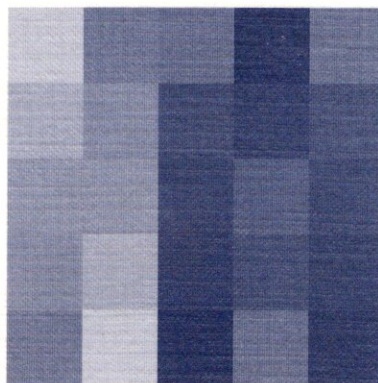


Mécanique et Ingénierie des Matériaux

# Matériaux organiques spécifiques pour la construction



*sous la direction de*  
Yves Mouton

**hermes**

*Lavoisier*

## Table des matières

<b>Introduction</b> . . . . .	19
Yves MOUTON	
<b>PREMIÈRE PARTIE. Composites, textiles architecturaux et bois industriel</b> .	23
<b>Chapitre 1. Matériaux composites et construction</b> . . . . .	25
Jean-François CARON	
1.1. Introduction. . . . .	25
1.2. Les composites utilisés dans la construction . . . . .	27
1.2.1. Généralités . . . . .	27
1.2.2. Les fibres . . . . .	27
1.2.3. Le conditionnement des renforts . . . . .	30
1.2.4. Les matrices . . . . .	30
1.2.5. Les procédés de transformation et les semi-produits pour la construction . . . . .	32
1.3. Les applications aujourd'hui. . . . .	33
1.3.1. Précontrainte et haubannage en matériaux composites. . . . .	33
1.3.2. Armatures de bétons . . . . .	35
1.3.3. Poutres de franchissement . . . . .	35
1.3.4. Tabliers composites. . . . .	36
1.3.5. Couvertures sandwich . . . . .	37
1.3.6. Quelques exemples de réalisations . . . . .	38
1.4. Perspectives et projets . . . . .	39
1.4.1. Franchissements et passerelles en composites . . . . .	40
1.4.2. Gridshells en composites . . . . .	43
1.5. Recommandations, normes et réglementations . . . . .	45

10 Matériaux organiques spécifiques pour la construction

1.6. Composites et environnement. Eléments de réflexion . . . . .	46
1.7. Conclusion . . . . .	47
1.8. Bibliographie . . . . .	48

**Chapitre 2. Les matériaux textiles. Applications architecturales . . . . .** 51

Bernard MAURIN et Romain FERRARI

2.1. Introduction . . . . .	51
2.2. Les membranes textiles architecturales . . . . .	53
2.2.1. Les différents types de toile . . . . .	53
2.2.2. Le processus de conception . . . . .	54
2.3. L'ingénierie des membranes tendues . . . . .	56
2.3.1. Deux mots-clés : courbure et prétension . . . . .	56
2.3.2. La recherche de forme . . . . .	57
2.3.3. Le comportement sous actions extérieures . . . . .	59
2.3.4. La découpe de toile . . . . .	59
2.4. Eco-conception en architecture textile . . . . .	61
2.4.1. Recyclage des toiles . . . . .	61
2.4.2. Aspects thermiques . . . . .	63
2.5. Conclusion et perspectives . . . . .	64
2.6. Bibliographie . . . . .	66

**Chapitre 3. Le bois de construction . . . . .** 67

Rémy MOUTERDE

3.1. Du pensable au possible . . . . .	68
3.2. La structure biologique . . . . .	70
3.2.1. Croissance . . . . .	70
3.2.2. De la planche aux molécules . . . . .	72
3.2.3. Composition . . . . .	75
3.2.4. Particularités du comportement physique . . . . .	77
3.3. L'approche industrielle du matériau . . . . .	86
3.3.1. L'amélioration du matériau naturel . . . . .	86
3.3.2. Les produits dérivés . . . . .	89
3.3.3. L'évolution des colles . . . . .	94
3.3.4. Evolutions des techniques constructives . . . . .	95
3.4. Conclusion . . . . .	100
3.5. Bibliographie . . . . .	101
3.6. Pour en savoir plus . . . . .	101

<b>DEUXIÈME PARTIE. Les matériaux à base de liants organiques . . . . .</b>	<b>103</b>
<b>Chapitre 4. Le bitume, la construction routière et le développement durable. . . . .</b>	<b>105</b>
Bernard LOMBARDI	
4.1. Un peu d'histoire . . . . .	105
4.1.1. Une histoire ancienne . . . . .	105
4.1.2. Premières définitions . . . . .	106
4.1.3. Le bitume à l'époque contemporaine . . . . .	107
4.1.4. L'utilisation du bitume en technique routière . . . . .	108
4.2. Les bitumes et liants bitumineux aujourd'hui. . . . .	109
4.2.1. Fabrication du bitume . . . . .	109
4.2.2. La composition du bitume . . . . .	110
4.2.3. La caractérisation simple du bitume . . . . .	112
4.3. Bitume, environnement et santé. Le règlement REACH. . . . .	114
4.3.1. Rappel relatif au règlement REACH . . . . .	114
4.3.2. Le bitume et le règlement REACH . . . . .	115
4.3.3. Le bitume et l'hygiène, la sécurité et l'environnement . . . . .	116
4.4. Le bitume et le développement durable . . . . .	119
4.5. Conclusion . . . . .	120
4.6. Bibliographie . . . . .	120
4.7. Pour en savoir plus . . . . .	121
<b>Chapitre 5. Les mortiers industriels et la réparation des bétons . . . . .</b>	<b>123</b>
Pierre BOULANGER et Paulo GONCALO	
5.1. Définitions . . . . .	123
5.2. L'apport des composés organiques dans la formulation des mortiers industriels. . . . .	124
5.2.1. Apports pour la mise en œuvre . . . . .	124
5.2.2. Apports pour des performances attendues . . . . .	126
5.3. Le cas de la réparation des bétons. . . . .	129
5.3.1. La norme EN 1504 . . . . .	129
5.3.2. La mise en œuvre d'une stratégie de réparation . . . . .	130
5.3.3. Les familles de produits de réparation . . . . .	133
5.4. Conclusion . . . . .	134
5.5. Pour en savoir plus . . . . .	134

<b>Chapitre 6. Des peintures en phase aqueuse pour limiter les émissions de COV : intérêts et limites</b>	135
Emmanuel ARAGON et André MARGAILLAN	
6.1. Introduction	135
6.2. Définition d'une peinture	136
6.3. Principales caractéristiques et propriétés des peintures en phase aqueuse	137
6.3.1. Historique du développement des peintures en phase aqueuse	137
6.3.2. Différents types de peintures en phase aqueuse	138
6.3.3. Processus de formation du film dans le cas des émulsions	138
6.3.4. Différentes familles de produits	139
6.4. Avantages et inconvénients à l'utilisation de l'eau comme solvant	140
6.4.1. Avantages	140
6.4.2. Inconvénients	140
6.4.3. Risques en matière d'hygiène et sécurité (H et S)	143
6.4.4. Conclusion	143
6.5. Avantages et inconvénients à l'utilisation des peintures à l'eau par rapport aux autres solutions alternatives	143
6.5.1. Peintures en poudre	144
6.5.2. Peintures à réticulation sous rayonnement	144
6.5.3. Peintures à haut extrait sec	145
6.6. Conclusion : nécessité d'établir un écobilan	145
6.7. Bibliographie	146

<b>TROISIÈME PARTIE. Les composés organiques incorporés dans les mélanges cimentaires.</b>	149
--	-----

<b>Chapitre 7. Les adjuvants de rhéologie.</b>	151
Nicolas ROUSSEL	
7.1. Historique des adjuvants de rhéologie	151
7.2. Comportement macroscopique et interactions microscopiques dans une suspension cimentaire	153
7.2.1. Composants et composition des suspensions de ciment	154
7.2.2. Les interactions inter-particulaires à distance	155
7.2.3. Les interactions de type contact	159
7.2.4. Les effets hydrodynamiques.	161
7.3. Conclusion	163
7.4. Bibliographie	164

<b>Chapitre 8. Les apports des adjuvants organiques dans les procédés de construction</b> . . . . .	167
François CUSSIGH	
8.1. Introduction. . . . .	167
8.2. Situation sans l'apport de la chimie organique . . . . .	167
8.3. Apport des superplastifiants . . . . .	168
8.4. Exemple des coulis d'injection de précontrainte . . . . .	168
8.5. Les bétons à haute performance . . . . .	169
8.6. Les bétons autoplaçants. . . . .	171
8.7. Les bétons fibrés à ultra hautes performances . . . . .	174
8.8. Les bétons courants . . . . .	174
8.9. Perspectives . . . . .	175
8.10. Bibliographie . . . . .	175
<b>Chapitre 9. Les fibres organiques dans les matériaux cimentaires.</b> . . . .	177
Laetitia D'ALOIA-SCHWARTZENTRUBER	
9.1. Introduction. . . . .	177
9.1.1. Caractéristiques des principales fibres. . . . .	179
9.1.2. Les applications des matériaux cimentaires fibrés en génie civil . . . . .	179
9.2. L'utilisation des fibres organiques dans les matériaux cimentaires . . . . .	181
9.2.1. L'apport des fibres organiques . . . . .	181
9.2.2. Les fibres organiques les plus employées dans les matériaux cimentaires . . . . .	181
9.2.3. Le composite fibre organique/matériau cimentaire . . . . .	183
9.3. Retour sur l'utilisation de quelques fibres organiques. . . . .	184
9.3.1. Les fibres de polypropylène. . . . .	184
9.3.2. Les fibres végétales. . . . .	193
9.4. Contribution des fibres organiques au recyclage . . . . .	197
9.5. Conclusion . . . . .	198
9.6. Bibliographie. . . . .	200
<b>QUATRIÈME PARTIE. Problématiques spécifiques aux matériaux organiques : le collage, les méthodes de caractérisation.</b> . . . .	205
<b>Chapitre 10. Le collage, méthode de construction</b> . . . . .	207
Thierry CHAUSSADENT	
10.1. Réflexions préliminaires . . . . .	207
10.2. Introduction . . . . .	208

14 Matériaux organiques spécifiques pour la construction

10.3. Théorie du collage et conclusions pratiques . . . . .	209
10.3.1. Aspects microscopiques du collage. . . . .	209
10.3.2. Aspects macroscopiques. Adhérence et propriétés mécaniques des assemblages collés . . . . .	211
10.4. Formulation des produits et mise en œuvre . . . . .	213
10.4.1. Les adhésifs utilisés en construction . . . . .	213
10.4.2. Mise en œuvre du collage . . . . .	215
10.5. Vieillessement des assemblages collés . . . . .	217
10.5.1. Aspects microscopiques . . . . .	217
10.5.2. Aspects macroscopiques . . . . .	219
10.6. Pistes de progrès pour le développement de l'utilisation du collage en génie civil. . . . .	220
10.6.1. Limitation des contraintes mécaniques . . . . .	220
10.6.2. Choix de l'adhésif et gestion de la mise en œuvre . . . . .	220
10.6.3. Prévision de la durabilité et suivi <i>in situ</i> . . . . .	221
10.7. Conclusion . . . . .	222
10.8. Bibliographie . . . . .	222

**Chapitre 11. Renforcement des ouvrages d'art en béton par la technique  
du collage de matériaux composites . . . . .** 225

Marc QUIERTANT

11.1. Introduction . . . . .	225
11.2. Matériaux composites pour la réparation et le renforcement des ouvrages . . . . .	227
11.3. Historique du développement des techniques de réparation des ouvrages d'art par composites collés . . . . .	231
11.4. Principes du fonctionnement mécanique d'un renforcement de structure par composites collés . . . . .	232
11.4.1. Structures sollicitées en flexion : renforcement des zones tendues. . . . .	232
11.4.2. Structures sollicitées en flexion : renforcement vis-à-vis du cisaillement . . . . .	236
11.4.3. Eléments sollicités en compression. . . . .	237
11.5. Généralités concernant la mise en œuvre des PRF collés sur support en béton . . . . .	239
11.5.1. Contrôle de la qualité du support et de l'adhérence . . . . .	240
11.5.2. Préparation du support . . . . .	240
11.5.3. Pose du PRF . . . . .	241
11.5.4. Couches de finition ou de protection . . . . .	243

11.6. Conclusion. L'avenir du renforcement par PRF collés. . . . .	244
11.7. Bibliographie . . . . .	244
<b>Chapitre 12. Durabilité des interfaces de collage béton/composite soumises à un vieillissement accéléré . . . . .</b>	<b>247</b>
Karim BENZARTI, Marc QUIERTANT, Sylvain CHATAIGNER et Christophe AUBAGNAC	
12.1. Introduction . . . . .	247
12.2. Résultats expérimentaux et discussions . . . . .	248
12.2.1. Etude du vieillissement d'interfaces de collage modèles béton/composite et suivi des propriétés mécaniques par test d'arrachement . . . . .	248
12.2.2. Vieillissement de blocs de béton renforcés par matériaux composites et suivi des propriétés mécaniques à la fois par essais d'arrachement et de cisaillement . . . . .	255
12.3. Conclusion . . . . .	267
12.4. Remerciements . . . . .	268
12.5. Bibliographie . . . . .	268
<b>Chapitre 13. La caractérisation des matériaux organiques utilisés en génie civil par des méthodes chimiques et physico-chimiques . . . . .</b>	<b>271</b>
Fabienne FARCAS	
13.1. Liants bitumineux . . . . .	271
13.1.1. Bitumes purs . . . . .	272
13.1.2. Bitumes spéciaux . . . . .	278
13.1.3. Les bitumes modifiés par des acides polyphosphoriques (BmAPP) . . . . .	282
13.2. Les peintures anticorrosion . . . . .	284
13.2.1. Vieillissement des liants de peinture aux caoutchoucs chlorés. . . . .	285
13.2.2. Vieillissement des liants de peintures polyuréthane, acrylique-uréthane et alkyde-uréthane . . . . .	287
13.3. Les adjuvants organiques dans les matériaux cimentaires. . . . .	290
13.3.1. Evolution des superplastifiants « classiques » dans les pâtes de ciment durcies . . . . .	290
13.3.2. Les adjuvants de nouvelle génération . . . . .	294
13.4. Conclusion . . . . .	296
13.5. Bibliographie . . . . .	296



**CINQUIÈME PARTIE. Matériaux organiques, construction architecture  
et développement durable . . . . . 301**

**Chapitre 14. Les matériaux organiques  
et la conception architecturale durable . . . . . 303**

Michel PAULIN

14.1. Un contexte en évolution accélérée . . . . .	303
14.1.1. Les pratiques de l'après-guerre . . . . .	303
14.1.2. Le premier choc pétrolier . . . . .	304
14.1.3. Nouvelle modernité et patrimoine . . . . .	305
14.1.4. L'ère du développement durable . . . . .	305
14.2. De nouvelles pratiques des concepteurs . . . . .	306
14.2.1. Le renouveau de l'approche systémique . . . . .	306
14.2.2. La conception performantielle . . . . .	307
14.2.3. L'évolution des responsabilités . . . . .	307
14.2.4. La complexité réglementaire . . . . .	308
14.2.5. L'incidences des NTIC sur les projets . . . . .	309
14.3. Nouvelles approches des matériaux et des ouvrages . . . . .	309
14.3.1. Un nouveau statut des matériaux dans la société . . . . .	309
14.3.2. Le déficit d'image des matériaux organiques . . . . .	310
14.3.3. La spécificité des matériaux composites . . . . .	310
14.3.4. La double approche : <i>low-tech</i> et <i>high-tech</i> . . . . .	311
14.3.5. L'irruption de l'échelle nanoscopique . . . . .	311
14.4. Quels espoirs pour la création architecturale ? . . . . .	312
14.4.1. Les matériaux organiques et la structure des édifices . . . . .	312
14.4.2. Les matériaux organiques pour les enveloppes du bâtiment . . . . .	314
14.4.3. Et pour le futur . . . . .	316

**Chapitre 15. Apports spécifiques des matériaux à comportement visqueux  
dans la construction . . . . . 319**

Bernard HALPHEN

15.1. Introduction . . . . .	319
15.2. La viscosité du béton frais : une propriété à prendre en compte . . . . .	320
15.3. La viscosité et les produits d'injection . . . . .	322
15.4. Viscosité et autoréparation . . . . .	323
15.5. Viscosité et amortissement . . . . .	324
15.6. Conclusion . . . . .	327
15.7. Bibliographie . . . . .	327

<b>Chapitre 16. L'organique en construction : jusqu'où ?</b> . . . . .	329
Henri VAN DAMME	
16.1. Une peau structurée, décorée et communicante . . . . .	330
16.2. Une surface de captage d'énergie . . . . .	331
16.3. Une enveloppe autonettoyante et dépolluante . . . . .	332
16.4. Une enveloppe autoréparante . . . . .	333
16.5. Une enveloppe climatisante . . . . .	334
16.6. Conclusion . . . . .	335
16.7. Bibliographie . . . . .	335
<b>Chapitre 17. Réflexions sur la prospective dans la recherche et le développement de matériaux innovants</b> . . . . .	337
Jean BILLARD	
17.1. De la difficulté de la prévision . . . . .	337
17.2. L'état actuel . . . . .	338
17.3. Tentatives d'extrapolations . . . . .	339
17.3.1. Les ressources primaires . . . . .	340
17.3.2. Quelques tendances de la société . . . . .	341
17.3.3. La complexité des systèmes techniques . . . . .	342
17.3.4. La recherche . . . . .	343
17.4. Futurologie . . . . .	347
17.5. Conclusion . . . . .	348
17.6. Bibliographie . . . . .	349
<b>Conclusion</b> . . . . .	351
François BUYLE-BODIN	
<b>Acronymes et sigles</b> . . . . .	359
<b>Index</b> . . . . .	363
<b>Les auteurs</b> . . . . .	365