

# Table des matières

|   |             |
|---|-------------|
| <b>Introduction</b>   | <b>XIII</b> |
| <b>Chapitre 1 : Contexte énergétique et évolution technologique</b>             | <b>1</b>    |
| 1.1 Contexte énergétique  | 1           |
| 1.1.1 Contexte énergétique mondial  | 1           |
| 1.1.2 Réglementation énergétique en Europe                                      | 2           |
| 1.1.3 Contexte énergétique en France  | 4           |
| 1.2 Problématiques de gestion de la demande énergétique et du réseau électrique | 7           |
| 1.3 La révolution numérique et l'énergie  | 11          |
| 1.4 Les réseaux électriques intelligents (smart grid)                           | 14          |
| 1.4.1 Définition et caractéristiques  | 14          |
| 1.4.2 Enjeux liés à la mise en place des réseaux électriques intelligents       | 18          |
| 1.4.3 Bases du déploiement des réseaux électriques intelligents                 | 19          |
| 1.4.4 Freins au déploiement des réseaux électriques intelligents                | 23          |
| 1.4.5 Illustration avec deux cas concrets                                       | 26          |
| 1.5 Les micro-réseaux intelligents (smart microgrid)                            | 31          |
| <b>Chapitre 2 : Le bâtiment intelligent et la gestion de l'énergie</b>          | <b>35</b>   |
| 2.1 La domotique dans le bâtiment   | 35          |
| 2.1.1 La domotique et ses applications  | 35          |
| 2.1.2 Développement du marché de la domotique                                   | 38          |
| 2.1.3 Les systèmes domotiques   | 42          |
| 2.1.4 Les systèmes immotiques   | 46          |

|  |    |
|--|----|
| 2.2 De la domotique au bâtiment intelligent  | 46 |
| 2.2.1 L'ambiance intelligente  | 48 |
| 2.2.2 Le bâtiment intelligent  | 49 |
| 2.2.3 Bâtiment intelligent et qualité d'usage  | 57 |
| 2.2.4 Gestion d'un projet de bâtiment intelligent  | 59 |
| 2.3 L'habitat intelligent par les objets intelligents  | 66 |
| 2.3.1 Les objets de l'habitat  | 66 |
| 2.3.2 Internet des objets et objets connectés  | 66 |
| 2.4 Gestion intelligente du bâtiment et optimisation énergétique   | 73 |
| 2.5 L'énergie et son usage dans l'habitat  | 80 |
| 2.5.1 Problématiques du comportement énergétique   | 81 |
| 2.5.2 Importance du changement du comportement   | 82 |
| 2.5.3 Comment inviter à la diminution de la consommation d'énergie ?                                       | 82 |
| 2.6 Bâtiment intelligent et enjeux à venir   | 84 |
| 2.6.1 De l'Internet des objets à « l'Internet du Tout connecté »<br>( <i>Internet of Everything, IoE</i> ) | 85 |
| 2.6.2 Management du <i>Big data</i> et du <i>cloud computing</i>   | 87 |

## **Chapitre 3 : Le BIM et la performance énergétique du bâtiment**

|   |           |
|---|-----------|
|   | <b>91</b> |
| 3.1 Qu'est-ce que le BIM ?                        | 91        |
| 3.2 BIM et performances énergétiques du bâtiment  | 94        |
| 3.2.1 En phase de conception                      | 95        |
| 3.2.2 En phase d'exploitation                     | 96        |
| 3.2.3 À l'échelle urbaine                         | 97        |
| 3.3 BIM et enjeux à venir                         | 98        |
| 3.3.1 BIM et cloud computing                      | 98        |
| 3.3.2 BIM Ready2Services                          | 99        |
| 3.3.3 Enjeux liés la formation aux métiers du BIM | 101       |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Chapitre 4 : Les solutions appliquées au bâtiment</b>   | <b>103</b> |
| 4.1 Le secteur du bâtiment et l'énergie  | 104        |
| 4.2 Les besoins énergétiques des bâtiments   | 106        |
| 4.2.1 Confort thermique – Notions de confort   | 106        |
| 4.2.2 Détermination des besoins de chauffage d'un bâtiment   | 109        |
| 4.2.3 Besoins d'eau chaude sanitaire   | 116        |
| 4.2.4 Ventilation  | 125        |
| 4.2.5 Éclairage  | 128        |
| 4.2.6 Régulation   | 131        |
| 4.2.7 Évaluation des performances énergétiques – Diagnostic de performance énergétique (DPE)               | 135        |
| 4.3 Mise en œuvre des solutions d'efficacité énergétique   | 138        |
| 4.3.1 Réglementation (normes et labels)  | 138        |
| 4.3.2 Conception et intégration du bâti  | 142        |
| 4.3.3 Matériaux de construction, isolants  | 147        |
| 4.3.4 Comportement   | 151        |
| 4.3.5 Exemple de projet de rénovation – Cas de l'OPH CDA à La Rochelle                                     | 152        |
| 4.4 Des solutions à partir des énergies disponibles localement (énergies renouvelables et de récupération) | 155        |
| 4.4.1 L'énergie solaire : solution incontournable pour le bâtiment   | 156        |
| 4.4.2 Pompes à chaleur : une multitude de solutions  | 159        |
| 4.4.3 Bois énergie, un nouveau souffle   | 165        |
| 4.5 Les réseaux de chaleur   | 170        |
| 4.5.1 Les types de réseaux de chaleur  | 171        |
| 4.5.2 Énergies utilisées dans les réseaux de chaleur   | 174        |
| 4.5.3 Gestion technique d'un réseau de chaleur   | 180        |
| <b>Chapitre 5 : Exemples de réalisation</b>  | <b>185</b> |
| « Bâtiment du futur » du Cesi à Nanterre   | 186        |
| Le HIVE (Hall de l'innovation et vitrine de l'énergie), siège social de Schneider Electric                 | 192        |
| Bâtiment Rupella Reha à la Rochelle (Bâtiment PN6)   | 200        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Conclusion</b>  | <b>205</b> |
| <b>Annexe : Principes de bases de la thermique<br/>du bâtiment</b> | <b>209</b> |
| Unités relatives à l'énergie                                       | 211        |
| Énergie utile, finale, primaire                                    | 212        |
| Calcul des déperditions d'un bâtiment                              | 214        |
| <b>Glossaire</b>   | <b>221</b> |
| <b>Bibliographie – Webographie</b>                                 | <b>231</b> |
| <b>Index</b>   | <b>235</b> |