

LE PLÂTRE

Physico-chimie
FABRICATION-EMPLOIS

Syndicat National des Industries du Plâtre

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I - Introduction - Historique	1
CHAPITRE II - Géologie du gypse et de l'anhydrite	5
1. Notes sur la minéralogie des évaporites	6
2. Points à envisager dans toute théorie de la formation	8
3. Théories sur la formation des dépôts de gypse et d'anhydrite	11
3.1. Théorie de la formation par évaporation d'une cuvette d'eau salée	11
3.2. Théorie de la formation par diagenèse de Sebkhas	14
4. Vie du sédiment après sa formation	19
5. Principales périodes géologiques de formation des évaporites	23
6. Principales régions gypsifères en France	25
6.1. Bassin Parisien	25
6.2. Sud-Est de la France	28
6.3. Est de la France	30
6.4. Sud-Ouest de la France	30
LEXIQUE DES TERMES DE GÉOLOGIE	32
BIBLIOGRAPHIE	33
CHAPITRE III. - L'exploitation du gypse et de l'anhydrite	34
1. Introduction	34
1.1. Quelques critères géologiques de l'exploitabilité d'un gisement	34
1.2. Formalités légales à remplir avant toute mise en exploitation d'une nouvelle carrière	36
2. Exploitation en galeries	38
2.1. Conditions préalables d'une exploitation en souterrain	38
2.1.1. Conditions de profondeur. - 2.1.2. Conditions de protection de l'environnement	

2.2. Méthodes d'exploitation	40
2.2.1. Description générale de la méthode. Taux de défruitement - Exemples -	
2.2.2. Abattage. - 2.2.3. Chargement. - 2.2.4. Transport jusqu'à la surface.	
3. <i>Exploitation à ciel ouvert</i>	56
3.1. Différentes méthodes d'exploitation en fonction des engins utilisés	56
3.1.1. Exploitation en fonction des caractéristiques géométriques d'une couche. -	
3.1.2. Exploitation en fonction des moyens d'abattage utilisés.	
3.2. Avantages des méthodes d'exploitation à ciel ouvert	64
3.2.1. Prix de revient. - 3.2.2. Taux de défruitement. - 3.2.3. Autres contraintes	
liées aux exploitations souterraines. - 3.2.4. Inconvénients des exploitations à ciel	
ouvert.	
4. <i>Impuretés naturelles</i>	66
4.1. Valorisation par des méthodes physiques	66
5. <i>Préparation du gypse avant fabrication du plâtre</i>	67
5.1. Circuit de concassage de Grozon	67
5.2. Circuit de concassage de Mazan	69
LEXIQUE	69
CHAPITRE IV. - L'utilisation du gypse et de l'anhydrite naturels	70
<i>Introduction</i>	70
1. <i>Fabrication du ciment</i>	71
1.1. Rappel sur la fabrication du ciment	71
1.2. Rôle du gypse et de l'anhydrite	71
1.3. Dosage en sulfate dans les ciments	72
1.4. Ciments sur-sulfatés	72
1.5. Nature des gypses et anhydrite employés en cimenterie	73
1.6. Tonnages utilisés en France	73
2. <i>Fabrication du plâtre et de liants</i>	73
2.1. Le plâtre - tonnages utilisés en France	73
2.2. Les liants d'anhydrite	74
3. <i>Utilisation dans l'industrie chimique</i>	74
3.1. Fabrication de sulfure de calcium et de soufre	75
3.2. Fabrication d'acide sulfurique	75
3.3. Fabrication de sulfate d'ammonium	76
4. <i>Usages agricoles</i>	77
4.1. Correction des sols	77
4.2. Fabrication d'amendements de sol et d'engrais	78
5. <i>Autres usages industriels</i>	79
5.1. Charges ou filler pour diverses industries	79
5.2. Industrie alimentaire	79

5.3. Génie Civil	79
5.4. Autres industries	80
5.5. Usages en décoration	80
BIBLIOGRAPHIE	82

CHAPITRE V. - Le système $\text{CaSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ 83

<i>Introduction</i>	83
1. <i>Propriétés physico-chimiques des différentes phases</i>	83
1.1. <u>Le gypse</u>	85
1.2. Les semihydrates	85
1.3. L'anhydrite III ou anhydrite soluble	90
1.4. L'anhydrite II, dite insoluble	90
1.5. L'anhydrite I	90
1.6. Diagramme d'existence des différentes phases	91
1.7. Diagramme des solubilités	91
2. <i>Propriétés thermodynamiques des différentes phases</i>	93
2.1. Introduction	93
2.2. Équilibre dihydrate-semihydrate	94
2.3. Autres équilibres	99
3. <i>Bases physico-chimiques de la déshydratation</i>	101
3.1. Introduction	101
3.2. La décomposition du gypse	101
3.3. Influence de la nature du gypse	103
3.4. Influence des imperfections du réseau cristallin	103
3.5. Cinétique de décomposition du gypse	105
4. <i>Bases physico-chimiques de l'hydratation</i>	105
4.1. Les mécanismes possibles	106
4.1.1. Théorie colloïdale. - 4.1.2. Théorie de cristallisation.	
4.2. Hydratation des différentes phases	111
4.2.1. Le semihydrate et l'anhydrite III. - 4.2.2. L'anhydrite II.	
4.3. Les modificateurs de prise	114
4.3.1. Les accélérateurs. - 4.3.2. Les retardateurs.	
5. <i>Conception des plâtres industriels</i>	115
BIBLIOGRAPHIE	117

CHAPITRE VI. - ^{تصنيع الجبس} **La fabrication des plâtres** 119

1. <u>Préparation du gypse avant cuisson</u>	119
1.1. Stockage	119

	1.2. Concassage	120
	1.3. Reprise au stock, concassage secondaire et criblage, séchage, broyage	124
XA YA	2. <u>Cuisson des plâtres</u>	124
	2.1. Généralités	124
	2.2. Cuisson en voie sèche	125
	2.2.1. Fabrication de l'hémihydrate. - 2.2.2. Fabrication du surcuit. - 2.2.3. Fabrication simultanée de l'hémihydrate et du surcuit.	
	2.3. Cuisson par voie humide	142
	2.3.1. Cuisson en atmosphère de vapeur d'eau saturante. - 2.3.2. Cuisson en solution saline.	
BF	3. <u>Traitement du plâtre après cuisson</u>	143
	3.1. Refroidissement	143
	3.2. Broyage et mélange	144
	3.3. Stockage	144
BA	4. <u>Conditionnement</u>	144
	4.1. Ensachage	144
	4.2. Livraison en vrac	145
YA	5. <u>Assainissement - dépolluissage</u>	146
	5.1. Les poussières	146
	5.2. Le fuel oil	147

	CHAPITRE VII. - Les sulfates de calcium de synthèse	148
	1. <i>Généralités</i>	148
	2. <i>Valorisation des gypses résiduels</i>	149
	2.1. Caractéristiques générales des phosphogypses	149
	2.1.1. Morphologie cristalline des phosphogypses. - 2.1.2. Impuretés des phosphogypses.	
	2.2. Valorisation des phosphogypses dans l'industrie du plâtre	155
	2.2.1. Effets des impuretés. - 2.2.2. Purification et traitements.	
	2.3. Le phosphogypse comme matériau de substitution	158
	2.3.1. Aspects techniques. - 2.3.2. Aspects économiques. - 2.3.3. Une industrie tributaire des pays exportateurs. - 2.3.4. Protection de l'environnement. - 2.3.5. Radioactivité. - 2.3.6. Remarques importantes.	
	2.4. Autres valorisations des phosphogypses	164
	3. <i>Les gypses de désulfuration des fumées</i>	165
	3.1. Introduction	165
	3.2. Principe de la fabrication	165
	3.3. Utilisation des gypses de désulfuration	166
	4. <i>Annexe</i>	167
	4.1. Comparaison des consommations d'énergie pour la production d'une tonne de semihydrate	167

4.2. Comparaison des coûts variables	168
BIBLIOGRAPHIE	169
CHAPITRE VIII. – Les méthodes d'analyse et d'essais	170
1. <i>Analyse des gypses ou des plâtres</i>	170
1.1. <i>Analyse chimique</i>	170
1.1.1. Échantillonnage. – 1.1.2. Préparation de l'échantillon. – 1.1.3. Dosage du sulfate et de son eau de cristallisation. – 1.1.4. Analyse des impuretés et additifs, accessibles par voie chimique. – 1.1.5. Exemples d'analyses chimiques. Interprétation de ces analyses.	
2. <i>Composition élémentaire</i>	181
2.1. Humidité	182
2.2. Anhydrite soluble	182
2.3. Eau de cristallisation	183
2.4. Semihydrate	183
2.5. Anhydrite II (surcuit)	184
2.6. Double hydrate	184
2.7. Interprétation des résultats	184
3. <i>Analyse thermique</i>	185
3.1. Différentielle	185
3.2. Gravimétrie	186
3.3. Dilatométrie	187
4. <i>Microscopie</i>	187
4.1. Optique	187
4.2. Électronique	188
5. <i>Degré de blancheur</i>	189
6. <i>Granulométrie</i>	189
6.1. Préparation des échantillons	189
6.1.1. Le Gypse. – 6.1.2. Le Plâtre.	
6.2. Tamisage manuel	190
6.2.1. Tamis utilisés. – 6.2.2. Mode opératoire pour le plâtre.	
6.3. Tamisage mécanique	190
6.3.1. Tamis utilisés. – 6.3.2. Principe du tamiseur. – 6.3.3. Mode opératoire.	
7. <i>Masse volumique apparente</i>	193
7.1. Le gypse	193
7.2. Le plâtre en poudre	194
7.3. Le plâtre pris	195
7.3.1. Préparation de l'échantillon. – 7.3.2. Modes opératoires.	
8. <i>Masse volumique absolue</i>	198
9. <i>Surface spécifique</i>	199

9.1. Principe	199
9.1.1. Aire de l'enveloppe. – 9.1.2. Surface totale.	
9.2. Mesure de la surface spécifique	200
9.2.1. Par perméabilité. – 9.2.2. Par absorption.	
10. Examen des caractéristiques mécaniques	204
10.1. Fluidité et consistance	204
10.1.1. Fluidité. – 10.1.2. Consistance.	
10.2. Temps de prise	206
10.2.1. Début de prise au couteau. – 10.2.2. Début de prise au cône. – 10.2.3. Début de prise à l'aiguille de VICAT. – 10.2.4. Fin de prise au doigt. – 10.2.5. Duromètre SHORE. – 10.2.6. Calorimétrie.	
10.3. Résistances mécaniques	211
10.3.1. Essai de rupture par flexion. – 10.3.2. Essai de rupture par compression. – 10.3.3. Mesure de dureté superficielle. – 10.3.4. Exemples de valeurs.	
10.4. Variations dimensionnelles	216
10.4.1. Méthode de SAHORES. – 10.4.2. Méthode au bain de mercure.	
10.5. Rétention d'eau	218
10.5.1. Aspiration par le vide. – 10.5.2. Aspiration par papier filtre.	
10.6. Adhérence	219
10.6.1. Collage des carreaux de plâtre à l'aide des liants-colles. – 10.6.2. Collage des complexes isolants, à l'aide des mortiers adhésifs. – 10.6.3. Quelques valeurs moyennes d'adhérence.	
10.7. Module d'élasticité	220
10.7.1. Méthode par mesure de la flèche. – 10.7.2. Méthode de mesure par la fréquence de résonance.	
X CHAPITRE IX. – Les produits et leur mise en œuvre	222
1. Terminologie générale des mises en œuvre des plâtres à enduire	222
2. Enduit manuel traditionnel	225
3. Enduit de très haute dureté	228
4. Enduit projeté	229
5. Enduit spécial feu	231
6. Plâtre pour préfabrication	233
7. Produits annexes de la préfabrication	236
8. Plâtre de moulage	238
8.1. Plâtre à mouler pour staff	238
8.2. Plâtre pour stuc	239
8.3. Plâtre pour l'industrie céramique	239
8.4. Plâtre pour fonderie	241
8.5. Plâtre pour l'art dentaire	241
8.6. Plâtre pour bandes plâtrées	242

9. Plâtres divers	242
9.1. Plâtre pour briqueter	242
9.2. Plâtre pour ragréage-finition	243
9.3. Plâtre pour mines	243
9.4. Plâtre baryté ou à la barytine	244
9.5. Plâtre à bancher	244
9.6. Liant à l'anhydrite	244
9.7. Mortier de plâtre	245
9.8. Plâtre pour amendement	245
BIBLIOGRAPHIE	245
CHAPITRE X. – Les éléments préfabriqués – Fabrication – Mise en œuvre	246
1. Les carreaux de plâtre	246
1.1. Historique	246
1.2. Présentation	247
1.3. Utilisations	251
1.4. Fabrication	252
1.5. Mise en œuvre	260
1.6. Caractéristiques de l'ouvrage fini	263
2. Les plaques de parement en plâtre	265
2.1. Introduction	265
2.2. La plaque de plâtre et ses dérivés	267
2.3. Applications de la plaque de plâtre	277
3. Les autres éléments préfabriqués	298
3.1. Les éléments hauteur d'étage	298
3.2. Les éléments de plafond	298
LEXIQUE	301
CHAPITRE IX. – Les qualités du plâtre mis en œuvre	302
1. Utilisations à des fins décoratives et esthétiques (<i>Staff. Stuc. Éléments préfabriqués</i>)	302
2. Isolation acoustique	311
2.1. Principes généraux	312
2.2. Transmission des sons – Mesure de l'isolation acoustique	312
2.3. Indice d'affaiblissement acoustique R	313
2.4. Position du plâtre dans l'isolation acoustique	315
2.5. Label « confort acoustique »	316
2.6. Solutions architecturales	316
3. Isolation thermique	319
3.1. Conductivité thermique	319

3.2. Transmission thermique (K)	320
3.3. Techniques d'isolation thermique par le plâtre	321
3.3.1. Cloisons de doublage en plâtre. – 3.3.2. Application d'enduit plâtre sur isolant. – 3.3.3. Éléments composites préfabriqués. – 3.3.4. Autres techniques.	
4. Régulation hygrométrique	323
5. Protection contre l'incendie	325
5.1. Réglementation	326
5.2. Mécanisme de la protection	329
5.3. Essais de laboratoire	332
5.3.1. Nature des ouvrages à protéger. – 5.3.2. Systèmes de protection. – 5.3.3. Plâtres spéciaux pour protection incendie.	
5.4. Conclusions	337
BIBLIOGRAPHIE	338

CHAPITRE XII. – Principes de base à respecter pour assurer une bonne tenue des ouvrages en plâtre 339

Introduction

1. *Rappel sur le mécanisme de prise, de durcissement et d'adhérence d'un enduit de plâtre*

1.1. Mécanisme de prise

1.2. Perturbations possibles de la prise

1.2.1. Dessiccation précoce. – 1.2.2. Durcissement contrarié. – 1.2.3. Humidité excessive. – 1.2.4. Efflorescences.

1.3. Adhérence de l'enduit

1.3.1. Adhérence sur le support. – 1.3.2. Perturbations possibles de l'adhérence. – 1.3.3. Adhérence d'une deuxième couche d'enduit sur la première.

2. *Règles essentielles à respecter dans la mise en œuvre pour assurer la bonne tenue des ouvrages en plâtre*

2.1. Cas des enduits

2.2. Cas des cloisons en carreaux de plâtre

2.3. Cas des ouvrages en plaques de plâtre

CHAPITRE XIII. – Économie

1. *Fabrication du plâtre en poudre*

2. *Contenu énergétique du plâtre et des produits en plâtre*

2.1. Plâtre en poudre

2.2. Carreaux de plâtre

2.3. Plaques de plâtre

3. <i>L'industrie du plâtre en France</i>	350
3.1. <i>Évolution de la production des différentes variétés de plâtre et de produits de plâtre sur la période 1970/1980</i>	350
3.2. <i>Nombre de Sociétés - Chiffres d'affaires et effectifs</i>	353
3.3. <i>Les marchés du plâtre et des produits en plâtre</i>	354
3.3.1. <i>Marchés intérieurs.</i> - 3.3.2. <i>Marchés extérieurs.</i>	
X/A 4. <i>Le plâtre dans le monde</i>	361
5. <i>Bibliographie et sources d'information</i>	362
CHAPITRE XIV. - <i>Perspectives d'avenir - Conclusions</i>	363

آورد

چكي