



# Sommaire

<b>Préface à la présente édition</b> .....	9
<b>Introduction</b> .....	11
<b>I – Les principes d'une bonne isolation</b> .....	17
<b>I.1 Les facteurs du bien être thermique</b> .....	17
L'équilibre thermique du corps humain .....	17
Les paramètres climatiques de l'habitat .....	17
<b>I.2 Pourquoi isoler ?</b> .....	20
Les déperditions surfaciques .....	20
Les déperditions par les ponts thermiques .....	20
Les déperditions par renouvellement d'air .....	21
<b>I.3 Les isolants</b> .....	22
I.3.1 Le fonctionnement des isolants .....	24
I.3.2 Le coefficient lambda et le R pour exprimer la performance d'un isolant ...	24
La conductivité thermique : le coefficient lambda .....	25
La résistance thermique : R .....	26
I.3.3 Le coefficient « U » pour exprimer la performance d'une paroi .....	27
Le coefficient de transmission surfacique U .....	27
Valeur U des baies : portes, fenêtres, parois vitrées .....	28
<b>I.4 Qu'est ce qu'une isolation écologique ?</b> .....	30
I.4.1 Une isolation efficace .....	30
Une enveloppe thermique sans déperdition .....	31
Une enveloppe fortement isolée .....	31
Y a-t-il une épaisseur maximale d'isolation ? .....	34
Des ponts thermiques limités .....	36
Autres ponts thermiques .....	40
Des parois étanches à l'air .....	40
Une isolation qui compose avec l'inertie .....	46
Isolation et inertie .....	46
Une conception thermique adaptée aux besoins .....	57
Des besoins différents selon la région climatique .....	58
Des interventions différentes selon le type de bâtiment existant .....	59
Des besoins différents selon l'usage .....	59
Isolation écologique et solutions « de référence » .....	59
I.4.2 Une isolation durable .....	62
La sensibilité aux tassements .....	63
La sensibilité aux rongeurs et aux insectes .....	63
La sensibilité à l'humidité (eau et vapeur d'eau) .....	64
Le comportement des parois à l'humidité .....	65
Le comportement des matériaux à l'eau .....	66
Le comportement des matériaux à la vapeur d'eau .....	68
La gestion de l'humidité dans les parois .....	69
La paroi perspirante .....	71
Cas particuliers de certaines parois existantes .....	74



I.4.3 Une isolation pour des bâtiments sûrs et sains	76
Comportement au feu des isolants et des parois	76
Les évaluations du comportement au feu	77
Les risques liés aux incendies	77
Les dispositions constructives et le choix des matériaux de parement	78
Des matériaux d'isolation sains	80
Différentes classes de polluants	81
Dangers et risques	82
L'importance des matériaux de parement et de leur mise en œuvre	84
I.4.4 Choix de matériaux à faibles impacts environnementaux	84
Analyse de cycle de vie et indicateurs environnementaux	84
Comment faire le choix d'éco-isolants ?	88
Peut-on parler d'un « optimum écologique » ?	90

## **II – Les matériaux d'isolation** ..... 93

Introduction	93
Repères complémentaires pour la lecture des fiches	93
<b>Les isolants synthétiques</b>	95
Le polystyrène expansé	95
Le polystyrène extrudé	96
Les polyuréthanes	97
<b>Les isolants minéraux</b>	97
Les laines minérales	98
Le verre cellulaire	99
La mousse de verre	100
Le verre expansé	100
La perlite expansée	101
La vermiculite expansée	102
L'argile expansée	102
La pierre ponce et la pouzzolane	103
La mousse minérale	104
<b>Les isolants végétaux</b>	105
Les isolants à base de bois	105
Les fibres de bois	106
Les fibragglos	107
Le bois minéralisé	108
Les granules de bois rétifé	109
Les copeaux de bois	109
Le liège	110
Les isolants issus de l'agriculture	111
Le chanvre	112
Les briques et bétons de chanvre	113
Le lin	114
Le kenaf	115
La laine de coco	116
Les pailles de céréales	116
La paille de lavande	117
Les rafles de maïs et autres résidus agricoles	118
Les roseaux	119
Les bambous et les roseaux géants	120



Les herbes .....	120
Les algues .....	121
<b>Les isolants issus du recyclage</b> .....	121
La ouate de cellulose .....	121
Le textile recyclé Métisse .....	124
<b>Les isolants d'origine animale</b> .....	125
La laine de mouton .....	125
<b>Les isolants spéciaux à faible épaisseur</b> .....	126
Les aérogels .....	127
Les isolants sous vide .....	128
Les isolants translucides .....	129
<b>III – Techniques de mise en œuvre</b> .....	131
<b>L'isolation des murs extérieurs</b> .....	132
Généralités .....	132
Les murs maçonnés à isolation répartie .....	135
<b>M01</b> Monomurs en terre cuite .....	136
<b>M02</b> Monomurs en béton cellulaire .....	138
<b>M03</b> Monomurs en blocs de béton allégés .....	140
Les murs isolés par l'extérieur .....	142
<b>M04</b> Isolation enduite sans lame d'air .....	144
<b>M05</b> Isolation sous bardage avec lame d'air .....	146
<b>M06</b> Murs maçonnés à double paroi .....	148
Les murs isolés par l'intérieur .....	150
<b>M07</b> Isolation par panneaux ou blocs à enduire .....	153
<b>M08</b> Isolation sur ossature bois rapportée .....	154
<b>M09</b> Isolation avec contre-cloisons maçonnées .....	156
<b>M10</b> La correction thermique des murs maçonnés .....	158
Pose d'une isolation de faible épaisseur côté intérieur et/ou extérieur ..	158
Projection d'un enduit isolant côté intérieur et/ou extérieur .....	158
Pose d'un parement intérieur à faible effusivité .....	160
Les murs « bois » et « ossature bois » .....	162
<b>M11</b> Murs en bois massif... isolés .....	166
<b>M12</b> Murs en ossature bois et remplissage isolant à sec .....	169
<b>M13</b> Murs en ossature bois et remplissage bétons légers .....	172
<b>M14</b> Murs en ossature bois et remplissage bottes de paille .....	175
<b>M15</b> Le cas spécifique des murs sud .....	178
<b>L'isolation des sols</b> .....	181
Les sols sur terre-plein .....	181
<b>P01</b> Sols à forte inertie .....	184
<b>P02</b> Sols à moyenne inertie .....	186
<b>P03</b> Sols à faible inertie .....	188
Les planchers sur espaces non chauffés .....	190
<b>P04</b> Planchers en structure bois .....	193
<b>P05</b> Planchers en maçonnerie .....	195
<b>P06</b> Isolation de dalles existantes .....	197
Les planchers entre étages chauffés .....	199
<b>L'isolation des toitures</b> .....	205
Généralités .....	205
Les toitures froides .....	209



<b>T01</b> Isolation des combles non praticables .....	209
<b>T02</b> Isolation des combles praticables .....	210
Les rampants isolés par-dessus .....	211
<b>T03</b> Isolation entre les éléments de charpente .....	211
<b>T04</b> Isolation au-dessus des chevrons .....	213
Isoler les rampants par-dessous .....	215
<b>T05</b> Isolation par panneaux ou rouleaux .....	215
<b>T06</b> Isolation par insufflation .....	218
Les toitures-terrasses .....	220
<b>T07</b> Isolation de toiture-terrace en béton .....	220
<b>T08</b> Isolation de toiture-terrace en structure bois .....	222
Les toitures végétalisées .....	223
<b>L'isolation des baies vitrées</b> .....	225
Les différents éléments des baies .....	225
Le vitrage .....	225
La menuiserie .....	226
Les fenêtres isolantes .....	230
Les liaisons des menuiseries avec le gros œuvre .....	231
L'étanchéité à l'air .....	232
L'étanchéité à l'eau .....	232
Quelques critères de conception .....	233
Le dimensionnement des baies .....	233
Les différents types d'ouvrants .....	234
Les compléments d'isolation mobiles .....	235
Quel niveau d'isolation choisir ? .....	236
Amélioration des baies existantes en réhabilitation .....	237
Modification de l'ouverture ou création d'une ouverture nouvelle .....	237
Conservation des ouvertures originelles .....	237
Les doubles fenêtres .....	239
<b>Annexes</b> .....	
Principales grandeurs et unités .....	241
Caractéristiques des matériaux .....	242
Réglementations, normes, DTU, certifications, avis d'experts, aptitude à l'usage, assurabilité .....	246
Approche économique .....	248
Utilisation de matériaux non référencés .....	249
Bibliographie et sites internet .....	251
Glossaire .....	253
Index .....	254

## Préface à la présente édition

Depuis la parution de la première édition de *L'Isolation écologique* en 2001, le monde du bâtiment a spectaculairement changé. Chagné, non pas encore essentiellement dans son mode de production, mais surtout dans ce qu'il dit de lui-même : de marginale, considérée avec condescendance, voire ouvertement raillée il y a encore dix ans, l'écologie est devenue la valeur suprême, l'estampille obligée de toute proposition technique ou commerciale. Mais ces fleuves de peinture verte n'ont le plus souvent pour fonction que de justifier des pratiques inchangées : quand les fissures apparaissent aux yeux de tous, refaire la façade coûte évidemment moins cher que d'aller voir l'état des fondations et de prendre les mesures conséquentes. Certes, l'inertie dans le monde du bâtiment est infiniment plus lourde structurellement que dans celui de la communication et de la publicité : cela explique en partie le choix de changer d'image plutôt que de réalité, mais ne l'excuse pas, quand on constate que dans d'autres pays, en Europe du Nord notamment, ces mêmes pratiques à très forte inertie ont su évoluer, et parfois radicalement, depuis plusieurs décennies déjà.

Pourquoi chez nous cela est-il si difficile ?

En 1979, on citait la France comme « Le pays européen à suivre » en matière d'économies d'énergie. Même des journaux anglais ! oui ! En effet, suite au choc pétrolier de 1973, l'AEE (Agence française pour les économies d'énergie) avait impulsé une politique très cohérente de réduction des consommations, notamment en commençant à bousculer la mauvaise inertie du milieu du bâtiment en favorisant à tous les niveaux de décision la conception bioclimatique. C'était l'époque où à défaut de pétrole, la France « avait des idées ». On parlait même d'introduire un « droit au soleil » dans les règlements d'urbanisme, et d'une réglementation dissuadant du chauffage électrique... C'était oublier qu'en plus des idées, la France avait aussi une filière électronucléaire en pleine expansion...

L'AEE fut donc dissoute en 1985<sup>2</sup> et remplacée par l'AFME (Agence française pour la maîtrise de l'énergie) puis par l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), lesquelles se sont peu fait remarquer par leur audace : songeons entre autres à leur absence de remise en cause de l'aberration typiquement française que constitue l'isolation par l'intérieur, étroitement liée au mode de chauffage par convecteurs électriques.

De « modèles européens » que nous étions, nous voilà donc réduits trente ans plus tard à remplir des cars d'architectes, d'entrepreneurs et d'édiles locaux pour aller voir comment s'y prennent nos voisins suisses, autrichiens, allemands ou anglais, pour construire des bâtiments quatre à cinq fois moins énergivores que les nôtres.

Car l'urgence nous rattrape. Face à la menace grandissante du changement climatique, face au renchérissement inéluctable à moyen terme du prix du combustible fossile, face aux catastrophes humaines sociales et politiques qu'elles préparent, l'heure n'est plus aux sauts de puce qualitatifs des réglementations thermiques successives qui amusent la galerie et donnent bonne conscience à peu de frais aux bonimenteurs du « développement durable » : les bâtiments que nous construisons ou réhabilitons aujourd'hui en suivant péniblement les timides réglementations actuelles seront encore en service en 2050 et leurs performances thermiques, à supposer qu'elles aient été durables, seront, on le sait, très nettement insuffisantes pour satisfaire aux objectifs que nous nous sommes officiellement fixés : diviser par quatre nos émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990.

1. Témoignage de Bernard Laponche, polytechnicien, expert international en politiques énergétiques, ex-membre de l'AEE, dans l'émission « Terre à terre » de Ruth Stegassi, du 2 septembre 2006. Site : [terreaterre.ww7.be](http://terreaterre.ww7.be)

2. Par Alain Madelin, alors ministre de l'Industrie, le même qui l'année suivante stoppa le nuage de Tchernobyl à nos frontières.



Il s'agit donc d'opérer, très rapidement, une profonde mutation, voire pour beaucoup qui ronronnaient dans leurs habitudes du « quand le bâtiment va, tout va », une véritable révolution dans nos modes d'habiter et de construire.

Mais attention, cela n'a rien à voir avec la dernière « maison zéro énergie » ou à « énergie positive », couverte de photopiles pour masquer son médiocre niveau d'isolation, produite à un coût exorbitant et inaccessible à l'immense majorité de nos concitoyens qui se trouvent de fait rejetés dans leur médiocrité : « l'écologie, c'est bien, mais c'est pas pour moi » et s'en vont, dépités de cette mode de bobos, se faire construire leur *Sam'suffit* pavillonnaire tout juste conforme aux normes actuelles, qui s'avérera très bientôt, bien avant le terme de leur crédit bancaire, un gouffre énergétique et budgétaire.

Plutôt que de nous focaliser sur quelques réalisations spectaculaires difficilement reproductibles, nous devons nous fixer des objectifs exigeants, mais raisonnablement atteignables par TOUS, sans quoi nous ne serons jamais au rendez-vous de 2050.

L'objectif de cette nouvelle édition de *L'Isolation écologique* entièrement refondue est donc de faire le point sur « l'état de l'art » après ces neuf années pendant lesquelles la prise de conscience environnementale est venue au premier plan – avec peu d'incidence réelle en France sur la pratique majoritaire ordinaire du bâtiment, comme dit plus haut – mais avec des avancées notoires dans une frange de plus en plus importante de praticiens. Ces avancées conceptuelles et pratiques, appuyées par une circulation plus large de l'information européenne et internatio-

nale, sont aujourd'hui plus nettement visibles, y compris du monde du bâtiment conventionnel qui s'en émeut, souvent les singe dans sa communication, mais quelquefois, heureusement, s'en inspire efficacement.

Encore plus que la première édition, cet ouvrage vise à fournir des outils pratiques pour faire de l'enveloppe de nos habitats une « troisième peau » assurant un très haut niveau d'efficacité thermique, en respectant le confort des habitants, leur santé, celle des intervenants, ainsi que les grands équilibres environnementaux. Car l'écologie, dans le bâtiment, comme ailleurs, n'est pas seulement affaire de performance quantifiable dans un secteur particulier, mais recherche d'un équilibre dans un ensemble de facteurs interagissant de manière complexe. Complexe mais compréhensible, et source de pratiques opératoires adaptées, quand on veut bien prendre la peine de se délester aussi bien des préjugés que du « confort » des habitudes et des recettes toutes faites.

Pour cette nouvelle édition j'ai demandé à Samuel Courgey, déjà coauteur avec moi de *La Conception bioclimatique, en neuf et réhabilitation*, de m'apporter le concours de sa rigueur et de son expertise. Tous deux, nous avons étroitement travaillé avec Bruno Jarno, ingénieur thermicien, familier de l'anglais et de l'allemand, et pêcheur d'informations extrahexagonales, que nous ne saurions assez remercier pour nous avoir aidé à mieux comprendre et présenter maints phénomènes complexes.

**Jean-Pierre Oliva**