

Sous la direction de
François Cluzel et Xavier Latortue

LES CHANTIERS DE L'ÉCO-CONCEPTION

Les conditions d'une pratique pérenne par les acteurs de la construction

Illustrations de François Cointe

Les chantiers de l'éco-conception

Xavier Latortue et François Cluzel (Dir.), *Les chantiers de l'éco-conception. Les conditions d'une pratique pérenne par les acteurs de la construction*, Paris : Presses des Mines, 2020.

© Presses des Mines - TRANSVALOR, 2020
60, boulevard Saint-Michel - 75272 Paris Cedex 06 - France
presses@mines-paristech.fr
www.pressedesmines.com

ISBN : 978-2-35671-578-4
Illustrations : © François Cointe
Crédit photographique : © Adrien Séguy (page 47).

Dépôt légal 2020

Cette publication a bénéficié du soutien de l'Institut Carnot M.I.N.E.S.
Tous droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et d'exécution réservés pour tous les pays.

Sous la direction de

Xavier Latortue et François Cluzel

Les chantiers de l'éco-conception

Les conditions d'une pratique pérenne par les acteurs de la construction

Avec la participation de :

Xavier Latortue, François Cluzel, Bernard Yannou, Yann Leroy,
Christophe Gobin, François Cointe, Frédérique Delmas-Jaubert

Illustrations de François Cointe



Sommaire

Préface	9
Remerciements	11
Avertissement	13
Introduction	15
Contexte	15
Objectif	16
Méthodologie	16
Moyens	17
Plan de l'étude	18
Chapitre 1- Structuration de l'étude	19
Chapitre 2 - L'évaluation de la valeur fournie	23
Illustration 1 - Les biais des méthodes de calcul	24
Illustration 2 - Dymaxion House	26
1. Vision stratégique	27
2. Vision académique	30
3. Vision opérationnelle	35
Chapitre 3 - Le changement d'échelle	43
Illustration 3 – Ghardaïa et les villes du désert	44
Illustration 4 – Paris Haussmann, modèle de ville	45
Illustration 5 – Le modèle du Vorarlberg	46

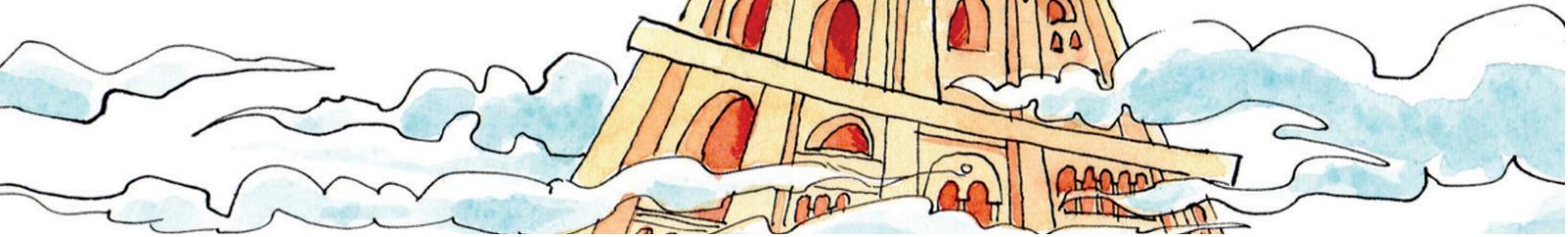
Illustration 6 – Qanats et bâdgirs à Yazd en Iran.....	47
1. Vision stratégique.....	48
2. Vision académique.....	53
3. Vision opérationnelle.....	57
Chapitre 4 - L'implication des occupants.....	63
Illustration 7 – L'efficacité énergétique des termitières.....	64
Illustration 8 – La boîte à vent, rectorat de la Martinique.....	65
Illustration 9 – La maison à Massagno de Mario Botta.....	66
1. Vision stratégique.....	67
2. Vision académique.....	72
3. Vision opérationnelle.....	75
Chapitre 5 - En résumé... ..	83
L'évaluation de la valeur fournie.....	84
Le changement d'échelle.....	86
L'implication des occupants.....	88
Conclusion.....	90
Pour en savoir plus.....	91
Glossaire.....	93
Bibliographie.....	101
Les auteurs.....	109



DÉTRUIRE,
CE N'EST PAS TRÈS
DÉVELOPPEMENT
DURABLE, VOUS
SAVEZ...



ON NE PEUT
PAS PLUTÔT
LA RECYCLER?



Préface

Nous vivons une époque dont la caractéristique majeure peut être qualifiée d'état transitoire. Or, ce statut ne va pas sans être paradoxal et poser question.

La société civile, globalement, a pris conscience des risques du changement climatique. Les phénomènes récents du réchauffement, les cyclones et les tempêtes qui s'accompagnent d'inondations sont de plus en plus menaçants et affectent le cours des matières premières. Le secteur de la Construction est particulièrement concerné.

En réponse, les professionnels du secteur multiplient les propositions : bâtiments verts, bâtiments bas carbone, bâtiments sains, bâtiments résilients, bâtiments « *cradle to cradle* », bâtiments autonomes... Cette prolifération est-elle profitable ou ne masque-t-elle pas une incapacité à penser la situation de manière plus globale ?

À bien y réfléchir, la construction au sens large a besoin d'une vision claire qui fédère l'ensemble des intervenants plutôt que de créer de nouvelles prérogatives corporatistes. Il faut rendre opératoire cette transformation nécessaire.

Le premier objet de cet opus, qui est le résultat d'un travail collectif, est de montrer que tous les efforts peuvent s'envisager au titre d'une même démarche qui est l'éco-conception, avec ses principes mis en œuvre sur une chaîne de valeur plus intégrée (moins morcelée). Il ne s'agit plus d'inventer d'autres

palliatifs mais bien d'asseoir une compétence autour d'une discipline scientifique. Le second objectif est d'insuffler une attention plus large à la notion de mesure. Les défis à relever ne peuvent pas se contenter d'incantations; ils demandent des réponses instrumentées et mesurables. Il en va de la confiance de toutes les parties prenantes du cadre de vie que constitue notre habitat.

Le livre blanc que vous avez entre les mains se veut un appel qui mobilise toutes les bonnes volontés pour engager ensemble un effort mutualisé et proactif afin de fournir les vrais outils d'un cadre bâti contribuant de manière effective à un développement durable.

Christophe Gobin

Ancien directeur scientifique de Vinci Construction France

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le réseau EcoSD et l'ADEME pour avoir financé et soutenu la présente étude dans le cadre d'un Projet de recherche collaboratif.

Les auteurs remercient également tous les participants de l'atelier organisé le 23 septembre 2016 à Paris qui a permis de confronter les recherches bibliographiques aux professionnels du secteur. Par ordre alphabétique : Nicolas Bauclin (ENGIE), Cécile Beaudard (Solinnen), Christian Cucchiarini (EGF/BTP), François Cluzel (CentraleSupélec), François Cointe (CentraleSupélec), Frédérique Delmas-Jaubert (CentraleSupélec), Régis Gamerre (DGA), Christophe Gobin (Vinci Construction), Pierre Jehel (Centrale-Supélec), Thierry Juif (Bouygues Construction), Armelle Langlois (Vinci Construction), Xavier Latortue (ESTIA), Yann Leroy (CentraleSupélec), Thomas Peverelli (Evea), Maxime Trocmé (Vinci Construction), Flore Vallet (IRT-SystemX/CentraleSupélec), Eric Vorger (Koclicko), Bernard Yannou (CentraleSupélec).

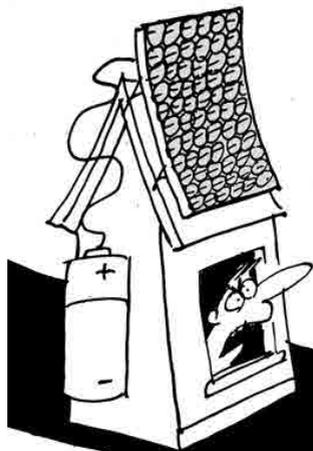
Les auteurs remercient tout particulièrement la Fédération Française du Bâtiment qui a accueilli gracieusement l'événement dans ses locaux.

Avertissement

Le contenu de ce livre blanc est issu de l'analyse des auteurs, sur la base d'une étude bibliographique, d'un état des lieux de la filière du bâtiment en France et d'une journée d'atelier organisée avec des professionnels du secteur ou en lien avec le secteur.

Le contenu et les conclusions de cet ouvrage n'engagent que les auteurs. Même si les auteurs ont tenté au maximum de refléter les différents points de vue des acteurs rencontrés, ce contenu n'engage en aucune manière les participants (nommés en page 11) à l'atelier organisé dans le cadre d'un projet de recherche.

ON N'AVAIT
PAS PRÉVU
LA POSSIBLE
CONSTRUCTION
DE CETTE
TOUR QUI
ME FAIT
DE L'OMBRE



NI QU'ELLE
M'ÉBLOUISSE:
ÇA COMPENSE!



Introduction

Contexte

La problématique environnementale est une question relativement récente dans le secteur du bâtiment. Si les premières réglementations thermiques (RT par la suite) pour le bâtiment apparaissent en 1974 suite au premier choc pétrolier, elles ne concernent alors que les bâtiments neufs résidentiels. En 1988, la réglementation évolue sensiblement et s'élargit aux bâtiments neufs non résidentiels. Il faudra attendre les années 2000 pour voir émerger une prise de conscience avec successivement la RT 2000, la RT 2005 puis la RT 2012, qui imposent des méthodes de calcul et des objectifs de réduction de consommation des bâtiments. Au lendemain de la COP 21, l'ensemble des acteurs s'accorde sur l'importance de la question environnementale dans le Bâtiment, à l'image d'une réglementation de plus en plus contraignante. Cette prise de conscience est quelque peu tardive pour un secteur qui représente entre 16% et 50% des consommations d'énergie dans le monde. En France, le secteur du bâtiment représente 45 % de la consommation totale d'énergie et environ 23% des émissions totales de CO₂ (ADEME, 2015).

Ce document est le fruit d'une étude menée dans le cadre d'un « Projet de Recherche Collaboratif » du réseau **EcoSD**¹ (PRC 15.2). Elle est pilotée par CentraleSupélec et Vinci Construction France, et financée par le réseau **EcoSD** et l'**ADEME**. Sans se limiter exclusivement à l'hexagone, l'étude se concentre néanmoins sur les logements et les bâtiments tertiaires dans le contexte français. En effet, la combinaison des caractéristiques du secteur, du marché, de la législation, et des comportements des professionnels fait de la France un contexte d'étude particulier.

1. Tous les termes en **gras** sont définis dans le glossaire en fin d'ouvrage.

Objectif

L'objectif de ce livre blanc est de mettre en évidence des thématiques encore peu traitées par le monde de la recherche ou par les acteurs de l'**éco-conception** en France. L'**éco-conception** se réfère dans le contexte de cet ouvrage à l'ensemble des outils et méthodes permettant de maîtriser durant la conception de tout produit les impacts environnementaux générés par ledit produit sur l'intégralité de son **cycle de vie** (incluant les phases de fabrication, distribution, usage, fin de vie). Elle s'articule pour la construction autour de deux disciplines : l'évaluation des **performances** environnementales par l'**Analyse de Cycle de Vie (ACV)** et l'architecture bioclimatique. Elle introduit une double dimension : le multiscalaire (ou **multi-échelle**) pour tenir compte de toutes les échelles d'impacts (bâtiment, quartier, ville...) et l'horizon temporel pour anticiper le fonctionnement au cours du **cycle de vie**. Elle s'inscrit dans un esprit de responsabilité de toutes les **parties prenantes** puisqu'elle facilite la prise de décision en toute connaissance des causes. C'est donc une démarche par essence économique qui participe de la recherche d'**efficience** de tout projet relatif à notre cadre de vie en objectivant les **externalités**.

Méthodologie

L'analyse des outils et méthodes adoptés par l'industrie, des verrous sectoriels et des sujets étudiés par la recherche sur la question de l'**éco-conception** des bâtiments en France nous permet de mettre en évidence des thématiques scientifiques émergentes qu'il est urgent de traiter pour contribuer à construire une réponse pertinente à la problématique environnementale. Ces sujets émergents ont été synthétisés au travers de treize assertions, qui constituent autant de défis qu'il convient de surmonter

pour contribuer à réduire l’empreinte environnementale des bâtiments. Ces assertions sont regroupées ici en trois thématiques principales :

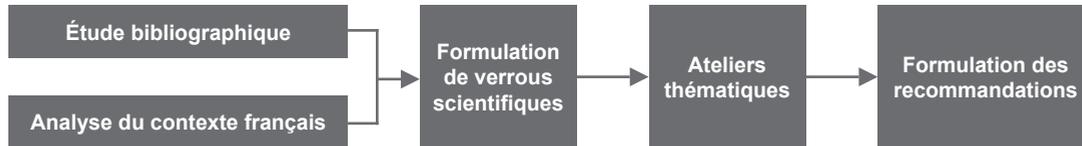
- 1. L'évaluation de la valeur fournie**
- 2. Le changement d'échelle**
- 3. L'implication des occupants**

Le parti pris de ce livre blanc est de convaincre le lecteur de l’urgence de traiter ces problématiques et, le cas échéant, de susciter suffisamment d’intérêt auprès des décideurs pour s’engager en s’associant à des travaux de recherche et d’innovation. Il se veut un outil à destination des décideurs, mais vise également à faire émerger des collaborations de recherche au moins au niveau français. Enfin, il cherche à sensibiliser l’ensemble des professionnels du bâtiment aux problématiques émergentes autour de l’**éco-conception** et à l’urgence de faire évoluer les méthodes et outils, mais également les pratiques industrielles.

Moyens

Pour atteindre cet objectif, l’étude a été réalisée selon le processus présenté ci-après. Une première étape bibliographique et d’état des lieux de l’**éco-conception** de bâtiments en France a mené à formuler les treize assertions, volontairement assez directives ou partiales, le but étant de susciter la discussion. Cette discussion a alors été structurée autour d’une journée d’ateliers organisée fin 2016 avec une quinzaine de professionnels et d’experts du bâtiment, de l’urbanisme et de la ville. L’analyse des échanges menés

lors de ces ateliers a finalement conduit à la formulation de recommandations à destination des décideurs, chercheurs et opérationnels.



Plan de l'étude

Le chapitre 1 détaille le processus de notre étude. Celui-ci s'articule autour de trois axes thématiques – évaluation de la **valeur** fournie, changement d'échelle, implication des **occupants** – et de trois visions – stratégique, scientifique, opérationnelle –, le tout assemblé dans un tableau à neuf cases contenant treize assertions. Les chapitres 2, 3 et 4 détaillent le contenu de chacun des trois axes thématiques, illustrés d'exemples, et mettant en évidence les constats, questionnements et recommandations relatifs à chaque thématique. Le chapitre 5 propose un résumé clair et concis des principales recommandations que les chercheurs souhaitent adresser à la profession. Enfin, différentes ressources (liens vers des rapports plus fournis, bibliographie, glossaire) visent à compléter les propos de ces cinq chapitres.

Chapitre 1

Structuration de l'étude

L'étude a été structurée autour du tableau à neuf cases présenté ci-après et construite autour de trois axes thématiques et trois visions.

À l'issue d'une étude bibliographique et d'un état des lieux de la filière française, trois axes thématiques ont été identifiés et jugés structurants pour pousser les réflexions sur l'évolution des pratiques d'**éco-conception** de bâtiment en France. Ces trois thématiques sont les suivantes :

1. **L'évaluation de la valeur fournie** : dans un contexte d'urgence environnementale et de rigueur budgétaire, il est crucial de pouvoir évaluer la valeur fournie par rapport aux ressources mobilisées par un bâtiment.
2. **Le changement d'échelle** : afin de construire une réponse en particulier aux exigences du **BEPOS** (bâtiment à énergie positive), il devient urgent d'élargir la question environnementale à l'îlot, voire au quartier.
3. **L'implication des occupants** : une grande partie des travaux de recherche sur l'**éco-conception** dans le bâtiment portent sur les phases amont des projets. Néanmoins on constate que le comportement des occupants est un facteur de poids dans les consommations finales des bâtiments.

Pour chacun de ces trois axes thématiques, les auteurs ont identifié trois champs de réflexion, appelés ici visions, qui permettent de structurer et synthétiser les réflexions et conclusions de l'étude :

- **Vision stratégique** : il s'agit ici d'affirmer la finalité de la ou des questions liées à l'axe thématique, et de définir à grande échelle les orientations stratégiques et politiques pour atteindre les avantages collectifs attendus.
- **Vision scientifique** : cette vision vise à parfaire les connaissances, en identifiant les développements scientifiques et académiques nécessaires par rapport aux grandes orientations stratégiques définies. De quels outils, méthodes ou technologies a-t-on besoin ?
- **Vision opérationnelle** : enfin, cette dernière vision a pour objectif de faciliter la mise en pratique des orientations stratégiques et des développements scientifiques en précisant et déclinant leurs processus d'application. Comment mettre en œuvre les outils, méthodes et technologies en s'assurant de leur adaptation et de leur appropriation ?

Dans chacune des cases du tableau ont été formulées entre une et trois assertions issues de l'analyse bibliographique et du diagnostic du contexte français. Treize assertions sont ainsi proposées. Elles ne se veulent pas être des vérités absolues, mais visent plutôt à susciter la discussion et ont servi de base aux ateliers thématiques organisés avec des experts du domaine.

Dans les trois chapitres suivants sont traités en détail les trois axes thématiques, déclinés suivant les trois visions. Pour chaque case du tableau sont synthétisés les constats et l'état des connaissances actuelles, les questionnements et problématiques scientifiques, et les recommandations émises à destination des décideurs, chercheurs et professionnels du secteur du bâtiment. Les trois axes thématiques sont par ailleurs agrémentés d'exemples illustrés qui visent à mettre en évidence certains constats ou verrous scientifiques. Enfin, les recommandations jugées les plus structurantes et pertinentes sont explicitement reprises dans un dernier chapitre pour aboutir à un programme de recherche à destination des décideurs.

Visions Axes thématiques	Stratégique	Scientifique	Opérationnelle
L'évaluation de la valeur fournie	<p>(1) Dans le secteur du bâtiment, la problématique environnementale ne pourra être traitée sans une objectivation de la valeur fournie par rapport aux ressources mobilisées lors du projet.</p>	<p>(2) À l'heure actuelle, l'ACV a le mérite de matérialiser le débat et reste la seule méthode multicritère proposant une réponse plus ou moins objective à la question environnementale.</p> <p>(3) Mesurer la valeur fournie par le bâtiment suppose de savoir définir les fonctions attendues du projet et leur niveau de performance.</p>	<p>(4) L'ACV ne contribuera à apporter une réponse aux problématiques environnementales que si l'on dispose d'une base de données ouverte à l'échelle européenne, et d'un lieu de comparaison des différents outils d'ACV disponibles.</p> <p>(5) Afin d'être lisible par les différentes parties prenantes, l'affichage de la performance nécessite un référentiel commun partagé par l'ensemble des acteurs du bâtiment en France</p> <p>(6) Dans le bâtiment, le financement de la réponse à la problématique environnementale passe par la généralisation des procédures performancielles.</p>
Le changement d'échelle	<p>(7) Le secteur du bâtiment n'est pas en mesure d'adopter une vision multi-échelle indispensable à la formulation d'une réponse satisfaisante aux futures contraintes environnementales.</p>	<p>(8) « Il y a urgence à développer des méthodologies et des outils d'éco-conception permettant d'inclure l'échelle du quartier dans la réflexion sur les bâtiments : prendre en compte les futures évolutions du quartier et les changements dans les usages des occupants. »</p>	<p>(9) Les réponses au programme doivent être des bouquets de solutions qui répondent à la notion de la vision multi-échelle et prennent en compte les mutations de la ville.</p>
L'implication des occupants	<p>(10) Les décideurs ont la responsabilité d'associer les occupants dès la programmation pour contribuer à la réduction d'empreinte, l'amélioration du bien-être et le vivre ensemble.</p>	<p>(11) Les scientifiques doivent développer des scénarios d'usage représentatifs de la multiplicité des comportements et des caractéristiques des occupants.</p>	<p>(12) Les campagnes de sensibilisation ciblées sur les occupants contribueront à atteindre les objectifs de performance énergétique.</p> <p>(13) L'internet des objets sera un moteur sans précédent dans la réduction des consommations énergétiques des bâtiments.</p>

AVANT DE
DEVENIR
UNE MAISON,
ON A PRODUIT
DE LA POUSSIÈRE,
DU CO₂ ET
DES DÉCHETS
NUCLÉAIRES.

ET
VOUS?

NOUS? DE
L'OMBRE.

DES
CERISES.

DES
NOIX!



Chapitre 2

L'évaluation de la valeur fournie

Dans un contexte d'urgence environnementale et de rigueur budgétaire, il est crucial de pouvoir évaluer la **valeur** fournie par rapport aux ressources mobilisées par un bâtiment. Si cette question va au-delà de la problématique de l'**éco-conception**, elle n'en reste pas moins capitale pour la question environnementale. Que ce soit au travers des travaux étudiant les outils d'**ACV** ou les travaux cherchant à « industrialiser » les pratiques émergentes du secteur du bâtiment, un consensus existe sur l'urgence à rationaliser les procédures et les méthodes employées par les acteurs du bâtiment. Si l'**ACV** semble être actuellement la seule méthode multicritère permettant d'objectiver les **performances**, le débat doit dépasser la question des outils à manipuler et se centrer sur l'adoption d'une réflexion et d'une approche conceptuelle qui intègre dans ses choix l'ensemble des étapes du **cycle de vie**.

Deux exemples illustrent ces réflexions dans les pages suivantes. Le premier (Illustration 1) met en lumière les biais qui peuvent apparaître dans les méthodes de calcul via, ici, les réglementations thermiques successives. L'exemple montre le cas spécifique d'un logement qui était réglementairement inconstructible avec la RT 1982 avant de le devenir à nouveau avec les RT suivantes. Le second exemple (Illustration 2) se base sur les travaux de l'architecte Buckminster Fuller autour de l'économie de matière, critère de frugalité et de durabilité essentiel à son sens, qui l'amena à poser la question suivante : « *How much does your building weight, Mr. Foster?* ». Ces exemples posent la question de la pertinence des critères liés à l'évaluation de la **valeur** fournie d'un projet constructif, et de leur pérennité dans le temps.

Les auteurs

François CLUZEL est maître de conférences au sein de l'équipe Ingénierie de la conception du laboratoire génie industriel de CentraleSupélec. Ingénieur en mécanique (Supméca Paris 2008) et docteur en génie industriel (École Centrale Paris 2012), ses thématiques de recherche conception l'ingénierie de l'innovation et la conception durable. Il a notamment porté un lot de travail du projet ANR DECADIESE (2012 à 2015, piloté par EDF R&D) sur le développement d'un nouveau cadre d'évaluation de la valeur durable d'un bâtiment autour d'une approche fonctionnelle et de la prise en compte des externalités.

François COINTE est ingénieur (ECP 1980) et architecte (UP6 Paris la Villette 1985). Il a travaillé dès les années 1980 sur la conception et la modélisation thermique des bâtiments, d'abord à l'École Nationale d'Ingénieurs de Tunis sur les maisons traditionnelles à patio, puis au CSTB sur l'écriture des premiers codes de calcul dynamique pour l'étude de l'intermittence du chauffage dans les collèges et les bureaux. Il enseigne la thermique du bâtiment à CentraleSupélec depuis 1983.

Frédérique DELMAS-JAUBERT est ingénieur (ECP 2003) et architecte DE (Versailles 2006). Elle a travaillé sur la performance environnementale des constructions dès son diplôme d'architecte, tant à l'échelle urbaine à la SEMAEST, qu'à l'échelle du bâtiment avec le développement de la marque Praxice de Setec Bâtiment. Elle est aujourd'hui directrice de projets chez Orfeo Développement et professeur chargée de cours à CentraleSupélec.

Christophe GOBIN son parcours professionnel l'amène de l'industrie automobile à la construction. Au sein du groupe Vinci Construction France il a conduit de nombreuses démarches de progrès concernant le bâti comme produit et les méthodologies relatives à son *process*. Membre du comité de pilotage de la chaire d'éco-conception ParisTech-Vinci, il est par ailleurs président du conseil scientifique de l'ESTP et initiateur de l'Institut de Recherche en Constructibilité. Il a été directeur scientifique de Vinci Construction France jusqu'en avril 2018.

Xavier LATORTUE est docteur en mécanique (génie industriel) de l'Université de Bordeaux et ingénieur en conception de produit (ESTIA 2011) et en management des nouvelles technologies (Wolverhampton 2011). Ses thématiques de recherche incluent l'analyse des usages, la conception participative, l'éco-conception et l'accompagnement des professionnels au changement appliqué notamment au secteur du bâtiment. Après avoir contribué à la mise en place et au développement de projets d'habitat participatif dans le secteur du logement social, il a collaboré avec le LGI de CentraleSupélec et Vinci Construction sur un projet de recherche collaboratif dédié à l'intégration des usages en éco-conception de bâtiment en France.

Yann LEROY est enseignant-chercheur au sein de l'équipe Ingénierie de la conception du laboratoire génie industriel de CentraleSupélec. Docteur en génie industriel de l'École Nationale Supérieure de Arts et Métiers 2009, ses projets de recherche concernent la conception de systèmes industriels durables et l'ingénierie de l'innovation. Il a notamment participé à la Chaire Bouygues Construction « Bâtir Durable et Innover » sur la modélisation des usages des occupants et les processus d'éco-conception des bâtiments.

Bernard YANNOU est professeur d'ingénierie de la conception et directeur du Laboratoire Génie Industriel (LGI) de CentraleSupélec. Le LGI travaille sur le diagnostic et la conception de systèmes complexes : produits complexes mais aussi organisation d'une entreprise, d'une chaîne de valeur ou filière industrielle, d'un système de santé, d'un système énergétique. Le LGI a formulé trois axes stratégiques en lien avec l'efficacité énergétique industrielle : les systèmes énergétiques (SE), l'usine du futur (UF) et l'écologie industrielle et urbaine (EIU). Bernard YANNOU dirige le Master Ingénierie des Systèmes Complexes (ISC) de l'Université Paris-Saclay. Il est membre du conseil d'administration de l'association EcoSD. Il a co-dirigé de 2010 à 2015 la chaire Bouygues Construction « Bâtir durable et innover » en développant le volet de la modélisation des profils d'usage des occupants et de la prédiction des consommations d'énergie et d'eau.

En France, le secteur du bâtiment représente 45 % de la consommation totale d'énergie et près du quart des émissions totales de CO₂. Les effets du changement climatique et leur incidence sur notre modèle de société ne sont plus à mettre en doute. Or, la réponse du secteur n'est pas à la hauteur des enjeux. La multiplication des labels, certifications ou garanties, témoigne d'un manque de concertation entre les acteurs.

Cet ouvrage démontre l'urgence d'adopter une démarche collective – l'éco-conception – qui intègre l'ensemble des solutions pour maîtriser les impacts environnementaux des bâtiments. Il présente les problématiques scientifiques émergentes qu'il est urgent de traiter, en les organisant selon trois grandes thématiques : l'évaluation de la valeur fournie, le changement d'échelle et l'implication des occupants.

Une quinzaine de professionnels du secteur se sont mobilisés face à l'urgence environnementale pour poser les fondations de pratiques durables pour les acteurs du bâtiment. Ce livre est le fruit d'un projet de recherche collaborative entre CentraleSupélec, Vinci Construction, l'ADEME et le réseau EcoSD. Il doit faire émerger des collaborations de recherche et constituer un outil de réflexion pour les décideurs.



25 euros

978-2-35671-578-4