

# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	9
Petite histoire du chauffage et du rafraîchissement .....	9
Une approche écologique de l'habitat .....	23
<b>Chapitre 1</b>	
<b>Qu'est-ce que le bien-être thermique ?</b> .....	27
<b>1.1 L'équilibre thermique du corps humain</b> .....	27
<b>1.2 Les paramètres mesurables du confort thermique</b> .....	28
La température de l'air ambiant .....	28
La température des parois .....	29
La température résultante air/parois .....	29
L'humidité relative de l'air .....	30
Les mouvements de l'air .....	31
Les facteurs psychologiques et culturels .....	31
<b>Chapitre 2</b>	
<b>Les bases de l'architecture bioclimatique</b> .....	33
<b>2.1 Le mode de vie bioclimatique</b> .....	33
Construire et vivre avec le climat et non contre lui .....	33
Vivre avec les rythmes naturels .....	34
Maison solaire passive, habitants actifs .....	35
Énergie solaire fossile, active ou passive ? .....	35
<b>2.2 Principes de conception des espaces et des enveloppes</b> .....	36
2.2.1 Les différentes fonctions de l'enveloppe .....	36
Profiter des éléments favorables du climat,	
écarter ceux qui sont défavorables .....	36
2.2.2 Composer avec le site .....	39
Trouver les profils de moindre résistance pour minimiser	
les déperditions et optimiser les gains solaires .....	39
2.2.3 Optimiser la forme et l'orientation .....	44
L'ensoleillement .....	44
La compacité .....	44
2.2.4 Organiser les zones d'habitat selon l'ambiance thermique des espaces .....	47
La double enveloppe .....	47
Vivre au quotidien avec le soleil et la lumière .....	47
<b>2.3 Les ressources (lieux et climats)</b> .....	51
2.3.1 Le macroclimat .....	51
La position du soleil .....	52
Le rayonnement solaire .....	53
La température .....	55
Le vent .....	55
L'humidité .....	56



2.3.2 Le mezzoclimat et le microclimat	57
Influence des sols et de la végétation	57
Influence de l'altitude et du relief	57
Influence des masques solaires	59
Le microclimat urbain	61
<b>2.4 Les outils (notions de base)</b>	<b>63</b>
2.4.1 Intensité du rayonnement solaire	63
Intensité du rayonnement solaire et nébulosité	63
Angle entre le rayonnement solaire direct et la surface de la paroi réceptrice	63
Rayonnement diffus	65
Nature des surfaces avoisinantes : la réflexion	66
2.4.2 Comportements des surfaces réceptrices	67
2.4.3 Propriétés et performances thermiques des matériaux	68
La conductivité thermique	69
La capacité thermique	70
La diffusivité thermique	70
L'effusivité thermique	71
2.4.4 Particularités thermiques des matériaux transparents	72
Rappel du principe de l'effet de serre	72
Propriétés thermiques des vitrages	72

## Chapitre 3

### Des parois performantes

<b>3.1 Les parois opaques</b>	<b>75</b>
3.1.1 Propriétés et performances thermiques des parois opaques	75
Performances isolantes d'une paroi	76
Inertie thermique	80
Isoler pour l'hiver ou pour l'été ?	86
Durabilité des performances des parois	88
Isolation et hygrothermique des parois	89
3.1.2 Les différents types de parois pour l'enveloppe	92
Les murs	93
Les toitures	102
Principe de conception des sols	106
3.1.3 Les parois et parements intérieurs	110
L'inertie dans les parois intérieures	110
L'effusivité thermique des parements	112
<b>3.2 Les parois vitrées (fenêtres et autres baies)</b>	<b>113</b>
3.2.1 Choix de l'orientation des baies vitrées	113
3.2.2 Dimensionnement des baies vitrées	115
3.2.3 Optimisation des baies pour la thermique d'hiver	116
Huisseries	116
Types de baies	117
3.2.4 Optimisation des baies pour le confort d'été	121
Éviter les surchauffes	121
Le facteur solaire	121
Les pare-soleil extérieurs fixes	122
Les protections solaires mobiles	125
Les protections et masques végétaux	126
Le traitement des sols environnants	128



## Chapitre 4

<b>Techniques bioclimatiques spécifiques</b> .....	129
<b>4.1 Les murs capteurs accumulateurs</b> .....	129
4.1.1 Conception et dimensionnement des murs capteurs .....	130
Orientation .....	130
Surface .....	130
Épaisseur et matériaux .....	131
Couleur et rugosité du mur .....	133
Nature et qualité du vitrage .....	134
Choix des menuiseries .....	134
Murs capteurs et confort d'été .....	134
4.1.2 Aperçu de murs capteurs spécifiques .....	136
Le mur Trombe .....	136
Le mur rayonnant mixte, ou mur « double peau » .....	138
Murs capteurs sur murs anciens traditionnels .....	140
Murs capteurs sur murs conventionnels .....	140
Vers des murs capteurs en bois ? .....	141
<b>4.2 Les serres bioclimatiques</b> .....	143
4.2.1 Principe de fonctionnement .....	143
4.2.2 Conception de la serre comme espace habitable .....	146
4.2.3 Typologie et dimensionnement des serres .....	148
L'orientation .....	148
L'inclinaison du vitrage et le profil de la serre .....	148
L'intégration de la serre à l'espace habité .....	149
Le dimensionnement des serres .....	150
4.2.4 Réalisation de serres performantes .....	151
Relation entre la serre et l'extérieur .....	151
Relation de la serre avec l'intérieur .....	154
Serre et ventilation .....	158
4.2.5 Les serres dans un bâtiment en réhabilitation .....	160
<b>4.3 Les capteurs à air</b> .....	163
4.3.1 Principes et dimensionnement des capteurs à air .....	163
Isolation et type de vitrage .....	164
Orientation .....	164
Pouvoir d'absorption de la surface réceptrice .....	164
Dimensionnement des surfaces de captage .....	164
4.3.2 Captage pour chauffage direct de l'espace habité .....	166
4.3.3 Captage pour chauffage de masses de matériaux .....	167
<b>4.4 Les puits canadiens</b> .....	171
4.4.1 Éléments pour la conception d'un puits canadien .....	173
Configuration du puits canadien .....	173
Nature du sous-sol .....	173
Profondeur des conduits .....	173
Longueur et diamètre des canalisations .....	174
Débit et vitesse de l'air .....	174
Type et matériau des conduits .....	175
4.4.2 Conception et dimensionnement d'un puits canadien .....	175
4.4.3 Bilan et performances d'un puits canadien .....	177
Approche environnementale .....	177
Approche économique .....	177

**Chapitre 5****La ventilation** ..... 179**5.1 Principes de base de la ventilation** ..... 179

5.1.1 Ventiler pour avoir un air intérieur sain ..... 180

5.1.2 Principes des systèmes de ventilation ..... 182

Ventilation par pièces séparées ou par balayage ..... 182

Ventilation assujettie ou non aux besoins de renouvellement d'air ..... 182

**5.2 Principaux systèmes de ventilation** ..... 184

5.2.1 Ventilation naturelle « à l'ancienne » ..... 184

Aération par les défauts d'étanchéité ..... 184

Renouvellement d'air par ouverture des fenêtres ..... 184

Ventilation par tirage thermique ..... 185

5.2.2 VMC « de base » ou « simple flux autoréglable » ..... 186

5.2.3 VMC simple flux hygroréglable de type B ..... 187

5.2.4 VMC double flux avec récupérateur de chaleur ..... 188

5.2.5 Ventilation mécanique répartie (VMR) ..... 189

5.2.6 Ventilation mécanique par insufflation (VMI) ..... 190

5.2.7 Récapitulatif ..... 191

**5.3 Éléments pour une ventilation écologique** ..... 192

5.3.1 Réduire les besoins de renouvellement d'air ..... 192

Pour réduire les pollutions à la source ..... 192

Pour des parois composant avec la présence d'eau ..... 193

5.3.2 Tempérer l'air entrant ..... 194

Récupération de chaleur sur l'air extrait ..... 194

Récupération de la chaleur ou de la fraîcheur gratuite du sol ..... 194

Récupération de l'énergie solaire arrivant sur le bâtiment ..... 194

5.3.3 Adapter les débits de ventilation aux besoins ..... 197

Systèmes mécanisés permettant une modulation forte des débits ..... 197

Ventilation et ouverture des fenêtres ..... 198

5.3.4 Rafraîchir par surventilation du bâtiment ..... 198

5.3.5 Vers une ventilation naturelle écologique ..... 201

**Chapitre 6****Stratégies pour des bâtiments économes et confortables** ..... 207**Comment agir ?** ..... 209

Choix architecturaux et mesures concernant l'adaptation au lieu ..... 210

Mesures concernant les techniques de construction et le choix des matériaux ..... 215

Mesures concernant la qualité et le soin de la mise en œuvre ..... 215

Mesures concernant les installations techniques ..... 216

Le comportement et les choix des habitants ..... 219

**Annexes**

Principales unités rencontrées dans le secteur du bâtiment ..... 222

Caractéristiques thermiques des matériaux ..... 224

Réglementations, normes, DTU, certifications, labels ..... 226

Réglementations thermiques et certification « basse énergie » ..... 227

Approche économique ..... 229

**Bibliographie et sites internet** ..... 232

Glossaire ..... 238