

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
1 Natures, formes et familles.....	19
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
2 Propriétés techniques.....	67
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 λ</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
3 Influence sur la qualité de l'air intérieur et la santé.....	103
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
4 Cycle de vie et impact environnemental.....	117
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	Indicateurs environnementaux.....	125
4.2.2	Consommation d'énergie durant le cycle de vie d'un matériau – le concept d'énergie grise.....	129
4.2.3	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.....	132
4.2.4	Disponibilité d'une ressource.....	135
4.2.5	Impact de la culture ou de l'extraction des ressources sur l'occupation et la qualité des sols.....	138
4.2.6	Origine géographique et impact environnemental du transport des matières premières.....	139
4.3	Outils d'évaluation environnementale.....	141
4.3.1	Généralités d'encodage et de présentation des résultats de ces outils.....	141
4.3.2	Outil ELODIE (France).....	142
4.3.3	Outil Eco2soft (Autriche).....	144
4.3.4	Outil OneClick LCA.....	147
4.3.5	Outil GPR Gebouw.....	149
4.3.6	Outil TOTEM (Belgique).....	151
4.3.7	Tableau récapitulatif et comparatif des outils analysés.....	155
4.4	Labels environnementaux.....	155
4.4.1	Fiabilité des labels environnementaux.....	156
4.4.2	Types de labels.....	156
4.4.3	Présentations de quelques labels.....	156
5	Intégration des objectifs d'économie circulaire.....	161
5.1	Économie circulaire, définitions et axes d'action.....	164
5.2	Conception circulaire et réversible des bâtiments : les grands principes.....	165
5.2.1	Principes à l'échelle du bâtiment : concevoir pour rendre adaptable, flexible et évolutif.....	166
5.2.2	Principes à l'échelle du composant ou de la paroi : concevoir pour rendre démontable et réutilisable.....	167
5.2.3	Principes à l'échelle du matériau : concevoir par et pour le réemploi.....	171
5.2.4	Passeport « matériaux » : assurer la traçabilité des informations sur le cycle de vie d'un matériau ou composant.....	175
5.2.5	Variation des principes dans le cas d'une rénovation.....	175
5.3	Critères de choix pour un matériau isolant et circulaire.....	175
5.3.1	Matériaux produits à partir de matières premières renouvelables et locales.....	176
5.3.2	Matériaux de réemploi.....	176
5.3.3	Matériaux à haut contenu recyclé.....	176
5.3.4	Matériaux robustes, à longue durée de vie.....	177
5.3.5	Matériaux à assemblage réversible et simple.....	178
5.3.6	Matériaux pour lesquels une filière de valorisation existe.....	181
	Conclusion.....	183
1	Élargir le champ de la réflexion et faire des liens.....	185
2	Appuyer les particularités du projet par un diagnostic préalable.....	187
3	Développer une approche globale.....	188

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	Rénovation, matériaux isolants et conception circulaire.....	237
4.2	Projets de recherche.....	237
4.3	Labels et bases de déclarations environnementales.....	238
4.4	Normes, directives et statistiques européennes.....	238

Liste des acronymes, sigles et abréviations.....	239
--	-----

Annexes.....	245
--------------	-----

A.1	Liste des fabricants et producteurs.....	246
A.1.1	Isolants organiques.....	246
A.1.2	Isolants inorganiques ou minéraux.....	250
A.2	Informations sur les FDES analysées.....	254
A.3	Tableau comparatif des outils d'évaluation environnementale.....	256

Notes.....	259
------------	-----

Crédits photographiques.....	277
------------------------------	-----