

Sommaire

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

LES MATÉRIAUX ET LE PROJET ARCHITECTURAL	15		
Un développement paradoxal.....	15	Le matériau mis en œuvre sur le chantier.....	18
Les matériaux dans l'architecture :		Le matériau utilisé et perçu.....	18
un processus complexe.....	16	Le matériau démonté.....	18
Les états du matériau.....	16	Le matériau recyclé.....	19
Le matériau conçu et fabriqué.....	16	Le choix des matériaux: une démarche	
Le matériau prescrit, agencé et dessiné.....	17	multicritères.....	19
COMPORTEMENT DES MATÉRIAUX DANS L'ARCHITECTURE	20		
L'architecture répond à un contexte.....	20	Les caractéristiques du concept architectural ..	23
Créer des espaces de vie: les données		Créer la forme.....	23
du programme.....	21	La perception de l'espace architectural.....	25
S'inscrire dans un site.....	22	Les propriétés architecturales des matériaux ..	27
Matériaux et techniques constructives.....	23		
PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES MATÉRIAUX DANS LA CONSTRUCTION	28		
Résistance mécanique.....	28	Dilatation thermique.....	31
Généralités.....	28	Conductivité thermique.....	31
Compression.....	28	Comportement aux agents extérieurs ..	31
Traction.....	29	Comportement au feu	31
Flexion.....	30	Inflammabilité.....	31
Comportement thermique.....	31	Résistance au feu.....	32
COMPORTEMENT ENVIRONNEMENTAL	32		
Approche descriptive.....	32	Labels et normes	33
Impact environnemental de la fabrication.....	32	Les fiches de déclaration environnementale et	
Les territoires de production.....	32	sanitaire.....	33
Impact lors de la mise en œuvre sur le chantier...	33	Environmental Product Declarations: les EPD	36
Vie en œuvre.....	33	Qualité environnementale des bâtiments:	
Fin de vie.....	33	HQE, LEED et BREEAM.....	37

CHAPITRE 2

LE BOIS ET LES AUTRES MATÉRIAUX DE LA BIOMASSE

LE BOIS

REPÈRES HISTORIQUES	40		
Avant l'industrie.....	40	L'habitat premier.....	40
Le matériau des origines de la construction.....	40	Expression architecturale des cultures du monde	41

Charpentes, toitures et planchers.....	42	Transformations industrielles.....	44
Depuis la révolution industrielle	44	La filière bois en France.....	45

ÉLABORATION ET MISE EN ŒUVRE

Composition.....	46	Séchage.....	51
Photosynthèse.....	46	La préservation des bois	51
Les principales espèces utilisées en construction.....	47	Procédés de transformation : les fabrications industrielles	52
Procédés de transformation : de la forêt à la construction	48	Les transformations primaires.....	52
Abattage et débardage	48	Les bois de structure issus du sciage.....	52
Sciage.....	48	Les produits issus du déroulage.....	56
Classement des bois	51	Les panneaux dérivés de la trituration et du recyclage	57
Déroulage et tranchage	51	Matériaux isolants à base de bois	59

PROPRIÉTÉS ARCHITECTURALES ET CONSTRUCTIVES.....

Symbolique.....	60	Structure par plans et voiles : construction à ossature bois et panneaux	61
Forme et expression structurelle.....	61	Surfaces développées	62
Structure par éléments linéaires : poutres et poteaux 61		Ambiances et intériorité	62

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Résistance mécanique.....	63	Les risques biologiques	64
Critères de variation.....	63	Les mesures de préservation	65
Le cas des produits industrialisés.....	63	Comportement au feu	65
Comportement thermique	64	Réaction au feu.....	65
Comportement aux agressions climatiques et environnementales.....	64	Tenue et résistance au feu	66

APPROCHE ENVIRONNEMENTALE

Impact environnemental de la fabrication des matériaux	66	Les territoires de production : incidence du transport.....	68
Origine des matériaux : une ressource écologique Sylviculture raisonnée.....	66	Impact lors de la mise en œuvre sur chantier ..	68
Consommation énergétique liée à la fabrication ..	67	Vie en œuvre	68
Consommation d'eau	67	Entretien / maintenance	68
Bilan carbone.....	67	Taux de renouvellement	69
Sous-produits liés au cycle de production	67	Évolutivité de la construction.....	69
Rejets polluants	67	Fin de vie. Capacité du système à se renouveler	69

LE BAMBOU

PRÉSENTATION ET SPÉCIFICITÉS.....

Une herbe remarquable.....	69	Forme et composition	70
----------------------------	----	----------------------------	----

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

TRANSFORMATION ET APPLICATIONS.....

Exploitation traditionnelle.....	71	Lamelles	71
Exploitation industrielle	71	Fibres et poudres.....	71

LE CHANVRE

PRÉSENTATION	73		
Une culture réhabilitée	73	Mode de culture	73
La plante	73	Constitution	73
PROCESSUS DE TRANSFORMATION			73
Récolte	73	Défilage	73
APPLICATIONS			74
Les laines isolantes	74	Les granulats de chanvre	74

LE LIN

PRÉSENTATION	75		
Mode de culture	75	La récolte	75
TRANSFORMATION			75
APPLICATIONS			76
Laine de lin	76	Granulats de lin	76

LA PAILLE

PRÉSENTATION	76		
Des bottes en forme de parpaings	76	Écologie constructive	77
TECHNIQUES CONSTRUCTIVES			77
Bottes de paille et ossature bois	77	Technique du GREB	78
Caractéristique thermique des bottes de paille	77	Paille porteuse ou technique du Nebraska	78
Industrialisation du procédé et avis technique	77	Les panneaux de paille compressée	78
Comportement au feu	78	Mode de fabrication	78

CHAPITRE 3 L'ACIER

RÉPÈRES HISTORIQUES	79		
La fabrication par méthode directe: de 2500 av. J.-C. au XIV ^e siècle	79	L'aciérie électrique	81
La fonte des hauts-fourneaux: du XIV ^e à la fin du XVIII ^e siècle	80	Les aciers contemporains : 3 000 nuances	81
La sidérurgie moderne et la révolution industrielle: du XIX ^e siècle à aujourd'hui	81	L'architecture et les métaux ferreux	82
		Avant la fonte	82
		Avec la fonte	82
		Une nouvelle culture constructive	83

ÉLABORATION ET MISE EN ŒUVRE			85
Composition	85	L'affinage	88
Le minerai de fer	85	Deuxième étape: la coulée	88
Le coke	85	Troisième étape: le laminage	89
La ferraille	85	Les produits sidérurgiques	
Autres matières premières	85	pour la construction	90
Procédés de fabrication	86	Structure et ossature: les produits longs	90
Première étape: l'acier en fusion	86	Couverture, façade et plancher: les produits plats	94
PROPRIÉTÉS ARCHITECTURALES ET CONSTRUCTIVES			97
Symbolique	97	Transparence et lumière	99
Forme et expression structurelle	97	Confort high-tech	100
PROPRIÉTÉS PHYSIQUES			101
Résistance mécanique	101	Risques de corrosion	102
Comportement thermique	102	Comportement au feu	103
APPROCHE ENVIRONNEMENTALE			104
Impact environnemental de la fabrication	104	Impact lors de la mise en œuvre sur chantier ..	105
Les matières premières des hauts fourneaux	104	Vie en œuvre	106
Consommation énergétique et consommation		Entretien et maintenance	106
d'eau	104	Taux de renouvellement	106
Pollutions liées à la fabrication	105	Évolutivité de la construction	106
Les territoires de production: incidence		Fin de vie. Capacité du système	
du transport	105	à se renouveler	106

CHAPITRE 4

LES BÉTONS ET LES AUTRES LIANTS HYDRAULIQUES

LE BÉTON

REPÈRES HISTORIQUES			107
La chaux, ancêtre du ciment	107	L'architecture du « mouvement moderne »	
Le béton romain	108	et le béton	109
La re-découverte du béton	108	Préfabrication et essor de la filière	111
Le béton armé	109	L'industrialisation	111
Le béton précontraint	109	Les nouveaux bétons	111
ÉLABORATION ET MISE EN ŒUVRE			112
Composition	112	Prise du ciment	115
Le ciment	112	Les types de ciment	116
Les agrégats	113	Mise en œuvre des bétons	117
L'eau	114	La préparation du béton	117
Les adjuvants	114	Les types de béton	118
Les colorants	115	La mise en forme du béton	118
La formulation du béton	115	La réalisation de l'état de surface	120
Procédés de fabrication du ciment	115	Matériaux isolants à base de béton	121
Extraction et concassage des matières premières		Le béton cellulaire	121
Préparation de la matière première: le cru	115	Le béton de granulats isolants	122
Cuisson du cru	115	Les composants isolés en polystyrène	
Broyage et livraison	115	expansé (PSE)	122

PROPRIÉTÉS ARCHITECTURALES ET CONSTRUCTIVES	122		
Symbolique.....	122	Le matériau multi-fonction.....	124
Formes et expression structurelle.....	122	Lumière, couleurs et textures.....	124
La forme du moule.....	122	Ambiances et confort.....	124

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES..... 126

Résistance mécanique.....	126	Comportement aux agressions climatiques et environnementales.....	126
Compression et traction.....	126	Les effets de la pollution.....	126
Le retrait.....	126	La résistance au gel.....	127
Propriétés thermiques.....	126	Comportement au feu.....	127
Conductivité thermique.....	126	La réaction au feu.....	127
Inertie thermique.....	126	La résistance au feu.....	127

APPROCHE ENVIRONNEMENTALE..... 127

Impact environnemental de la fabrication des constituants.....	127	Emissions de particules.....	128
Carrières d'extraction.....	127	Les territoires de production : incidence énergétique du transport.....	128
Les adjuvants.....	127	Impact lors de la mise en œuvre sur chantier ..	129
Épuisement des matières premières.....	128	Vie en œuvre.....	129
Recyclage de sous-produits industriels.....	128	Entretien et maintenance.....	129
Consommation énergétique liée à la fabrication ..	128	Taux de renouvellement.....	129
Consommation d'eau.....	128	Évolutivité de la construction.....	129
Rejets polluants.....	128	Fin de vie. Capacité du système à se renouveler.....	129
Dégagement CO ₂	128		

LA CHAUX

LES CHAUX NATURELLES..... 130

Fabrication de la chaux.....	130	Propriétés des chaux naturelles.....	131
La chaux aérienne (CL).....	130	Comportement à l'air et à l'eau.....	131
Applications.....	130	Propriétés bactéricides.....	131
La chaux hydraulique (NHL).....	131	Élasticité.....	131
Applications.....	131		

LES CHAUX ARTIFICIELLES (HL)..... 131

LE PLÂTRE

FABRICATION..... 132

Extraction du gypse.....	132	Gâchage.....	132
Cuisson.....	132		

MISE EN ŒUVRE..... 133

Mise en œuvre traditionnelle.....	133	Mise en œuvre industrielle.....	133
Les enduits.....	133	Les carreaux de plâtre.....	133
Le staff.....	133	Les plaques de plâtre.....	133
Le stuc.....	133		

PROPRIÉTÉS..... 135

Porosité.....	135	Résistance au feu.....	135
---------------	-----	------------------------	-----

CHAPITRE 5

LES ROCHES NATURELLES : PIERRES ET TERRES

LA PIERRE

REPÈRES HISTORIQUES	137
Pierre de taille et pierre maçonnée	137
ÉLABORATION ET MISE EN ŒUVRE	140
Origine et identification des roches	140
Formation	140
Composition et forme	141
Étapes de mise en œuvre : de la roche à la pierre	141
Extraction	141
La pierre à l'ère industrielle	139
La taille	141
Les finitions	142
Les types d'ouvrage et la normalisation	142
Matériaux isolants à base de roches	142
Laine de roche	142
Aérogel de silice : les supers isolants	143
PROPRIÉTÉS ARCHITECTURALES ET CONSTRUCTIVES	144
Symbolique	144
Formes et expression structurelle	144
Blocs massifs	144
Maçonneries mixtes	145
Pierres minces	145
Lumière, couleurs et textures	145
Ambiances et confort	145
PROPRIÉTÉS PHYSIQUES	146
Masse volumique	146
Résistance mécanique	146
Dureté et degré d'usure	146
Porosité, imperméabilité	146
Comportement thermique et comportement au feu	147
APPROCHE ENVIRONNEMENTALE	147
Carrières d'extraction	147
Épuisement des matières premières	147
Recyclage de sous-produits de carrières	147
Consommations et rejets liés au processus	147
Les territoires de production : incidence énergétique du transport	148
Impact lors de la mise en œuvre sur chantier ..	148
Vie en œuvre	148
Entretien et maintenance	148
Évolutivité de la construction et renouvellement ..	148

LA TERRE

RÉPÈRES HISTORIQUES	149
Un matériau millénaire	149
ÉLABORATION ET MISE EN ŒUVRE	151
Origine et constitution	151
Origine	151
Constitution	151
Nature des grains	151
Étapes d'une construction en terre	151
Identification	151
Propriétés physiques fondamentales de la terre ..	152
Amélioration des terres	152
Les techniques de mise en œuvre	152
Constructions monolithiques	152
Constructions maçonnées	153
Constructions mixtes	153
Types d'ouvrages	153
Gros-œuvre	153
Second-œuvre	153
Infrastructures	153

PROPRIÉTÉS ARCHITECTURALES ET CONSTRUCTIVES	154		
Symbolique et expression structurelle.....	154	Ambiances et confort.....	155
Lumière, couleur et textures.....	154		

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES	155		
Résistance mécanique.....	155	Résistance aux agressions extérieures.....	155
Propriétés thermiques.....	155		

APPROCHE ENVIRONNEMENTALE	155		
Impact environnemental des constructions en terre.....	155	Mise en œuvre, vie et fin de vie d'une construction en terre.....	156
Consommation de ressources.....	155	Impact lors de la mise en œuvre sur chantier.....	156
Consommation en énergie et en eau.....	156	Vie en œuvre.....	156
Rejets polluants.....	156	Évolutivité de la construction.....	156
Les territoires de production : incidence du transport.....	156		

LA TERRE CUITE

REPÈRES HISTORIQUES	157		
De la poterie aux murs de briques.....	157	L'industrialisation des briqueteries.....	157

ÉLABORATION ET MISE EN ŒUVRE	159		
Composition.....	159	Types de produits.....	160
Procédés de fabrication.....	159	Construction des murs et des cloisons.....	161
Extraction des terres.....	159	Réalisation des toitures et des bardages.....	161
Préparation de la pâte.....	159	Matériaux isolants à base de terre cuite	162
Façonnage.....	159	Les briques « monomur ».....	162
Séchage.....	159	L'argile expansée.....	162
Cuisson.....	160		

PROPRIÉTÉS ARCHITECTURALES ET CONSTRUCTIVES	163		
Symbolique et expression structurelle.....	163	Parement et ornement.....	163

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES	165		
Résistance mécanique.....	165	Porosité.....	165
Comportement thermique et résistance au feu.....	165		

APPROCHE ENVIRONNEMENTALE	165		
Impact environnemental de la fabrication.....	165	Les territoires de production : incidence énergétique du transport.....	166
Carrières d'extraction.....	165	Mise en œuvre, vie et fin de vie d'une construction en terre	166
Épuisement des matières premières.....	165	Impact lors de la mise en œuvre sur chantier.....	166
Récyclage de sous-produits industriels.....	165	Vie en œuvre.....	167
Consommation en énergie et en eau.....	166	Fin de vie. Capacité du système à se renouveler.....	167
Rejets polluants.....	166		

CHAPITRE 6

LE VERRE

REPÈRES HISTORIQUES		169	
Le verre soufflé	169	Le verre étiré	171
Le verre coulé	170	Le verre flotté	173
ÉLABORATION ET MISE EN ŒUVRE		173	
Composition	173	La trempe	176
Fabrication du verre plat: transformations primaires	174	Le bombage	176
Mélange des matières premières	174	Assemblages des verres plats	176
Fusion	174	Doubles et triples vitrages	177
Fabrication des plaques	174	Vitrages feuilletés	177
Verres à couche peu émissive	176	Matériaux isolants à base de verre	177
Transformations secondaires du verre plat	176	Le verre cellulaire	177
		La laine de verre	178
PROPRIÉTÉS ARCHITECTURALES ET CONSTRUCTIVES		178	
Symbolique	178	Lumière, couleurs et textures	180
Formes et expression	179	Ambiances et confort	182
PROPRIÉTÉS PHYSIQUES		183	
Résistance mécanique	183	Agressions climatiques et environnementales	185
Propriétés énergétiques	184	Comportement au feu	185
APPROCHE ENVIRONNEMENTALE		185	
Impact environnemental de la fabrication	185	Vie en œuvre	187
Les matières premières: disponibilité	185	Entretien et maintenance	187
Consommation énergétique et consommation d'eau liées à la fabrication	185	Taux de renouvellement	187
Pollutions liées à la fabrication	186	Évolutivité de la construction	187
Les territoires de production: incidence du transport	187	Fin de vie. Capacité du système à se renouveler	187
Impact lors de la mise en œuvre sur chantier	187	Recyclage	187
		Recyclage dans l'industrie du ciment	187

CHAPITRE 7

LE CAS PARTICULIER DES POLYMÈRES

REPÈRES HISTORIQUES		189	
Les premiers plastiques	190	Macromolécules et pétrole: l'essor des polymères	191
Les plastiques issus de la cellulose	190	Les polymères dans la construction	192
Les plastiques issus de la caséine du lait	190		
ÉLABORATION ET MISE EN ŒUVRE		192	
Composition	192	Les matériaux isolants à base de polymères	198
Procédés de fabrication	193	Le polystyrène expansé, PSE	198
Extraction du pétrole et du gaz	193	La mousse de polyuréthane	198
Fabrication	193	Les matériaux à changement de phase	198
Procédés de mise en forme	196		

PROPRIÉTÉS ARCHITECTURALES ET CONSTRUCTIVES	198		
Symbolique.....	198	Lumière, couleurs et textures.....	201
Expressions structurelles.....	199	Les enveloppes translucides.....	201
L'architecture textile.....	200	Les « peaux composites ».....	202
Les coques en matériaux composites.....	200	Panneaux d'agencement.....	202
Les structures en tubes composites pultrudés	200	Univers de l'artifice.....	202
PROPRIÉTÉS PHYSIQUES	202		
Masse spécifique.....	203	Comportement au feu.....	203
Apparence.....	203	Réaction au feu.....	203
Comportement mécanique.....	203	Résistance au feu.....	204
Comportement à la déformation.....	203	Emanations toxiques.....	204
Résistance aux agents chimiques et aux conditions climatiques.....	203		
APPROCHE ENVIRONNEMENTALE	204		
Impact environnemental de la fabrication.....	204	Les territoires de production: incidence du transport.....	205
Matières premières.....	204	Impact lors de la mise en œuvre sur chantier..	205
Consommation énergétique et consommation d'eau liées à la fabrication.....	205	Vie en œuvre.....	206
Pollutions liées à la fabrication.....	205	Entretien et maintenance.....	206
Autres impacts.....	205	Taux de renouvellement.....	206
Risques accidentels.....	205	Fin de vie. Capacité du système à se renouveler.....	206

CHAPITRE 8

CONCLUSION

Mixité et complémentarité des matériaux.....	207	Construire des ouvrages démontables et recyclables.....	211
Les matériaux écologiques.....	207	Prescrire des matériaux sains.....	211
Parti-pris architectural.....	208	Composer avec l'ensemble des matériaux.....	211
Prescrire des matériaux locaux.....	209		
Favoriser des solutions techniques à faible coût	209		

CRÉDITS

Photographies.....	213	Illustrations.....	213
--------------------	-----	--------------------	-----

INDEX	215		
--------------------	-----	--	--