

# BÂTIMENT INTELLIGENT ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Tout le catalogue sur  
[www.dunod.com](http://www.dunod.com)



Karim Beddiar  
Jean Lemale



# BÂTIMENT INTELLIGENT ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

## Optimisation, nouvelles technologies et BIM

Préface de Philippe Dumont  
Directeur Cisco France – en charge de la ville intelligente

DUNOD

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1<sup>er</sup> juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, Paris, 2016  
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff  
www.dunod.com  
ISBN 978-2-10-074720-7

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2<sup>o</sup> et 3<sup>o</sup> a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

# Préface

En 2050, notre planète comptera environ 10 milliards d'êtres humains, certains pays dont l'Inde, la Chine, le Nigéria, les États-Unis, l'Indonésie, le Brésil, etc., verront leur population croître de manière très importante. Ce chiffre nous interpelle lorsque l'on sait que les ressources sont comptées, que les gaz à effet de serre sont à l'origine du réchauffement climatique, qu'il nous faut trouver des solutions pérennes à court terme pour le bien-être de la planète et des générations futures. Selon l'Agence internationale de l'énergie, les réserves mondiales d'énergies non renouvelables – fossiles et uranium – nous laisseraient une autonomie de 80 ans de production au rythme actuel.

Lors des derniers accords COP21 sur le climat, qui ont eu lieu à Paris en décembre 2015, un accord international a été signé engageant les 195 pays à maintenir la hausse des températures en deçà de 2 °C par rapport à l'ère préindustrielle. Pour atteindre cet objectif et de l'avis des experts, il faut globalement s'abstenir d'extraire un tiers des réserves de pétrole, la moitié des réserves de gaz et plus de 80 % du charbon disponibles dans le sous-sol mondial, d'ici à 2050. Ce qui nous invite à revisiter nos modes de consommation, à repenser la manière dont nous construisons bâtiments, écoles et maisons, à reconsidérer la manière dont nous utilisons globalement l'énergie.

L'innovation technologique permet d'atteindre ces objectifs environnementaux, de manière durable, tout en respectant les politiques d'environnement. Il est temps désormais d'accélérer le développement et la diffusion des technologies à chaque stade de la construction, de favoriser l'innovation, la recherche et le développement. Les industriels et leurs écosystèmes travaillent ensemble depuis de nombreuses années pour améliorer notre environnement, restreindre les pollutions, créer la ville de demain, la ville intelligente capable de gérer ses flux, d'économiser l'énergie, d'être un lieu de vie épanouissant et interactif pour les citoyens. La ville intelligente cherche à concilier les piliers sociaux, culturels et environnementaux à travers une approche systémique qui allie gouvernance participative et gestion éclairée des ressources naturelles afin de faire face aux besoins des institutions, des entreprises et des citoyens. Les villes de Lyon, Lille, Nantes, Issy-les-Moulineaux et Paris en sont de belles illustrations.

Il s'agit d'améliorer le cadre de vie des citoyens, de faire évoluer l'habitat et les immeubles de bureaux, de redonner vie à l'espace public, d'assurer une circulation fluide des véhicules mais aussi des piétons, de valoriser les espaces naturels, de définir de nouveaux usages pour rendre la ville attractive pour ses habitants et au-delà. Les technologies aident la ville à devenir plus intelligente, la captation des datas sur la qualité de l'air par exemple, dont Cisco réalise actuellement un pilote place de la Nation pour la ville de Paris, permet de rendre l'exploitation des données tangibles, de nourrir la réflexion sur la ville de demain, une ville intelligente et durable.

Philippe Dumont

Directeur Cisco France – en charge de la Ville intelligente

# Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier le Cesi. En particulier, Monsieur David Failly, directeur régional du Cesi Île-de-France Centre, pour l'intérêt et l'appui apporté à ce projet depuis son origine. Merci à Monsieur Bélahcène Mazari, directeur national R&I du Cesi, et Monsieur Stéphane Degrés, directeur régional du Cesi Ouest, pour leur soutien et leurs encouragements.

Merci à Monsieur Philippe Dumont, Directeur Cisco France – en charge de la Ville intelligente – d'avoir accepté de préfacer cet ouvrage.

Merci aux entreprises et aux organismes ayant accepté de nous fournir des études de cas et des illustrations, notamment celles du cinquième chapitre : Cisco France, Schneider Electric, Tipee, etc.

Merci à Monsieur David Baudry, titulaire de la chaire Cisco-Cesi « Industries et Services de demain » et responsable de l'équipe de recherche « informatiques et usages » du laboratoire LINEACT du Cesi, pour ses relectures et ses corrections, en particulier du deuxième chapitre.

Rédiger un livre est un travail de longue haleine, nous devons, enfin, remercier nos familles pour leur patience et leur compréhension.



# 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 » ( <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 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>

# Introduction

La lutte contre changement climatique est un enjeu majeur, qui résulte principalement de l'exploitation linéaire et extensive des ressources naturelles, en particulier des énergies fossiles. Ses impacts sont désormais reconnus. Le modèle actuel n'est ni durable ni écologique sur les plans économique et social, d'autant que nous vivons dans un siècle marqué par sa démographie et urbanisation galopantes. En prenant dès aujourd'hui les décisions nécessaires à la stabilisation de ses émissions de gaz à effet de serre, en particulier le CO<sub>2</sub>, l'humanité pourrait limiter à environ 2 °C la hausse de la température planétaire à l'horizon 2100.

Les pays industrialisés devront pour leur part consentir un effort particulier et réduire sensiblement leurs émissions en moins de cinquante ans. C'est le « facteur 4 », pour lequel la France s'est engagée depuis plus de dix ans pour opérer la transition énergétique, et notamment dans le secteur du bâtiment qui est le plus gros consommateur d'énergie parmi l'ensemble des secteurs économiques (plus de 42 % de l'énergie finale totale).

Par ailleurs, depuis quelques années, le numérique modifie sensiblement notre vision du monde grâce au progrès technologique dont il est le catalyseur. Il est légitime donc, afin de répondre à l'urgence climatique, de s'appuyer sur la transition numérique pour trouver les solutions nécessaires à la réussite de la transition énergétique.

Dans le domaine de la construction, et afin de généraliser les bâtiments basse consommation et de préparer la réglementation thermique 2020, il est essentiel de donner la priorité à la qualité de conception du bâti et à un bouquet énergétique équilibré, faisant une large place aux énergies renouvelables (EnR). La COP 21 organisée dernièrement à Paris vient de rappeler la nécessité absolue de s'engager sur ce dernier point.

La réglementation devra imposer de plus en plus d'équipements permettant de valoriser les EnR ainsi que l'utilisation d'appareils communicants permettant l'optimisation et le pilotage local ou à distance.

Le bâtiment intelligent (smart building) fait référence à l'ensemble de technologies utilisées pour rendre la conception, la construction et le fonctionnement

des bâtiments plus efficaces, s'appliquent à la fois aux bâtiments existants ou nouveaux. Il est caractérisé par deux dimensions :

- ▶ la durabilité : à savoir réduire les consommations des ressources, les espaces, et de réduire la quantité de déchets et de rejets lors de la phase de construction ;
- ▶ la communication : à savoir concevoir de systèmes permettant l'intégration de fonctions ou de services indispensables adaptées aux besoins des utilisateurs, et ce grâce aux NTIC (nouvelles technologies de l'information et de la communication)

Les NTIC seront ainsi l'élément incontournable pour améliorer la gestion de l'énergie dans l'ensemble des bâtiments. À une échelle plus importante, les réseaux électriques intelligents (smart grid) permettent une distribution optimisée de l'énergie. Le bâtiment intelligent couvrira ainsi ses besoins par sa propre production en EnR, et participera à l'alimentation d'autres domaines comme celui du transport en rechargeant les batteries des véhicules électriques.

C'est à partir de cette réalité complexe que nous avons décidé de mener dans cet ouvrage une réflexion sur la manière dont est traitée « la cible énergie » dans le bâtiment intelligent.

Ce travail pourra servir de point d'appui méthodologique pour les différents acteurs qui interviennent dans la conception de projet : étudiants, architectes, urbanistes, BET, maîtres d'ouvrages, etc.

Cet ouvrage est construit en cinq chapitres :

- ▶ une introduction à la question énergétique, les liens entre l'énergie et les NTIC (réseau électrique intelligent...)
- ▶ le concept du bâtiment intelligent, la gestion active de l'énergie et la sobriété énergétique ;
- ▶ le BIM (Building Information Modeling) en tant qu'outil innovant d'optimisation énergétique ;
- ▶ l'efficacité énergétique dans le bâtiment : la consommation énergétique, les solutions constructives, les normes et labels ;
- ▶ trois études de cas différentes, exemples réels de bâtiments « intelligents », construits en France.

Le premier chapitre introduira le contexte énergétique en France et en Europe. Elle développera ensuite les problématiques inhérentes au réseau électrique, les réseaux électriques intelligents et plus globalement le lien entre la révolution numérique et l'énergie.

Le deuxième chapitre sera dédié au bâtiment intelligent la gestion de l'énergie. Outre la définition des différents concepts (intelligence ambiante, bâtiment intelligent...), il y sera abordé la gestion active du bâtiment (domotique...). Même si la visée de l'ouvrage n'est pas essentiellement « technologique », nous tenterons dans ce chapitre d'explorer :

- ▶ la manière d'intégrer cette gestion intelligente dans la conception et l'exploitation du bâtiment et sur ses apports en termes de gain énergétique,
- ▶ la régulation énergétique grâce aux équipements intelligents (objets connectés...),
- ▶ et la question de la sobriété énergétique et son rôle dans l'optimisation énergétique.

Le troisième chapitre s'intéressera au BIM et la maquette numérique. Cet outil collaboratif introduit un nouveau paradigme dans la gestion des projets de bâtiment et l'amélioration de sa performance. Nous nous intéressons ici à la manière dont le BIM optimise la performance énergétique d'un bâtiment voire un quartier.

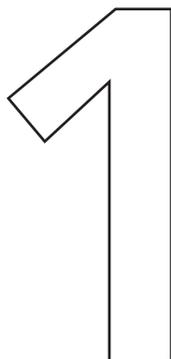
Le quatrième chapitre explorera le lien entre l'efficacité énergétique et le bâtiment. On y tentera d'apporter quelques réponses aux nombreuses questions qui se posent dans ce domaine. Quels sont les besoins énergétiques des principaux postes de consommation ? Pour quel confort ? Quelles règles conceptuelles mettre en place ? Quels types de matériaux utilisés ? Quelles normes et labels ? Les questions sont nombreuses et les réponses limitées en fonction de la réalité de chaque projet.

Enfin, le cinquième chapitre sera consacré à la présentation d'opérations réelles. Ces opérations seront décrites sous diverses facettes. Un zoom sera fait sur le volet énergie, sujet principal de l'ouvrage. Ainsi, l'objectif est de montrer ce que peut être un bâtiment intelligent et de donner un aperçu de la grande variété des projets et des enjeux actuels.

Le bâtiment intelligent représente aujourd'hui une réalité. C'est également un enjeu d'avenir et un objet d'innovation et de progrès formidable. Il est par ailleurs un concept incontournable pour construire des bâtiments durables et économes intégrant le confort et la qualité d'usage exigés. En somme, une solution pertinente pour réussir la transition énergétique et numérique que traverse le domaine de la construction.

Cet ouvrage a pour ambition d'aider les parties prenantes d'un projet de bâtiment intelligent d'avoir une grille de lecture la plus complète possible leur permettant d'appréhender la réalité énergétique de leurs constructions, avec des éléments de réponses à leurs questionnements.





# Contexte énergétique et évolution technologique

Dans un monde où la croissance démographique et économique tire à la hausse les besoins énergétiques et où les émissions de gaz carbonique induites par ces besoins conduisent à d'importants changements climatiques, les enjeux énergétiques deviennent cruciaux. En parallèle, nous assistons à une mutation technologique et à une digitalisation accrue de notre société. Nous vivons ainsi dans un environnement marqué par deux transitions : énergétique et numérique.

Ce chapitre dresse un état des lieux de ces évolutions. Il traite de la production et la distribution électrique, ainsi que la mutation vers un système électrique plus intelligent où nous pouvons mieux gérer et optimiser nos consommations.

## 1.1 Contexte énergétique

### 1.1.1 Contexte énergétique mondial

Le xx<sup>e</sup> siècle aura, sans doute, été celui de la prise de conscience planétaire, notamment des limites des ressources naturelles. C'est ainsi que la notion du développement durable a été mise en lumière. En 1987, le rapport Brundtland (Commission sur l'environnement et le développement de l'ONU) l'a définie comme ainsi : « Satisfaire les besoins actuels, sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs ».

Le rapport du WWF pour l'année 2010 confirme que les ressources naturelles consommées (empreinte écologique) sont plus de 20 % supérieures à celles que la terre peut produire pour une période donnée et que la demande en consommation a plus que doublé entre 1971 et 2007.

Si on s'intéresse la consommation énergétique primaire mondiale depuis le début des années 70, on remarque qu'elle n'a cessé de croître de manière quasiment exponentielle (figure 1.1). Cette consommation mondiale a été estimée en 2010

à plus de 12 150 Mtoe<sup>1</sup> soit  $141,304 \times 10^{12}$  kWh. L'énergie non renouvelable représente environ 90 % de la consommation totale. Le pétrole représente la plus grande partie (plus de 30 %).

Cette consommation d'énergie conduit en plus de la diminution des ressources naturelles à des pollutions de plus en plus importantes dont des dégagements de gaz à effet de serre (figure 1.1).

La prise de conscience (exemple de la COP21 organisée à Paris en 2015) ainsi que la flambée des coûts des matières primaires (e.g. le pétrole) conduira à changer de ressources pour se tourner vers des ressources moins conventionnelles i.e. d'origine renouvelable.

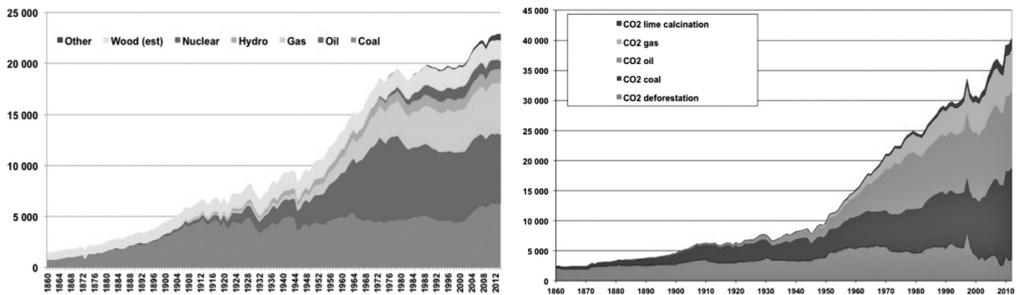


Figure 1.1 Évolution des consommations mondiales (à gauche) et du dégagement de CO<sub>2</sub> (à droite)

## 1.1.2 Réglementation énergétique en Europe

La réglementation énergétique ainsi que le marché de l'électricité en Europe a fait l'objet depuis des années de plusieurs directives et de règlements successifs.

En 1997, la libéralisation du marché de l'électricité a commencé (directive 96/92/CE).

En 2002, le Conseil de l'Union européenne a signé un accord qui prévoit la libéralisation de ces marchés pour tous les clients au plus tard le 1<sup>er</sup> juillet 2007.

En 2009, le troisième paquet énergie a été adopté et prévoit notamment :

- ▶ la séparation entre la gestion des réseaux de transport et les activités de fourniture et de production ;
- ▶ la surveillance réglementaire et la coopération entre régulateurs avec la création de l'Agence de coopération des régulateurs de l'énergie ;

1. 1 toe = 41 868 GJ = 11 63 MWh et Mtoe = 10<sup>6</sup>, toe = 106 × 11,63 10<sup>6</sup> = 11,63 × 10<sup>12</sup> kWh.

## 1.1 Contexte énergétique

- ▶ la coopération entre les gestionnaires de réseaux ;
- ▶ la transparence et la conservation des données.

À ces directives et règlements s'ajoutent les textes du le Paquet Énergie-Climat 2020 traduisant ces engagements à travers trois ensembles de mesures :

- ▶ l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre fait l'objet d'un traitement harmonisé et intégré à l'échelle de l'Union européenne pour les pays « gros » émetteurs de CO<sub>2</sub> au travers d'un système d'échange de quotas d'émissions, avec un traitement spécifique pour certains secteurs (bâtiment et transport notamment) ;
- ▶ l'atteinte des objectifs « 3 × 20 » se traduit également par l'adoption d'objectifs exigeants, visant à augmenter la part d'énergie renouvelable dans la consommation d'énergie des pays européens, tout en tenant compte des besoins et possibilités spécifiques à chaque État membre ;
- ▶ enfin, une mesure d'encouragement est inscrite pour les technologies de piégeage et de stockage géologique du CO<sub>2</sub>.

En 2012, l'UE a adopté une directive sur l'efficacité énergétique, qui impose :

- ▶ aux entreprises d'énergie : un investissement obligatoire chaque année de 1,5 % de leurs ventes annuelles d'énergie dans des services permettant de réduire la consommation de leurs clients (25 % de cet effort pouvant venir de l'efficacité énergétique sur le réseau) ;
- ▶ aux États de l'UE : une obligation de se fixer des objectifs nationaux d'efficacité énergétique et une contrainte de rénovation de 3 % de la surface au sol (chauffée et/ou refroidie) des bâtiments appartenant et occupés par l'administration centrale, ainsi qu'une obligation de définir une feuille de route pour la rénovation des bâtiments tertiaires et résidentiels ;
- ▶ la prise en compte de critères d'efficacité énergétique par les marchés gérés par l'administration centrale ;
- ▶ la réalisation de manière systématique (tous les 4 ans) d'audits énergétiques par des experts indépendants dans les grandes entreprises ;
- ▶ l'ouverture des marchés d'énergie aux programmes de gestion de la demande ;
- ▶ la transparence des factures énergétiques ;
- ▶ un soutien à la cogénération.

En 2009, la loi « Grenelle I » est adoptée en France et fixe l'objectif de 23 % pour la part de l'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie à l'horizon 2020.

En 2010, la loi « Grenelle II » est adoptée la précédente loi par objectifs, chantiers et secteurs. Dans cette loi les gestionnaires des réseaux publics de transport et de distribution d'électricité voient leurs missions élargies aux mers territoriales, plateau continental et zone économique maritime pour le raccordement aux réseaux publics terrestres.

S'agissant de la modernisation des réseaux de distribution électrique, la mise en place de réseaux intelligents de façon à encourager la production décentralisée et l'efficacité énergétique, il existe une directive européenne adoptée en 2009.

En décembre 2015, la conférence mondiale de Paris pour le climat COP 21 a réuni 195 pays. Un engagement de limitation de la hausse de la température « bien en deçà de 2 °C » a été signé. De plus cette conférence a servi de rappel et d'encouragement des professionnels et des pouvoirs publics à se plonger dans les territoires intelligents de demain intégrant les réseaux et la construction intelligente.

### 1.1.3 Contexte énergétique en France

L'autonomie énergétique de la France, en d'autres termes son indépendance du point des sources d'énergie est bien différente si l'on considère l'ensemble des énergies ou si l'on fait abstraction de la production d'électricité.

Dans ce dernier cas, la dépendance énergétique vis-à-vis des ressources fossiles (charbon, gaz, pétrole) est très forte et leur production nationale poursuit sa décroissance par notamment le développement des EnR.

#### À noter

Les données présentées dans la suite de ce chapitre proviennent intégralement de RTE.<sup>1</sup>

En 2014, la consommation brute en France métropolitaine s'établit à 465,3 TWh, en baisse de 29,8 TWh, soit 6 % de moins qu'en 2013.

À titre de comparaison, en 2014 la consommation en Allemagne est en recul de plus de 4 %, ce qui est comparable au résultat de la France. Si l'Espagne présente une légère baisse de la consommation de l'ordre de 0,7 %, l'Italie et la Suisse voient leur consommation diminuer de plus de 2,4 %.

1. RTE, 2015, bilan électrique 2014, 54 p.