



# ISOLANTS THERMIQUES EN RÉNOVATION

Réaliser un choix équilibré entre confort, performance énergétique, approche environnementale et gestion circulaire des ressources

Sophie Trachte • Dorothee Stiernon



# Table des matières

Remerciements.....	9
Introduction.....	11
1 Rénovation énergétique et isolation thermique, mise en contexte .....	13
2 Importance des isolants dans la conception architecturale.....	14
3 Question du choix d'un matériau isolant en rénovation .....	14
4 Nécessité d'un état des lieux .....	15
5 Structure de l'ouvrage .....	16
<i>Natures, formes et familles</i> .....	16
<i>Propriétés techniques</i> .....	16
<i>Qualité de l'air intérieur et santé</i> .....	17
<i>Cycle de vie et impact environnemental</i> .....	17
<i>Intégration des objectifs d'économie circulaire</i> .....	17
<b>1 Natures, formes et familles.....</b>	<b>19</b>
1.1 Nature et ressources utilisées .....	21
1.1.1 <i>Types de matières premières</i> .....	22
1.1.2 <i>Processus de fabrication et transformations subies                 par les matières premières</i> .....	23
1.2 Structures, formes et usages.....	25
1.2.1 <i>Structure fibreuse, alvéolaire ou granulaire, un seul objectif:                 contenir de l'air immobile</i> .....	25
1.2.2 <i>Formes et conditionnements</i> .....	26
1.3 Isolants organiques.....	30
1.3.1 <i>Isolants organiques naturels issus de la biomasse végétale</i> .....	30
1.3.2 <i>Isolants organiques naturels recyclés</i> .....	43
1.3.3 <i>Isolants naturels d'origine animale</i> .....	45
1.3.4 <i>Isolants organiques synthétiques</i> .....	46
1.4 Isolants minéraux.....	52
1.4.1 <i>Isolants minéraux naturels</i> .....	53
1.4.2 <i>Isolants minéraux synthétiques</i> .....	57
1.5 Isolants composites et innovants .....	61
1.5.1 <i>Isolants dits « composites »</i> .....	62
1.5.2 <i>Isolants à pente intégrée</i> .....	62
1.5.3 <i>Isolants produits à partir de balles de céréales</i> .....	63
1.5.4 <i>Isolants inorganiques à base de mousse de ciment</i> .....	64
1.5.5 <i>Isolants organiques naturels à base de champignons</i> .....	64
1.5.6 <i>Isolants organiques naturels à base d'algues</i> .....	65
<b>2 Propriétés techniques .....</b>	<b>67</b>
2.1 Importance du diagnostic lors de la rénovation énergétique du bâti ancien .....	69
2.2 Fonctions thermiques et hygrométriques d'une enveloppe énergétiquement performante.....	72
2.3 Propriétés thermiques .....	74
2.3.1 <i>Conductivité thermique – valeur lambda (<math>\lambda</math>)</i> .....	74
2.3.2 <i>Résistance thermique – valeur R</i> .....	75

2.3.3	<i>Transmission thermique – coefficient U</i>	75
2.3.4	<i>Étanchéité à l'air</i>	76
2.3.5	<i>Inertie thermique</i>	77
2.3.6	<i>Grandeurs à retenir comme critères de choix «thermique»</i>	81
2.4	Propriétés hygrométriques.....	81
2.4.1	<i>Absorption, transfert et stockage de vapeur d'eau et d'eau liquide</i>	82
2.4.2	<i>Grandeurs à retenir comme critères de choix «hygrométrique»</i>	84
2.5	Pare-vapeur et freine-vapeur, les compagnons indispensables de l'isolation .....	85
2.5.1	<i>Risques de condensation interne</i>	85
2.5.2	<i>Types de membranes</i>	86
2.5.3	<i>Placement de la membrane pare-vapeur</i>	86
2.6	Autres propriétés techniques.....	87
2.6.1	<i>Résistance à la compression</i>	87
2.6.2	<i>Résistance au tassement</i>	88
2.6.3	<i>Réaction et résistance au feu</i>	89
2.6.4	<i>Caractère imputrescible ou résistance naturelle aux attaques des micro-organismes</i>	90
2.6.5	<i>Sensibilité aux insectes et aux rongeurs</i>	91
2.6.6	<i>Flexibilité, compressibilité et maniabilité des matériaux isolants à la mise en œuvre</i>	91
2.7	Cadres permettant de garantir la conformité à l'usage, les propriétés techniques et la qualité de mise en œuvre .....	92
2.7.1	<i>Cadre réglementaire pour la mise sur le marché économique européen</i>	92
2.7.2	<i>Cadre certificatif</i>	94
2.7.3	<i>Cadre relatif à la bonne mise en œuvre, les règles de l'art</i>	97
<b>3</b>	<b>Influence sur la qualité de l'air intérieur et la santé.....</b>	<b>103</b>
3.1	Cadre réglementaire et normatif sur les substances chimiques, la qualité de l'air intérieur et les émissions des matériaux.....	106
3.1.1	<i>Règlement CLP</i>	106
3.1.2	<i>Règlement RPC, marquage CE et COV</i>	107
3.1.3	<i>Valeurs de référence et normes en matière de ventilation et de qualité de l'air</i>	107
3.2	Impact sanitaire lors de la mise en œuvre.....	110
3.3	Impact sanitaire lors de la vie en œuvre – émissions potentielles de substances nocives.....	112
3.3.1	<i>Substances additionnelles présentant un caractère potentiellement toxique pour la santé humaine</i>	112
3.3.2	<i>Systèmes de labellisation et certification sur la qualité de l'air intérieur</i>	112
3.3.3	<i>Étiquetage français «Produit de construction»</i>	114
3.3.4	<i>Mesures prises par l'Allemagne concernant les émissions des matériaux de construction</i>	114
<b>4</b>	<b>Cycle de vie et impact environnemental.....</b>	<b>117</b>
4.1	Cycle de vie et analyse du cycle de vie.....	119
4.1.1	<i>Cycle de vie</i>	119
4.1.2	<i>Analyse du cycle de vie (ACV)</i>	120

4.2	Indicateurs repris dans l'évaluation environnementale.....	125
4.2.1	<i>Indicateurs environnementaux</i>	125
4.2.2	<i>Consommation d'énergie durant le cycle de vie d'un matériau – le concept d'énergie grise</i>	129
4.2.3	<i>Émissions de gaz à effet de serre durant le cycle de vie d'un matériau, le concept de carbone gris et de stockage de carbone biogénique</i>	132
4.2.4	<i>Disponibilité d'une ressource</i>	135
4.2.5	<i>Impact de la culture ou de l'extraction des ressources sur l'occupation et la qualité des sols</i>	138
4.2.6	<i>Origine géographique et impact environnemental du transport des matières premières</i>	139
4.3	Outils d'évaluation environnementale.....	141
4.3.1	<i>Généralités d'encodage et de présentation des résultats de ces outils</i>	141
4.3.2	<i>Outil ELODIE (France)</i>	142
4.3.3	<i>Outil Eco2soft (Autriche)</i>	144
4.3.4	<i>Outil OneClick LCA</i>	147
4.3.5	<i>Outil GPR Gebouw</i>	149
4.3.6	<i>Outil TOTEM (Belgique)</i>	151
4.3.7	<i>Tableau récapitulatif et comparatif des outils analysés</i>	155
4.4	Labels environnementaux.....	155
4.4.1	<i>Fiabilité des labels environnementaux</i>	156
4.4.2	<i>Types de labels</i>	156
4.4.3	<i>Présentations de quelques labels</i>	156
	<b>Intégration des objectifs d'économie circulaire.....</b>	<b>161</b>
5.1	<i>Économie circulaire, définitions et axes d'action.....</i>	<i>164</i>
5.2	<i>Conception circulaire et réversible des bâtiments : les grands principes.....</i>	<i>165</i>
5.2.1	<i>Principes à l'échelle du bâtiment : concevoir pour rendre adaptable, flexible et évolutif</i>	166
5.2.2	<i>Principes à l'échelle du composant ou de la paroi : concevoir pour rendre démontable et réutilisable</i>	167
5.2.3	<i>Principes à l'échelle du matériau : concevoir par et pour le réemploi</i>	171
5.2.4	<i>Passeport « matériaux » : assurer la traçabilité des informations sur le cycle de vie d'un matériau ou composant</i>	175
5.2.5	<i>Variation des principes dans le cas d'une rénovation</i>	175
5.3	<i>Critères de choix pour un matériau isolant et circulaire.....</i>	<i>175</i>
5.3.1	<i>Matériaux produits à partir de matières premières renouvelables et locales</i>	176
5.3.2	<i>Matériaux de réemploi</i>	176
5.3.3	<i>Matériaux à haut contenu recyclé</i>	176
5.3.4	<i>Matériaux robustes, à longue durée de vie</i>	177
5.3.5	<i>Matériaux à assemblage réversible et simple</i>	178
5.3.6	<i>Matériaux pour lesquels une filière de valorisation existe</i>	181
	<b>Conclusion.....</b>	<b>183</b>
1	<i>Élargir le champ de la réflexion et faire des liens.....</i>	<i>185</i>
2	<i>Appuyer les particularités du projet par un diagnostic préalable.....</i>	<i>187</i>
3	<i>Développer une approche globale.....</i>	<i>188</i>

Tableaux récapitulatifs .....	191
1 Ressources utilisées et durée de vie.....	191
2 Propriétés techniques.....	201
3 Circularité .....	213
4 Usages en rénovation .....	221
 Bibliographie .....	 231
1 Articles scientifiques .....	233
2 Ouvrages et thèses .....	233
3 Rapports et guides scientifiques.....	234
4 Sitographie .....	237
4.1 <i>Rénovation, matériaux isolants et conception circulaire</i>	237
4.2 <i>Projets de recherche</i>	237
4.3 <i>Labels et bases de déclarations environnementales</i>	238
4.4 <i>Normes, directives et statistiques européennes</i>	238
 Liste des acronymes, sigles et abréviations .....	 239
 Annexes.....	 245
A.1 Liste des fabricants et producteurs.....	246
A.1.1 <i>Isolants organiques</i>	246
A.1.2 <i>Isolants inorganiques ou minéraux</i>	250
A.2 Informations sur les FDES analysées.....	254
A.3 Tableau comparatif des outils d'évaluation environnementale .....	256
 Notes .....	 259
 Crédits photographiques.....	 277