

Table des matières

Préface	1
Philippe MARTY	
Chapitre 1. Stockage de chaleur sensible : généralités	5
Régis OLIVÈS	
1.1. Introduction.	5
1.2. Principes généraux	6
1.3. Configurations de stockage	6
1.4. Modélisation d'un stockage de type thermocline.	8
1.5. Bibliographie.	15
Chapitre 2. Stockage de chaleur sensible basse température	17
Pierre ODRU	
2.1. Stockages de chaleur sensible associés aux bâtiments.	17
2.1.1. Stockage de faible durée.	18
2.1.2. Stockage de chaleur solaire de longue durée (intersaisonnier).	20
2.1.3. Le problème de la stratification.	21
2.2. Stockage souterrain intersaisonnier (UTES : <i>Underground Thermal Energy Storage</i>)	21
2.2.1. Principe du stockage en aquifère souterrain (ATES)	23
2.2.2. Stockage souterrain par champ de sondes (BTES)	26
2.2.3. Autres types de stockage en sous-sol	27
2.3. Bibliographie.	28

Chapitre 3. Stockage de chaleur haute température pour l'électricité 29

Lionel NADAU, Philippe MUGUERRA et Pierre ODRU

3.1. Stockage de chaleur associé au stockage d'électricité par air comprimé	32
3.1.1. ACAES (CAES adiabatique)	33
3.1.2. Les stockages de chaleur (TES : <i>Thermal Energy Storage</i>)	35
3.1.3. Le projet Search	35
3.1.4. Le projet SACRE	39
3.2. Stockage d'électricité par batteries de Carnot.	41
3.2.1. Cycle de Brayton modifié : principe de fonctionnement	41
3.2.2. Cycle de Brayton modifié : bilan énergétique	43
3.2.3. Faisabilité	45
3.2.4. Caractéristiques potentielles d'un système de pompage thermique.	46
3.2.5. Variante du cycle de Brayton	48
3.2.6. Cycle avec changement de phase.	49
3.3. Bibliographie.	50

Chapitre 4. Stockage latent : bases fondamentales et matériaux usuels 53

Ana LAZARO et Erwin FRANQUET

4.1. Éléments de base du stockage par chaleur latente	53
4.2. Classification des matériaux à changement de phase et critères de sélection.	56
4.3. Matériaux à changement de phase courants	64
4.4. Évaluation techno-économique	67
4.5. MCP alternatifs émergents	70
4.6. Bibliographie.	73

Chapitre 5. Ingénierie des matériaux à changement de phase pour améliorer leur performance 77

Stefania DOPPIU et Elena PALOMO DEL BARRIO

5.1. Introduction.	77
5.2. MCP micro/nano-encapsulés (ME/NE-MCP).	81
5.2.1. Matériaux de l'enveloppe et méthodes d'encapsulation	82
5.2.2. Matériaux encapsulés.	86

5.2.3. Des conceptions innovantes pour des applications polyvalentes . . .	89
5.3. MCP à forme stabilisée (FS-MCP)	91
5.3.1. Aperçu des supports poreux et des méthodes de préparation . . .	93
5.3.2. FS-MCP avec des supports poreux en carbone.	97
5.3.3. FS-MCP à base d'oxyde poreux	102
5.3.4. Résumé des supports poreux et perspectives	107
5.4. Conclusion	110
5.5. Bibliographie.	111

Chapitre 6. Systèmes de stockage par chaleur latente : concepts et applications 117

Marie DUQUESNE et Wahbi JOMAA

6.1. Introduction.	117
6.2. Types de systèmes et composantes principales	119
6.2.1. Classification des LH-TESS.	119
6.2.2. Matériaux.	120
6.3. Stockage de froid	123
6.3.1. Systèmes de stockage de froid « glace sur tube »	128
6.3.2. Systèmes de stockage de froid à MCP encapsulé	128
6.3.3. Systèmes de stockage de froid à coulis de glace.	129
6.3.4. Systèmes de stockage de froid à récupération de glace.	130
6.4. Applications dans le domaine du bâtiment	130
6.4.1. Systèmes passifs.	130
6.4.2. Utilisation active des MCP en bâtiment.	133
6.5. Applications dans l'industrie	135
6.6. Centrales solaires thermodynamiques à concentration	138
6.7. Autres domaines	142
6.8. Conclusion	144
6.9. Bibliographie.	148

Chapitre 7. Utilisation des hydrates pour le stockage et la distribution du froid 161

Anthony DELAHAYE et Laurence FOURNAISON

7.1. Introduction.	161
7.2. Définition et propriétés des hydrates	163
7.2.1. Définition des hydrates de gaz	163
7.2.2. Structures des hydrates clathrates	165

7.2.3. Structures semi-clathrates	167
7.2.4. Nombre d'hydratation	168
7.2.5. Diagramme de phase des mélanges eau-CO ₂ incluant les hydrates de CO ₂	168
7.3. Systèmes d'hydrates pour le stockage et la distribution du froid	169
7.3.1. Hydrates de frigorigène appliqué au stockage de froid	170
7.3.2. Hydrates de CO ₂ appliqués au stockage et à la distribution de froid	171
7.3.3. Hydrates de sels quaternaires pour le stockage et la distribution de froid	171
7.3.4. Autres hydrates appliqués au stockage et à la distribution de froid	173
7.3.5. Hydrates mixtes gaz-sel/THF pour le stockage et la distribution de froid	173
7.4. Critère d'utilisation des hydrates en réfrigération	174
7.4.1. Critère thermodynamique	175
7.4.2. Critère d'écoulement	179
7.4.3. Critère thermique	183
7.4.4. Critère cinétique.	185
7.4.5. Critère énergétique et environnemental	187
7.5. Les applications d'hydrates en réfrigération et en climatisation	189
7.5.1. Méthodes de production de coulis	189
7.5.2. Exemples de systèmes de réfrigération à base d'hydrates	190
7.6. Conclusion	196
7.7. Bibliographie.	197

Chapitre 8. Centrales solaires thermodynamiques et stockage . . . 217

Régis OLIVÈS

8.1. Introduction.	217
8.2. Centrales solaires thermodynamiques et stockage	218
8.2.1. Principes généraux	218
8.2.2. Objectifs et stratégie	220
8.2.3. Performances et efficacité globale	222
8.3. Types de stockage	226
8.3.1. Stockage par chaleur sensible.	227
8.3.2. Stockage par chaleur latente.	231
8.3.3. Stockage thermochimique.	234
8.3.4. Matériaux et fluides.	238
8.3.5. Autres composants	250

8.4. Analyse des systèmes	252
8.4.1. Systèmes actifs	253
8.4.2. Systèmes passifs.	263
8.4.3. Analyse technico-économique	277
8.4.4. Analyse de cycle de vie/efficacité/concentration et éco-conception	279
8.5. Bibliographie.	282
Liste des auteurs.	289
Index	291
Sommaire de <i>Stockage de la chaleur et du froid 2</i>	297