=157&sig=103176813614449031185&page=1&tbnh=121&tbnw=108&start=0&ndsp=24&ved=1t:429,r:4,s:0,i:138)

Carte des DOM-TOM

[http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://plaque.free.fr/jpgs/F\\_2000\\_Map\\_Dom-Tom\\_YS.jpg&imgrefurl=http://plaque.free.fr/f\\_dom2.html&h=666&w=904&sz=89&tbnid=iZiae djolyQdLM:&tbnh=90&tbnw=122&zoom=1&usq=\\_\\_VPX-lbuUNiJHCurdstlOOvD17cw=&docid=g94RZ2qsslZLQM&hl=fr&sa=X&ei=HdUfUPLeBcSX1AXi6IHBYBg&ved=0CG0Q9QEwAg&dur=296](http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://plaque.free.fr/jpgs/F_2000_Map_Dom-Tom_YS.jpg&imgrefurl=http://plaque.free.fr/f_dom2.html&h=666&w=904&sz=89&tbnid=iZiae djolyQdLM:&tbnh=90&tbnw=122&zoom=1&usq=__VPX-lbuUNiJHCurdstlOOvD17cw=&docid=g94RZ2qsslZLQM&hl=fr&sa=X&ei=HdUfUPLeBcSX1AXi6IHBYBg&ved=0CG0Q9QEwAg&dur=296)

Figure 16 : Données climatiques de Brest et de Nice

[http://www.europa-planet.com/france/div/moyenne\\_temperatures.htm](http://www.europa-planet.com/france/div/moyenne_temperatures.htm)

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Figure 17 : Figures de communication pour le bois matériau de construction

Carte de France des réserves forestières : <http://www.ifn.fr/spip/?rubrique11>

Logo du slogan du CNDB : [http://www.cndb.org/?p=campagne\\_je\\_dis\\_oui\\_au\\_bois](http://www.cndb.org/?p=campagne_je_dis_oui_au_bois)

Figure 18 : Liste de bois recommandables en France selon Greenpeace

issu du cours de Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17)

Figure 19 : Logos des labels PEFC et FSC

PEFC : [http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.janes-bois.fr/images/logo\\_pefc.jpg&imgrefurl=http://www.janes-bois.fr/pefc.php&h=204&w=170&sz=8&tbnid=DWa4nNipA49v3M:&tbnh=95&tbnw=79&zoom=1&usq=\\_\\_3OXMiinJdDPvoFq0v\\_kUx3c71bw=&docid=Asjeif62GSI60M&hl=fr&sa=X&ei=LssgUNy\\_B6ad0QX8olGIAw&ved=0CGcQ9QEwBA&dur=76](http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.janes-bois.fr/images/logo_pefc.jpg&imgrefurl=http://www.janes-bois.fr/pefc.php&h=204&w=170&sz=8&tbnid=DWa4nNipA49v3M:&tbnh=95&tbnw=79&zoom=1&usq=__3OXMiinJdDPvoFq0v_kUx3c71bw=&docid=Asjeif62GSI60M&hl=fr&sa=X&ei=LssgUNy_B6ad0QX8olGIAw&ved=0CGcQ9QEwBA&dur=76)

FSC : [http://www.google.fr/imgres?hl=fr&sa=X&biw=1366&bih=627&tbn=isch&prmd=imvns&tbnid=C\\_epx7jdMs0pIM:&imgrefurl=http://www.vedura.fr/developpement-durable/normes-referentiels/label-fsc-foret-durable&docid=IsGHLnxbMJpcLM&imgurl=http://images.vedura.fr/developpement-durable/normes-referentiels/label-fsc%252B3002003.jpg&w=300&h=200&ei=a8sqUKaeKKia0QW\\_noHADA&zoom=1&iact=hc&vpx=130&vpy=164&dur=1196&hovh=160&hovw=240&tx=179&ty=116&sig=103176813614449031185&page=1&tbnh=134&tbnw=183&start=0&ndsp=24&ved=1t:429,r:0,s:0,i:73](http://www.google.fr/imgres?hl=fr&sa=X&biw=1366&bih=627&tbn=isch&prmd=imvns&tbnid=C_epx7jdMs0pIM:&imgrefurl=http://www.vedura.fr/developpement-durable/normes-referentiels/label-fsc-foret-durable&docid=IsGHLnxbMJpcLM&imgurl=http://images.vedura.fr/developpement-durable/normes-referentiels/label-fsc%252B3002003.jpg&w=300&h=200&ei=a8sqUKaeKKia0QW_noHADA&zoom=1&iact=hc&vpx=130&vpy=164&dur=1196&hovh=160&hovw=240&tx=179&ty=116&sig=103176813614449031185&page=1&tbnh=134&tbnw=183&start=0&ndsp=24&ved=1t:429,r:0,s:0,i:73)

Figure 20 : Rapport qualité/prix : un choix de conception

issu du cours de Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17)

Figure 21 : Quelques exemples de matériaux de construction à base de bois

issu du cours de Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17)

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



Figure 22 : Différentes catégories d'essences de bois et coefficients de transfert thermique correspondant

[http://www.cilc.fr/uploads/files/1\\_Descriptif\\_bois\\_massifs\\_structuraux\\_22.pdf](http://www.cilc.fr/uploads/files/1_Descriptif_bois_massifs_structuraux_22.pdf)

Figure 23 : Comparaison des résistances de plusieurs types d'isolation

[http://www.encyclo-ecolo.com/Isolants\\_naturels](http://www.encyclo-ecolo.com/Isolants_naturels)

Figure 24 : De la qualité d'éco-équipements :

issu de l'exposé d'Isabelle DEFONTAINE, d'Emma EID, de Pierrick GUERMEUR et de Jean-François PLOTEAU, dont l'enseignant est Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17) : Cible 4 : *Le Chauffage dans l'éco-construction*.

Figure 25 : L'architecture bioclimatique :

<http://www.google.fr/imgres?hl=fr&sa=X&biw=1366&bih=627&tbn=isch&prmd=imvns&tbnid=heG9qlhb7hKPAM:&imgrefurl=http://www.fabemi-structures.com/besoins/energetique/les-generalites.html&docid=ISvR7N8AO42hSM&imgurl=http://www.fabemi-structures.com/images/stories/besoins/energetique/La-conception-bioclimatique.png&w=670&h=351&ei=x1AuULGhNliO0AWW8oH4DA&zoom=1&iact=hc&vpx=488&vpy=11&dur=127&hovh=162&hovw=310&tx=218&ty=102&sig=103176813614449031185&page=2&tbnh=102&tbnw=195&start=18&ndsp=24&ved=1t:429,r:2,s:18,i:138>

Figure 26 : Photographie d'un conduit de lumière naturelle, de jour

<http://www.google.fr/imgres?hl=fr&sa=X&biw=1366&bih=627&tbn=isch&prmd=imvns&tbnid=niGbxz7p34rlhM:&imgrefurl=http://www.systemed.fr/conseils-bricolage/charpente-couverture/conduit-lumiere-naturelle,950.html&docid=9uMeW97I92PAPM&imgurl=http://www.systemed.fr/images/conseils/conduit-lumiere-naturelle-950-l638-h387.jpg&w=638&h=296&ei=iF0uUISKI5KT0QX854DgDA&zoom=1&iact=hc&vpx=442&vpy=166&dur=2210&hovh=153&hovw=330&tx=195&ty=103&sig=103176813614449031185&page=1&tbnh=82&tbnw=176&start=0&ndsp=21&ved=1t:429,r:3,s:0,i:82>

#### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Figure 27 : Ampoule basse consommation et détecteur de présence

<http://www.univers-nature.com/habitat-sain/ampoule-basse-consommation-danger.html>  
<http://www.google.fr/imgres?hl=fr&sa=X&biw=1366&bih=627&tbn=isch&prmd=imvns&tbnid=UHXuGlpXrhqblM:&imgrefurl=http://www.blog-economie-energie.fr/2010/05/economiser-lenergie-grace-a-la-detection-de-passage/&docid=efU8pXjXXy9jqM&imgurl=http://www.blog-economie-energie.fr/wp-content/uploads/2010/05/detecteur-de-presence-.jpg&w=1000&h=591&ei=LF4uUJt1563RBcTRgegM&zoom=1&iact=hc&vpx=96&vpy=154&dur=3599&hovh=172&hovw=292&tx=200&ty=104&sig=103176813614449031185&page=1&tbnh=99&tbnw=167&start=0&ndsp=21&ved=1t:429,r:0,s:0,i:73>

Figure 28 : Schéma de fonctionnement des capteurs à air

issu de l'exposé d'Isabelle DEFONTAINE, d'Emma EID, de Pierrick GUERMEUR et de Jean-François PLOTEAU, dont l'enseignant est Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17) : Cible 4 : *Le Chauffage dans l'éco-construction*.

Figure 29 : Illustrations de l'exploitation de l'énergie solaire

[http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.architecte-architecte.com/images/photovoltaique/photovoltaique1.jpg&imgrefurl=http://www.architecte-architecte.com/metier-photovoltaique.html&h=291&w=400&sz=75&tbnid=xS21y8flJyGRIM:&tbnh=92&tbnw=126&zoom=1&usq=\\_\\_iMIMC1vAOBkGMFgZhfZn3XOROLw=&docid=75ql4U8uuS09eM&hl=fr&sa=X&ei=WFluUJXyBOMx0QXfjoDwDA&ved=0CGcQ9QEwAQ&dur=344](http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.architecte-architecte.com/images/photovoltaique/photovoltaique1.jpg&imgrefurl=http://www.architecte-architecte.com/metier-photovoltaique.html&h=291&w=400&sz=75&tbnid=xS21y8flJyGRIM:&tbnh=92&tbnw=126&zoom=1&usq=__iMIMC1vAOBkGMFgZhfZn3XOROLw=&docid=75ql4U8uuS09eM&hl=fr&sa=X&ei=WFluUJXyBOMx0QXfjoDwDA&ved=0CGcQ9QEwAQ&dur=344)

<http://lewebpedagogique.com/technojromains06/2012/05/11/energie-solaire-thermique-3-b/>

Figure 30 : L'énergie éolienne, énergie disponible pour certains bâtiments

<http://www.info-eolien.com/eolienne-cout.html>

Figure 31 : Schéma des flux d'air au sein d'un système de VMC double flux

<http://www.google.fr/imgres?hl=fr&sa=X&biw=1366&bih=627&tbn=isch&prmd=imvns&tbnid=BEwMwAn-7IDuIM:&imgrefurl=http://www.maison-blog.com/vmc-double-flux.html&docid=melceCY8EsbwaM&imgurl=http://www.maison-blog.com/files/2009/11/vmc-double-flux-climdatec.gif&w=495&h=297&ei=N2AuUly8G6PU0QXfmoDoDA&zoom=1&iact=hc&vpx=101&vpy=127&dur=2657&hovh=174&hovw=290&tx=90&ty=148&sig=103176813614449031185&page=1&tbnh=115&tbnw=192&start=0&ndsp=18&ved=1t:429,r:17,s:0,i:126>

AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Figure 32 : Schéma de cycles thermodynamiques pour réchauffer un bâtiment

issu de l'exposé d'Isabelle DEFONTAINE, d'Emma EID, de Pierrick GUERMEUR et de Jean-François PLOTEAU, dont l'enseignant est Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17) : Cible 4 : *Le Chauffage dans l'éco-construction.*

Figure 33 : Schéma de PAC aquathermique

issu de l'exposé d'Isabelle DEFONTAINE, d'Emma EID, de Pierrick GUERMEUR et de Jean-François PLOTEAU, dont l'enseignant est Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17) : Cible 4 : *Le Chauffage dans l'éco-construction.*

Figure 34 : Schéma de PAC géothermiques

issu de l'exposé d'Isabelle DEFONTAINE, d'Emma EID, de Pierrick GUERMEUR et de Jean-François PLOTEAU, dont l'enseignant est Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17) : Cible 4 : *Le Chauffage dans l'éco-construction.*

Figure 35 : Coupe géologique montrant la profondeur du DOGGER en Ile-de-France

[http://www.iledefrance.fr/uploads/tx\\_base/brochure\\_complete.pdf](http://www.iledefrance.fr/uploads/tx_base/brochure_complete.pdf)

Figure 36 : Illustration du circuit fermé de l'eau de la nappe exploitée du Dogger

[http://www.google.fr/imgres?start=204&hl=fr&biw=1366&bih=627&tbm=isch&tbnid=5oKrZ00\\_1NPVCM:&imgrefurl=http://www.vedura.fr/actualite/5374-geothermie-arrive-nord-est-paris&docid=LCrq2AUuNCL8\\_M&imgurl=http://images.vedura.fr/actualite/geothermie-paris-aubervilliers%252B3002003.jpg&w=300&h=200&ei=NmEuUliYEQm0AXImYCYDQ&zoom=1&iact=hc&vpx=623&vpy=156&dur=49&hovh=160&hovw=240&tx=134&ty=131&sig=103176813614449031185&page=9&tbnh=121&tbnw=181&ndsp=27&ved=1t:429,r:9,s:204,i:120](http://www.google.fr/imgres?start=204&hl=fr&biw=1366&bih=627&tbm=isch&tbnid=5oKrZ00_1NPVCM:&imgrefurl=http://www.vedura.fr/actualite/5374-geothermie-arrive-nord-est-paris&docid=LCrq2AUuNCL8_M&imgurl=http://images.vedura.fr/actualite/geothermie-paris-aubervilliers%252B3002003.jpg&w=300&h=200&ei=NmEuUliYEQm0AXImYCYDQ&zoom=1&iact=hc&vpx=623&vpy=156&dur=49&hovh=160&hovw=240&tx=134&ty=131&sig=103176813614449031185&page=9&tbnh=121&tbnw=181&ndsp=27&ved=1t:429,r:9,s:204,i:120)

Figure 37 : Schéma de fonctionnement d'un puits canadien

issu de l'exposé d'Isabelle DEFONTAINE, d'Emma EID, de Pierrick GUERMEUR et de Jean-François PLOTEAU, dont l'enseignant est Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17) : Cible 4 : *Le Chauffage dans l'éco-construction.*

AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Figure 38 : Schéma de chaudière à condensation

issu de l'exposé d'Isabelle DEFONTAINE, d'Emma EID, de Pierrick GUERMEUR et de Jean-François PLOTEAU, dont l'enseignant est Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17) : Cible 4 : *Le Chauffage dans l'éco-construction.*

Figure 39 : Illustrations de poêle à bois

issu de l'exposé d'Isabelle DEFONTAINE, d'Emma EID, de Pierrick GUERMEUR et de Jean-François PLOTEAU, dont l'enseignant est Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17) : Cible 4 : *Le Chauffage dans l'éco-construction.*

Figure 40 : Illustration de granulés de bois, ou « pellets »

issu de l'exposé d'Isabelle DEFONTAINE, d'Emma EID, de Pierrick GUERMEUR et de Jean-François PLOTEAU, dont l'enseignant est Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17) : Cible 4 : *Le Chauffage dans l'éco-construction.*

Figure 41 : Photographie d'un bac à compost

[http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.charreysursaone.fr/documents/portal417/292721\\_composteur.jpg&imgrefurl=http://www.charreysursaone.fr/tout-sur-le-compostage---faire-son-compost&h=369&w=324&sz=24&tbnid=p8bSOyJNVtEAYM:&tbnh=90&tbnw=79&zoom=1&uqsg=\\_nJCRyYLhvs02vYm34a2afk4wqY=&docid=p1AU8XoPLDnklM&hl=fr&sa=X&ei=NvquUMCqJLGM0wWI6YHoDA&ved=0CGEQ9QEwAA&dur=67](http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.charreysursaone.fr/documents/portal417/292721_composteur.jpg&imgrefurl=http://www.charreysursaone.fr/tout-sur-le-compostage---faire-son-compost&h=369&w=324&sz=24&tbnid=p8bSOyJNVtEAYM:&tbnh=90&tbnw=79&zoom=1&uqsg=_nJCRyYLhvs02vYm34a2afk4wqY=&docid=p1AU8XoPLDnklM&hl=fr&sa=X&ei=NvquUMCqJLGM0wWI6YHoDA&ved=0CGEQ9QEwAA&dur=67)

Figure 42 : Schéma de réseaux de distribution de chaleur

issu de l'exposé d'Isabelle DEFONTAINE, d'Emma EID, de Pierrick GUERMEUR et de Jean-François PLOTEAU, dont l'enseignant est Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17) : Cible 4 : *Le Chauffage dans l'éco-construction.*

Figure 43 : Exemples d'éco-matériaux innovants présentés au Concours de l'ADREAM

[www.adream2012.eu/fr/material-fr](http://www.adream2012.eu/fr/material-fr)

AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – contact@ar-architectes.com

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Figure 44 : Photographies de la mosquée Hassan II de Casablanca et d'un village Marocain  
[http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Casablanca\\_Mosquee\\_Hassan\\_II\\_\(8\).jpg](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Casablanca_Mosquee_Hassan_II_(8).jpg)  
[http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Maroc\\_Atlas\\_Imlil\\_Luc\\_Viatour\\_5.jpg](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Maroc_Atlas_Imlil_Luc_Viatour_5.jpg)

Figure 45 : Climatologie marocaine

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Climat\\_Maroc.gif](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Climat_Maroc.gif)

Figure 46 : Données climatiques des plaines du Nord-Ouest

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Climat\\_Maroc.gif](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Climat_Maroc.gif)

Figure 47 : Données climatiques du sud-Est, dans le désert

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Climat\\_Maroc.gif](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Climat_Maroc.gif)

Figure 48 : Photographies du château de Saïda et du Parc naturel de Karm Chbat

<http://www.localiban.org/spip.php?rubrique90>  
[http://www.kobayat.org/data/documents/parc-national-naturel\\_haut-akkar/presentation-halba-dec07.pdf](http://www.kobayat.org/data/documents/parc-national-naturel_haut-akkar/presentation-halba-dec07.pdf)

Figure 49 : Données climatiques de Beyrouth, capitale du Liban

<http://www.lemoci.com/Liban/14-Donnees-generales.htm>

Figure 50 : Photographies du Qatar

[http://www.qatar.cmu.edu/~imranf/hri2\\_postdoc\\_programmer.html](http://www.qatar.cmu.edu/~imranf/hri2_postdoc_programmer.html)  
<http://qatarsport.blog-idrac.com/taq/sponsoring/>

Figure 51 : Données climatiques de Doha

[http://www.vacanceo.com/meteo/pays-pid\\_109.php](http://www.vacanceo.com/meteo/pays-pid_109.php)

Figure 52 : Photographie de Beijing

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Beijing\\_montage.png](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Beijing_montage.png)

Figure 53 : Données climatiques de Beijing

[http://www.hko.gov.hk/wxinfo/climat/world/eng/asia/china/beijing\\_e.htm](http://www.hko.gov.hk/wxinfo/climat/world/eng/asia/china/beijing_e.htm)

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)



Figure 54 : Photographie de Shanghai

<http://www.freemages.fr/browse/photo-1090-pudong-depuis-bund.html>

Figure 55 : Données climatiques de Shanghai

[http://www.weather.gov.hk/wxinfo/climat/world/eng/asia/china/shanghai\\_e.htm](http://www.weather.gov.hk/wxinfo/climat/world/eng/asia/china/shanghai_e.htm)

Figure 56 : Photographie de Chengdu

<http://www.neo-planete.com/2010/06/07/chengdu-le-berceau-du-panda-3/>

Figure 57 : Données climatiques de Chengdu

[http://www.weather.gov.hk/wxinfo/climat/world/eng/asia/china/chengdu\\_e.htm](http://www.weather.gov.hk/wxinfo/climat/world/eng/asia/china/chengdu_e.htm)

Figure 58 : Une planète écologique

[http://fr.123rf.com/photo\\_10569011\\_arriere-plan-de-vecteur-des-concept-globe-de-la-terre-ecologie-propre-et-verte-avec-la-nature-du-nor.html](http://fr.123rf.com/photo_10569011_arriere-plan-de-vecteur-des-concept-globe-de-la-terre-ecologie-propre-et-verte-avec-la-nature-du-nor.html)

Figure 59 : Illustration de déchets inertes

issu du cours de Mokrane CHEBLI (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17).

Figure 60 : Illustration de déchets industriels banals

issu du cours de Mokrane CHEBLI (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17).

Figure 61 : Illustration de déchets dangereux

issu du cours de Mokrane CHEBLI (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17).

Figure 62 : Les grandes étapes du cycle de vie des matériaux de construction

issu du cours de Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17).

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Figure 63 : Des bases de données désordonnées

Logo ECOINVENT : <http://www.umberto.de/en/ecoinvent/>

Logo EPD : <http://www.environdec.com/>

Logo JRC pour ELCD : <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/developPage.vm>

Logo RMIT : <http://www.rmit.edu.au/>

Logo INIES : [www.inies.fr](http://www.inies.fr)

Logo FRANKLIN ASSOCIATES : <http://www.fal.com/projects.html>

Figure 64 : Etablir des FDES, une volonté collective

Logo de l'ADEME : <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?id=11433&m=3&cid=96>

Logo du CSTB : <http://www.cstb.fr/>

Figure 65 : Résumé d'ACV (Analyse de Cycle de Vie) sur FDES

issu du cours de Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17).

Figure 66 : Moins de besoins en énergie, plus d'efficacité énergétique, plus d'ENR

Plus d'efficacité énergétique

<http://www.univers-nature.com/habitat-sain/ampoule-basse-consommation-danger.html>

Plus d'ENR

<http://www.ecoden.fr/energie-renouvelable.php>

Figure 67 : L'eau potable, une ressource précieuse, une ressource épuisable

<http://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9sert>

Figure 68 : Schéma de présentation du recyclage

Document AR ARCHITECTES

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503

54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)

N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071

[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

Figure 69 : Potentiel d'effet-de-serre GWP sur 100 ans ( $\text{kg}_{\text{eq}}\text{CO}_2$  par  $\text{m}^3$  de matériau)

issu du cours de Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17).

Figure 70 : Photographie d'une forêt après une longue pluie acide

[http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://recit.cstois-lacs.qc.ca:8080/environnement/IMG/jpg/959ffcdbe4.jpg&imgrefurl=http://recit.cstois-lacs.qc.ca:8080/environnement/article.php3?id\\_article%3D73&h=342&w=475&sz=42&tbnid=dJ6A-Zbk9J2XHM:&tbnh=90&tbnw=125&zoom=1&usq=\\_\\_BxWsFvdYk1qOImxMs8em7Y7Zqa4=&docid=FLB90RSwyBO0wM&hl=fr&sa=X&ei=NE0ZULH0GujW0QXem4HYBq&ved=0CHMQ9QEwAg&dur=1](http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://recit.cstois-lacs.qc.ca:8080/environnement/IMG/jpg/959ffcdbe4.jpg&imgrefurl=http://recit.cstois-lacs.qc.ca:8080/environnement/article.php3?id_article%3D73&h=342&w=475&sz=42&tbnid=dJ6A-Zbk9J2XHM:&tbnh=90&tbnw=125&zoom=1&usq=__BxWsFvdYk1qOImxMs8em7Y7Zqa4=&docid=FLB90RSwyBO0wM&hl=fr&sa=X&ei=NE0ZULH0GujW0QXem4HYBq&ved=0CHMQ9QEwAg&dur=1)

Figure 71 : Schéma de la formation de radicaux libres avec l'ozone

Document AR ARCHITECTES

Figure 72 : Premières de couverture de l'ILCD Handbook et de PASS 2050

<http://lct.jrc.ec.europa.eu/pdf-directory/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAIL-online-12March2010.pdf>

Figure 73 : Imprim'écran de la page de disponibilité des 6 indices d'EcoInvent

[http://www.eco-bat.ch/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=14&Itemid=30](http://www.eco-bat.ch/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=14&Itemid=30)

Figure 74 : Imprim'écran de la page d'accueil du programme REACH

<http://www.reachgarden.com/>

**AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## **DONNEES :**

**Connaissances Parties 1, 2.1.2. :** cours de Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17).

**Connaissances Partie 2.1.2. :** IGN : <http://www.ifn.fr/spip/>

### **Listes d'éco-matériaux Partie 2.2.**

- ✓ Guide des matériaux isolants de l'ADEME ([www.eie-lorraine.fr](http://www.eie-lorraine.fr))
- ✓ Guide des matériaux isolants de l'Agence
  
- ✓ Liste 1 d'isolants naturels : [http://www.encyclo-ecolo.com/Isolants\\_naturels](http://www.encyclo-ecolo.com/Isolants_naturels)
- ✓ Liste 2 d'isolants : <http://eie.hautesfalaises.com/rubrique87.html>
- ✓ Liste 3 de matériaux innovants d'ADREAM : <http://www.adream2012.eu/fr/material-fr>
- ✓ Livre 4 : Caractéristiques des produits pour la construction durable BATIPRODUITSCOM (avril 2008), Mémento, Editions Le Moniteur
- ✓ Livre 5 : Choisir les éco-matériaux sauvegarde la planète et votre santé Nature et développement, Catalogue pro 2012/2013
  
- ✓ Données Bilan carbone et énergie grise :
  - Documents AR ARCHITECTES,
  - Données de la base INIES : <http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx>
- ✓ Données sur les éco-équipements :  
issu de l'exposé d'Isabelle DEFONTAINE, d'Emma EID, de Pierrick GUERMEUR et de Jean-François PLOTEAU, dont l'enseignant est Jean-Pierre PISSARRA (Master 2 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, Parcours Eco-construction, 2011-2012, UE 17) : Cible 4 : *Le Chauffage dans l'éco-construction*.
- ✓ Informations sur l'étiquetage des produits émetteurs de COV :  
[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DP\\_Etiquette\\_COV\\_et\\_qualite\\_de\\_l\\_air\\_interieur.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DP_Etiquette_COV_et_qualite_de_l_air_interieur.pdf)
- ✓ Informations sur le compostage pour la partie 2.2.7. :  
[http://www.compostage.info/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6&Itemid=5](http://www.compostage.info/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=5)

**Connaissances pour l'Annexe 5.7. :** Exposés organisés par Daniel BAUMGARTEN (Master 1 Sciences de l'Environnement – Milieux Urbains et Industriels, 2010-2011, Semestre 1, Unité d'Enseignement 1).

#### **AR ARCHITECTES**

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)

## 7. RESUME

Ce qui différencie un éco-matériau des autres matériaux de construction, c'est l'impact de son cycle de vie sur son environnement.

Il s'agit de l'impact environnemental pour l'exploitation d'une quantité donnée de ce matériau depuis l'extraction des matières premières, le transport, la transformation en matériaux de construction, la mise en œuvre, puis la vie en œuvre lors de l'exploitation et jusqu'à la gestion des déchets lors de la déconstruction.

Les impacts environnementaux de l'utilisation de matériaux sont multiples. Et c'est ça qui rend la définition d'éco-matériau plus philosophique qu'autre chose. En effet, les critères peuvent être :

- la consommation de ressources énergétiques ;
- la raréfaction des matières premières ;
- la consommation d'eau ;
- les déchets solides générés ;
- la nuisance pour l'environnement et pour la santé de ces déchets solides ;
- le changement climatique avec l'émission de gaz à effet-de-serre ;
- l'acidification atmosphérique, la pollution de l'air ; la destruction de la couche d'ozone stratosphérique ; la formation d'ozone photochimique.
- la pollution de l'eau ;

Cependant, ce n'est pas significatif de ficher un matériau comme éco-matériau sans chercher à en savoir plus. En effet, par exemple :

- suivant le lieu d'origine des matières premières, la raréfaction des ressources locales ne sera pas identiques ;
- suivant la distance entre les lieux de production et de consommation, le transport sera plus ou moins important, d'où une consommation énergétique et une émission de gaz à effet-de-serre correspondant ;
- suivant le choix des systèmes de construction (assemblage des matériaux) et des procédés de construction (manière d'assembler ces matériaux), les impacts environnementaux peuvent être très différents pour le même matériau ;
- la grande inconnue, lors de la mise en œuvre d'un matériau sur une construction, c'est si lors de la déconstruction, la meilleure élimination sera choisie (d'abord réemploi, puis recyclage, puis valorisation énergétique, puis enfouissement, dans ce cas, on peut l'espérer, au moins en centre de stockage).

Ainsi, s'il est vrai qu'il existe des matériaux qui sont des éco-matériaux un peu partout dans le monde, il existe des éco-matériaux spécifiques à certains territoires. Classiquement, il s'agit des matériaux issus de l'agriculture, comme les végétaux, dont on se sert pour fabriquer des isolants thermiques et faire économiser de l'énergie pour le chauffage. Ou comme les produits minéraux pour bénéficier de l'inertie thermique.

Dans ce mémoire, un inventaire long, mais cependant non exhaustif d'éco-matériaux est à découvrir.

Bonne lecture !...

### AR ARCHITECTES

SARL d'architecture au capital de 15 000 € inscrite au RCS de Paris sous le n° 510 413 503  
54 rue Merlin 75 011 Paris – Tél/Fax : 01 44 23 89 48 – [contact@ar-architectes.com](mailto:contact@ar-architectes.com)  
N°de SIRET : 510 413 503 00010 – N°Ordre des Architectes : S13071  
[www.ar-architectes.com](http://www.ar-architectes.com)