
CONCEPTION DE
MAISONS
TROPICALES



2°
ÉDITION



Villa d'Eileen Gray E-1027, 1926 - 1929.



Bungalow du Cameroun Jean Prouvé, 1958 - 1964.

CONCEPTION DE
MAISONS
TROPICALES

BIOCLIMATIQUES, SÛRES, CONFORTABLES, ÉCONOMIQUES
ET RESPECTUEUSES DE L'ENVIRONNEMENT



2°
ÉDITION

CONCEPTION DE MAISONS TROPICALES

RÉALISATIONS DES ILLUSTRATIONS :

Chapitres 1 à 9 : © Stéphane Georges (Griffin) - Chapitre 10 : © Jessica Morio (Trois Declic)

CRÉDITS ICONOGRAPHIQUES :

Toutes les illustrations & photos ETIK2A, sauf : Page 2, photo ETIK2A avec l'aimable autorisation de la Galerie 54 et d'Éric Touchaleaume, Bungalow du Cameroun Jean Prouvé, 1958 - 1964. Avec l'aimable autorisation de Manuel Bougot, photo de la villa Eileen Gray E-1027. Pages 282-283, toutes photos avec l'aimable autorisation de la Galerie 54 et d'Éric Touchaleaume. Pages 284-285 et 301, toutes photos avec l'aimable autorisation du cabinet d'architecte Bruno Stagno. Page 286, toutes photos avec l'aimable autorisation de Luz de la Piedra arquitectos (architectes Luz Letelier et Pietro Stagno). Page 287, toutes photos d'Hélène Valenzuela, avec l'aimable autorisation de XLGD architectures. Pages 288-289, photos Cabin in the Woods, Cox Cottage et Captiva Peace de Joshua Colt Fisher, toutes les photos avec l'aimable autorisation de Joyce Owens. Page 290 et 291, photos de la villa Vishram by Sea de Rajiv Menon, toutes photos avec l'aimable autorisation de Benny Kuriakose. Pages 292 et 293, toutes photos avec l'aimable autorisation de Jolyon Robinson. Page 294 et 295, toutes photos TROPPO, avec l'aimable autorisation de Phil Harris. Page 296, toutes photos avec l'aimable autorisation de José Cubilla. Page 297, toutes photos avec l'aimable autorisation de Maria Silvia Feliciangeli. Page 301, les deux photos avec l'aimable autorisation de Bruno Stagno.

MISE EN PAGE : Stéphane Georges (Griffin Création)

L'OUVRAGE A ÉTÉ PUBLIÉ AVEC LE SOUTIEN DE :



NOUS NOUS ENGAGEONS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT :



Nos livres sont imprimés sur des papiers certifiés pour réduire notre impact sur l'environnement.



Le format de nos ouvrages est pensé afin d'optimiser l'utilisation du papier.



Depuis plus de 30 ans, nous imprimons 70 % de nos livres en France et 25 % en Europe et nous mettons tout en œuvre pour augmenter cet engagement auprès des imprimeurs français.



Nous limitons l'utilisation du plastique sur nos ouvrages (film sur les couvertures et les livres).

Édition en anglais : *Tropical House Design Handbook* - Routledge - 2024.

© **DUNOD, 2023** - 11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff – www.dunod.com
ISBN 978-2-10-085898-9

85898 - (I) - CDM 135 - PAF - CMU
Imprimerie CHIRAT - 42540 Saint-Just-la-Pendue
Dépôt légal : décembre 2023

Le mot de l'éditeur

Lorsque nous avons décidé de publier la première édition de *Conception de maisons tropicales* en 2019, nous étions certains que cet ouvrage répondait aux problématiques de notre époque et que son utilité potentielle pour les acteurs du domaine en faisait un ajout précieux à notre catalogue. Les quelques doutes concernant le succès qu'il pouvait rencontrer auprès des professionnels et étudiants se sont rapidement estompés, cette seconde édition étant la preuve que la pédagogie et la qualité de l'ouvrage ont autant convaincu les lecteurs que l'éditeur.

En accord avec l'équipe de rédaction de l'auteur, nous avons donc décidé de publier la présente deuxième édition, actualisée et largement augmentée. À jour des dernières normes, elle s'enrichit notamment de nouveaux développements concernant la ventilation des bâtiments et plus généralement de l'aéraulique urbaine, l'humidité en lien avec la chaleur ressentie mais aussi l'hydrogène comme vecteur d'énergie. De nouveaux contributeurs, tous architectes, représentant les différentes régions tropicales du monde, s'ajoutent à l'ouvrage, et deux préfaciers de renom international lui apportent leur soutien. Cette édition incorpore ainsi plus de 30 pages et 100 visuels supplémentaires.

Nous espérons que les lecteurs s'empareront de cette nouvelle édition, qui se révélera un vecteur de formation précieux et une source d'information, voire d'inspiration, dans l'élaboration de leurs projets.

Auteurs et contributeurs

Conception de Maisons Tropicales, ouvrage collectif coordonné par ETIK2A⁽¹⁾, avec la contribution inestimables d'architectes et scientifiques experts, œuvrant dans les principales régions tropicales.

Préfaciers

Francis D. K. Ching est professeur émérite d'architecture à l'Université de Washington. Né à Honolulu, il a obtenu un Bachelor of Architecture à l'Université Notre-Dame. Après plusieurs années de pratique, il a rejoint l'Université de l'Ohio pour enseigner le dessin. Par la suite, il a enseigné à l'Université de Wisconsin-Milwaukee et à l'Université de Washington. Il a été professeur invité au sein du Tokyo Institute of Technology et à la Chinese University of Hong Kong, puis il a organisé des ateliers dans de nombreux pays. Il a reçu un doctorat en design de la Nottingham Trent University à titre honorifique, la bourse du S. Y. Chung Visiting Fellowship, New Asia College, Chinese University of Hong Kong et une Citation pour l'excellence de ses livres d'architecture internationalement diffusés. Il a reçu la mention spéciale du jury des Cooper-Hewitt National Design Awards et un prix d'honneur de l'American Institute of Architects pour ses réalisations collaboratives. Auteur de renommée mondiale, ses livres font référence en matière d'architecture et le design graphique, notamment *Architectural Graphics*, *Architecture : Form, Space & Order*, *A Global History of Architecture*, *A Visual Dictionary of Architecture* et *Interior Design Illustrated* et *Building Construction Illustrated* (tous publiés par Wiley). Ses œuvres, traduites en onze langues, ont une grande influence dans les écoles d'architecture et il continue de produire et de publier des livres de haute tenue dans ce domaine.

Vasudevan Suresh est ingénieur civil, diplômé de l'Université Anna (College of Engineering, Guindy, Chennai, India). Il possède une expérience exceptionnelle dans les secteurs du logement, des infrastructures, du développement rural et urbain ainsi que de l'environnement bâti. Il a été associé en Inde à l'élaboration de codes et de normes, notamment à celui du Code national du bâtiment. Il a été président du Kerala Government Task Force on Housing, membre du Rajasthan Government Committee on Urban Housing and Housing Policy et membre du National Housing Policy Group du gouvernement indien. Il a été président et directeur général de HUDCO (Housing and urban development corporation), président de l'Indian Buildings Congress et du National Real Estate Development Council, président de l'Indian Green Building Council et vice-président du Construction Industry Development Council. Il est actuellement membre du groupe de travail du gouvernement sur le logement rural, président de Policy, Advocacy and Government Relations of the Indian Green Building Council ainsi que du National Building Code of India et il dirige la Good Governance India Foundation. Il représente l'Inde auprès d'organisations nationales et internationales, dont il est pour certaines consultant, travaillant sur divers aspects des *sustainable and safe human settlements* et est partie prenante dans différentes initiatives mondiales. Il a reçu 18 prix pour ses contributions remarquables dans ce domaine. Ardent défenseur du développement durable il se passionne pour les solutions respectueuses de l'environnement et s'inscrit dans le mouvement global de promotion d'une construction écoresponsable.

Architectes

Benny Kuriakose a reçu le prix Charles Wallace India Trust pour son Master's degree in Conservation Studies de l'Université de York, au Royaume-Uni, et son doctorat à l'Indian Institute of Technology de Madras en Inde. Enraciné dans l'architecture vernaculaire, il a développé une expertise dans le domaine de la conservation du patrimoine bâti et de la conception de nouveaux édifices respectueux des traditions architecturales locales et de l'environnement. Il se concentre sur la conception de structures réalisées à partir de matériaux naturels et dirige maintenant un cabinet de conseil en architecture à Chennai, en Inde.

(1) ETIK2A, association à but non lucratif, fourni des informations favorisant les conduites éthiques.

Joyce Owens, FAIA⁽²⁾ RIBA⁽³⁾, diplômée de l'Université Notre Dame, a quitté son cabinet d'architecture londonien après 15 ans d'activité et s'est installée en Floride en 2004. Sa pratique et ses réalisations au Royaume-Uni puis au sein de son cabinet de Floride ont attiré l'attention au niveau international pour leur adaptation à l'environnement de leur région d'implantation, ainsi qu'à la culture locale. Joyce défend un style architectural tropical moderne, intégrant les principes bioclimatiques de durabilité dans des bâtiments passifs ou même actifs, ainsi que de résistance aux événements climatiques extrêmes. Joyce a été élue au prestigieux College of Fellows de l'AIA⁽⁴⁾ en 2018. En 2020, elle a reçu la médaille d'honneur de l'AIA de Floride en reconnaissance pour l'excellence de son design puis, en 2022, la médaille d'or de cette institution, plus haute distinction pouvant être décernée à l'un de ses membres.

Jolyon Robinson, membre de l'Australian Institute of Architects, a étudié à l'Université de Melbourne, à l'Université de Sydney et à la Queensland University of Technology. Jolyon dirige aujourd'hui le cabinet Robinson Architects. Le travail de Jolyon puise son inspiration dans l'étude de l'architecture tropicale de l'Asie du Sud-Est tout en s'inscrivant dans la continuité de célèbres architectes Australiens, reconnus mondialement pour la qualité de leur architecture tropicale. Ses réalisations présentent des lignes pures, simples et élégantes, en harmonie avec leur environnement. Robinson Architects a notamment réalisé récemment un projet de village tropical balnéaire durable en Sierra Leone. Sa pratique, primée à plusieurs reprises, est reconnue tant en Australie qu'à l'internationale. Il a reçu en 2022 le premier prix du Gabriel Poole House of the Year de l'Australian Institute of Architects Sunshine Coast Chapter, et le premier prix du State Award for Steel Architecture décerné par l'Australian Institute of Architects Queensland.

Bruno Stagno, Hon. FAIA⁽²⁾, est architecte diplômé de l'université catholique Pontificale du Chili. Après une collaboration en France, il s'installe au Costa Rica en 1973, où il se passionne pour l'architecture tropicale. Il développe une architecture contemporaine basée sur la tradition, enrichie d'éléments de modernité. Il fonde en 1994 l'Institut d'Architecture Tropicale qui se propose de diffuser les spécificités d'une architecture et d'un urbanisme intégrés aux paysages, respectueux des écosystèmes naturels et des populations locales. Par la suite, il crée avec ses équipes le référentiel qualité RESET, maintenant incorporé à législation du Costa Rica. Reconnu internationalement, multi récompensé pour son oeuvre majeure et sa carrière exceptionnelle, il a fait l'objet de nombreuses publications et monographies.

Scientifiques

Yuosre Badir est titulaire d'un doctorat en gestion technologique de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Il est actuellement professeur agrégé et directeur des programmes de doctorat (doctorat et DBA) à l'École de gestion de l'Asian Institut of Technologie (AIT) de Bangkok. Ses recherches portent sur l'innovation en matière de produits et de procédés écologiques, les évaluations des technologies à faibles émissions de carbone et la transformation numérique des entreprises des marchés émergents.

Yézouma Coulibaly, anc. professeur agrégé à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) de Ouagadougou, est titulaire d'un doctorat de l'Institut National Polytechnique (INP) de Grenoble et d'un doctorat d'État de l'Université Cheikh Anta Diop (UCAD) de Dakar. Il a enseigné notamment l'énergie et l'efficacité énergétique dans le domaine des bâtiments à 2iE et est auteur d'ouvrages sur ce sujet.

Yves Jannot, ingénieur de recherche au Laboratoire Énergies & Mécanique Théorique et Appliquée (LEMTA) de l'Université de Lorraine, unité de recherche conjointe du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), est titulaire d'un doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL) et d'une habilitation à diriger des recherches (HDR) de l'université de Bordeaux. Il a enseigné le transfert de chaleur et l'énergie solaire thermique dans plusieurs écoles d'ingénieurs tant en France qu'en Afrique.

Noppol Kobmoo est chercheur en écologie et biologie évolutive. Il a suivi un cursus universitaire jusqu'au doctorat à l'Université de Montpellier. Il a par la suite obtenu une bourse au sein du laboratoire d'Écologie, Systématique et Évolution (ESE), unité mixte de recherche du CNRS à l'université Paris-Sud. Il est actuellement basé au laboratoire du National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), de la National Science and Technology Development Agency (NSTDA) de Thaïlande, où il travaille sur les mécanismes évolutifs à l'origine de nouvelles espèces et à leur adaptation en milieu tropical.

(2) Fellow of the American Institute of Architects. (3) Royal Institute of British Architects. (4) American Institute of Architecture.

*« L'architecture est le jeu savant, correct
et magnifique, de volumes assemblés
dans la lumière. »*

Le Corbusier.

« Je suis là, donc je suis. »

Bruno Stagno.

À la mémoire de Jean-Pierre, notre très cher et indéfectible ami,
membre fondateur d'ETIK2A, sans lequel ce livre n'aurait jamais
pu être réalisé, décédé de la COVID-19 en février 2021.

Remerciements

À Bruno Stagno, architecte, dont la philosophie humaniste, les réalisations remarquables, la carrière exceptionnelle et le soutien constant en faveur de notre projet ont constitué des éléments fondamentaux dans la conception, la réalisation, la validation, la diffusion et le succès de ces éditions.

À Francis D. K. Ching, auteur de nombreux ouvrages de référence en architecture, et Vasudevan Suresh, ingénieur, ardent défenseur de la construction durable, pour la confiance qu'ils nous ont témoignée et l'honneur qu'ils nous ont fait en rédigeant chacun une des préfaces de ce livre.

À nos remarquables contributeurs, architectes et scientifiques, notamment Yuosre Badir, Yézouma Coulibaly, Yves Jannot, Noppol Kobmoo, Benny Kuriakose, Joyce Owens, Jolyon Robinson et Bruno Stagno, pour leur confiance, leur expertise, leurs amendements, leur validation et leur constant engagement en faveur de cet ouvrage.

À Camille Risi, climatologue, pour son apport essentiel quant aux contenus relatifs au climat.

À Maria Silvia Feliciangeli, architecte et professeur à la Faculté d'architecture et d'art de l'Université nationale d'Asuncion au Paraguay, pour son soutien et celui de son institution.

À Rodrigo Martinez Suarez, architecte et directeur de l'Académie nationale de la Faculté d'Art et de Design de l'Université latine du Costa Rica, pour son soutien et celui de son organisation.

À Brahmanand Mohanty, expert en gestion de l'énergie, pour ses précieux conseils techniques et scientifiques.

À Clément Gaillard, expert en conception bioclimatique, pour sa gracieuse contribution.

À Ali Msahazi Ahamada, spécialiste en physique des matériaux et nanotechnologie, pour ses conseils.

À Catherine Prouvé pour son intérêt pour notre travail et pour les références faites à son père, Jean Prouvé.

Au studio Luz de Piedra Arquitectos, pour sa contribution et sa permission de publier des photos de la Casa Atrevida.

À Xavier Lagurget et XLGD Architectures, pour leur autorisation de publier des photos de la Villa Bioclimatique du Vieux Moulin.

Au studio Troppo et à Phil Harris, pour leur permission de publier des photos de leurs réalisations.

À Jose Cubilla & Asociados, pour leur soutien et leur permission de publier des photos de la Vivienda Ara Pytu.

À Éric Touchaleaume (Galerie 54), pour sa permission de publier des photos du Bungalow du Cameroun conçu par Jean Prouvé.

À Manuel Bougot, photographe, pour sa permission de publier une photo de la Villa Eileen Gray E-1027.

À Stéphane Georges (www.griffincreation.com), qui, par sa confiance, sa constance, son professionnalisme, sa créativité, son engagement et sa loyauté, a été un acteur clé du succès des premières éditions en français et en anglais et le demeure pour cette deuxième édition en français.

À Jessica Morio, graphiste, pour sa remarquable capacité à restituer des exemples de projets en illustrations 3D.

À Dunod et ses équipes, en particulier à Aurélie Cauvin, pour leur confiance, leur soutien, leur cordialité et leur grand professionnalisme.

À tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

À tous ceux qui ont soutenu les efforts de l'ETIK2A durant toutes ces années.

Préface de Francis D. K. Ching

En grandissant à Hawaïi, j'ai apprécié le confort d'un climat subtropical - chaleur du soleil, alizés rafraîchissants et pluies tropicales bienfaisantes. Pourtant, ce n'est que lorsque je me suis rendu sur le continent nord américain pour fréquenter l'université, que j'ai commencé à apprécier les traditions vernaculaires des îles hawaïennes en matière d'architecture. Elles répondaient aux réalités locales - lumière et microclimats - de manière rationnelle, en incluant surplombs d'ombrage, patios, cours ouvertes et ventilation par de grands ouvrants équipés de persiennes permettant de contrôler soleil et alizés.

En étudiant l'architecture sur le continent, j'ai été confronté à un climat très différent et j'ai été initié aux formes de construction et aux technologies conçues pour tempérer les conditions thermiques et climatiques du Midwest américain. Ce que j'ai vu et vécu était étranger à mes yeux, mais néanmoins excitant et si différent de l'architecture vernaculaire d'Hawaï. À mon retour sur mon île, j'ai été intrigué par l'importation de formes et de façons de construire inappropriées, trop souvent motivées par une recherche de style ou de prestige. Elles me semblaient si mal placées.

Plus tard, à l'occasion de mes voyages lointains, j'ai découvert des parties du monde où encore plus de chaleur et d'humidité extrêmes, combinées avec une moindre brise, rendait la vie des habitants parfois très difficile. Pour répondre à toutes ces difficultés, la solution technologique a été la climatisation, qui est rapidement devenue si répandue que l'architecture vernaculaire adaptée à ce type de climat a été négligée au profit de l'architecture initialement conçue pour le climat tempéré.

Ainsi, quand ETIK2A m'a demandé d'écrire une préface pour le livre *Conception de Maisons Tropicales*, les liens entre mon cheminement personnel, le sujet de ce livre et la façon dont il est présenté me sont immédiatement apparues. En effet, c'est un livre qui traite de l'architecture, qui est ma discipline, et qui utilise beaucoup d'illustrations et de photos, comme j'ai pu le faire dans toutes mes œuvres. Plus important encore, les auteurs décrivent et discutent clairement de toutes les questions pertinentes sans sacrifier la solidité technique, articulant de manière convaincante les principes qui devraient guider la conception et la construction de logements dans les climats tropicaux et subtropicaux.

N'oublions pas que la question du changement climatique et de la transition énergétique à laquelle nous devons faire face, nous invite évidemment à repenser notre façon de construire, en particulier dans les environnements tropicaux. Tout en tirant les leçons du passé, nous devrions également explorer les percées de la science et de la technologie modernes et suivre les réalisations modèles des architectes pionniers dans ce domaine. On ne peut nier les progrès qui ont déjà contribué de façon importante à la réduction potentielle des émissions de gaz à effet de serre.

Ce livre devrait être une lecture essentielle pour ceux qui s'intéressent à la conception et la construction dans les environnements tropicaux. Je n'ai aucun doute sur le fait que les étudiants en architecture et les professionnels chevronnés pourront bénéficier de l'information contenue dans ce livre, notamment lorsqu'il évoque des domaines qui sont à la marge de leurs spécialités. Je souhaite beaucoup succès à ce livre et partage l'ambition de ses auteurs : qu'il soit une source d'inspiration pour tous ceux qui jouent un rôle dans la conception et le développement de l'habitat tropical de demain.

Francis D. K. Ching, Professeur émérite d'architecture – Université de Washington
Architecte, auteur et illustrateur de livres d'architecture.

Préface de Vasudevan Suresh

Quand il s'agit de concevoir des maisons tropicales, le sous-continent indien est unique, en ce sens qu'il comprend à peu près tous les types de climats et de niveaux de vie qui peuvent être retrouvés par ailleurs dans l'ensemble des autres régions tropicales du monde.

Travaillant dans cet environnement depuis plus d'un demi-siècle, mon engagement pour une construction durable et la prévention des risques a été constant, en particulier avec mon association, très active dans ces domaines et avec de nombreuses autres organisations gouvernementales et non gouvernementales. En tant que Président du National Building Code of India et de Policy, Advocacy and Government Relations of the Indian Green Building Council qui fournissent un cadre pour la fusion des pratiques traditionnelles, vernaculaires et locales avec des technologiques actuelles adaptées, je reste entièrement mobilisé à cette tâche. Cela me conduit aussi à participer activement à la sensibilisation de différents publics, à travers des conférences, lors de congrès ou des interventions dans le contexte de chaînes Internet thématiques ou même à l'occasion de vidéo conférences.

L'objectif de développement durable à l'horizon 2030 et celui d'un monde décarboné dans les prochaines décennies nous obligent à revisiter profondément nos pratiques. Cela vaut pour le choix des matériaux, la conception et les méthodes de construction des bâtiments ainsi que pour leur fonctionnement, sur l'ensemble de leur cycle de vie, de la mine au recyclage.

Ces dernières années, j'ai été heureux de constater que tous ces efforts portent leurs fruits. Une nouvelle génération d'architectes et d'ingénieurs redécouvre les vertus de l'architecture vernaculaire et bioclimatique, tout en intégrant les avancées techniques de notre temps et sans négliger pour autant les traditions architecturales locales.

Cependant, sous nos latitudes, dans un contexte de croissance démographique rapide et d'émergence d'une classe moyenne nombreuse, ces avancées restent insuffisantes. La lutte contre le réchauffement climatique exige des changements beaucoup plus rapides et généralisés dans les modèles de construction.

Quand mon ami architecte Benny Kuriakose m'a informé de sa participation à la réalisation d'un livre traitant de la conception de maisons tropicales, j'ai immédiatement exprimé mon intérêt pour cette initiative.

Après une lecture attentive de cet ouvrage, il m'est apparu qu'il constitue une source majeure d'information pour les acteurs du domaine, quelle que soit la région tropicale concernée. En effet, mieux que des solutions toutes faites, il donne au lecteur des clés de compréhension lui permettant de concevoir une maison adaptée à sa propre réalité locale. En outre, il ne néglige pas les questions économiques et montre que même les bâtiments les plus simples et informels, peuvent bénéficier d'une conception intelligente. En effet, la condition d'optimisation de la forme et de l'orientation de la construction, de sa couleur et de la disposition de sa toiture n'est pas liée au budget dont dispose le propriétaire ou le concepteur, mais à l'information à laquelle il a accès.

Même s'il est destiné à un large public, ce livre est un outil éducatif qui peut être utilisé par les enseignants et les étudiants et au-delà de cela, par des architectes et des ingénieurs.

Nul doute qu'une telle œuvre, unique en son genre, rencontrera un large public en Inde comme en Asie du sud-est, en Afrique ou en Amérique du Sud et s'inscrira rapidement comme une référence dans ce domaine.

Vasudevan Suresh, ingénieur civil, FIE, FRICS, FACCE, SFIGBC. Président de Policy, Advocacy and Government Relations of the Indian Green Building Council, du National Building Code of India, de Good Governance India Foundation et du Forum of Critical Utility Services. Ancien CMD, HUDCO. Ancien Président de l'Indian Buildings Congress de l'Indian Green Building Council et du NAREDCO.

Sommaire

1. LES ENJEUX ET LES OBJECTIFS	15
2. LE CLIMAT	27
Le climat, en général	28
Le climat tropical	31
Le microclimat	36
Le coin de notre rue ?	37
3. LA CHALEUR	39
Qu'est-ce que la chaleur ?	40
D'où vient la chaleur ?	41
Où va la chaleur ?	46
Faut-il l'éviter ?	50
4. LE CONFORT THERMIQUE	51
La température ambiante	52
La ventilation	56
L'humidité	58
Le comportement des matériaux	60
La couleur et l'aspect des matériaux	63
Les autres paramètres influant sur la température ressentie	65
5. LA CONSTRUCTION TRADITIONNELLE	67
Les contraintes	68
Les formes prises par les constructions traditionnelles	68
La construction traditionnelle à l'épreuve du présent	72
Les enseignements à tirer du passé	74
6. LA PROTECTION AUX RAYONNEMENTS SOLAIRES	79
Comment le rayonnement solaire nous parvient-il ?	80
Comment orienter notre maison pour limiter son exposition au rayonnement solaire ?	81
Comment protéger la maison du rayonnement solaire ?	83
De quelles caractéristiques les masques solaires doivent-ils être dotés ?	103
Comment protéger la maison du rayonnement solaire résiduel ?	116

7. L'ISOLATION THERMIQUE	127
Comment gérer l'étanchéité de la cellule habitable ?	128
Comment limiter la surface externe de la cellule habitable ?	131
Comment freiner les flux thermiques parcourant l'enveloppe de la cellule habitable ?	134
Quel niveau d'isolation atteindre ?	164
Quels isolants utiliser ?	167
8. LE RAFRAÎCHISSEMENT, LA CLIMATISATION	193
Comment gérer la production de chaleur endogène ?	194
Quelles méthodes de rafraîchissement utiliser ?	199
Comment climatiser et déshumidifier ?	212
9. LA FAISABILITÉ	229
Combien ça coûte ?	230
Comment améliorer une maison existante ?	244
10. LES EXEMPLES DE PROJETS	249
La maison économique	250
La maison standard	254
La maison ventilée	258
La maison design	262
La maison de ville	266
La maison créole	270
Eco village	274
11. PORTFOLIO	281
12. LES IMMEUBLES	299
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	303
ANNEXES	305
L'énergie nucléaire	306
L'ingénierie climatique	306
Hivers éruptifs, d'impacts ou nucléaires	307
Fukushima	307
L'hydrogène	308
Architecture traditionnelle, vernaculaire, locale and bioclimatisme	312
Bibliographie	316
Index	318



1

Les enjeux et les objectifs

Le monde change, nos aspirations évoluent, de nouvelles contraintes s'imposent, que ce soit en matière de sécurité, de confort, de maîtrise des coûts ou de protection de l'environnement. L'habitat est pleinement concerné par ces problématiques. Si la plupart des pays situés en zones climatiques tempérées ont déjà revisité la conception des bâtiments en allant dans ce sens, la question reste entière dans de nombreux autres, notamment en zones tropicales. Aussi le présent ouvrage se donne-t-il pour objectif de concevoir des maisons bioclimatiques sûres, confortables, économiques et respectueuses de l'environnement en milieu tropical.

Schématiquement, le climat tropical est caractérisé par l'ardeur du soleil, la chaleur et l'humidité. Ces paramètres sont d'autant plus importants qu'ils conditionnent non seulement notre confort mais aussi notre santé.

Par le passé, l'habitat tropical traditionnel prenait le plus souvent bien en compte ces contraintes climatiques.

Cependant, les notions de confort ont évolué et la demande de logements s'est fortement accrue avec la croissance de la population ainsi qu'avec l'émergence d'une classe moyenne de plus en plus importante dans de nombreux pays tropicaux. Pour répondre à cette nouvelle réalité, nous avons appliqué des solutions



généralement élaborées en Occident pour des zones au climat tempéré, basées notamment sur l'utilisation de matériaux comme le béton ou la brique et de systèmes de rafraîchissement tels que les climatiseurs électriques.

Malheureusement, ces solutions sont le plus souvent mal adaptées aux climats tropicaux, en ce sens qu'elles ne font pas barrière à la chaleur et qu'elles supposent des consommations d'énergie importantes. Or, l'énergie devient plus rare, plus chère et nous apprenons que son usage a des conséquences pouvant être néfastes sur notre environnement, notamment au niveau du changement climatique.



Dans de nombreuses parties du monde, une véritable révolution de la conception des habitations a commencé. On parle de plus en plus de maisons « bioclimatiques », « écoresponsables », « basse consommation » voire « à énergie positive », c'est-à-dire intégrant, autant que possible, les contraintes climatiques pour assurer un bon confort thermique à coût modéré, tout en évitant de trop impacter l'environnement.

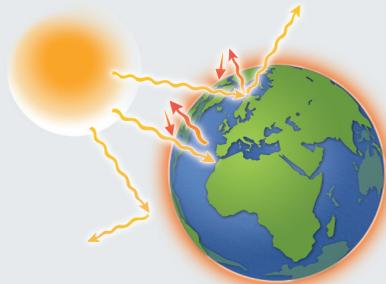
Depuis l'aube de l'humanité, nos activités domestiques, agricoles (surtout l'élevage), puis dans les domaines du transport et de l'industrie, ont eu, entre autres conséquences environnementales, de produire des gaz à effet de serre dont le plus connu est le gaz carbonique (CO₂). L'augmentation significative de l'effet de serre lié à nos activités concourt au réchauffement global de la planète.

Il ne faut pas voir le réchauffement climatique comme une simple montée générale du thermomètre. De nombreux phénomènes météorologiques dépendent en fait de la distribution spatiale des températures. Ainsi, la répartition des vents et des pluies, la probabilité et l'intensité d'événements extrêmes tels que les tempêtes ou les cyclones, se trouvent modifiées, avec des conséquences parfois dramatiques.



L'effet de serre

La Terre reçoit des radiations solaires, notamment à des longueurs d'onde correspondant au rayonnement visible par l'œil humain et au rayonnement infrarouge dit « proche » (cf. page 46). Une partie de ces rayonnements est réfléchiée par les nuages et par la surface terrestre, tandis qu'une autre, absorbée par le sol, provoque son échauffement. L'énergie thermique ainsi reçue tend à se déplacer ensuite par conduction, convection et rayonnement infrarouge dit « lointain » (cf. pages 41 à 49), notamment vers l'espace. Les gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère retiennent une part de ce rayonnement infrarouge réémis par le sol. L'ensemble de ces phénomènes conduit à un équilibre thermique du globe. Si la concentration en gaz à effet de serre présent dans l'atmosphère augmente, cet équilibre est modifié et la chaleur augmente. Au-delà de certaines valeurs, le climat peut s'en trouver impacté.



L'augmentation du taux de gaz à effet de serre dans l'atmosphère concourt à modifier l'équilibre thermique de la planète.

Les cycles climatiques

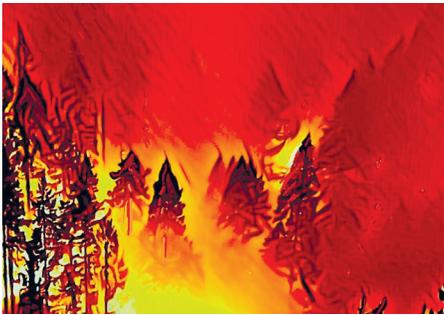
De nombreux changements climatiques se sont produits jusqu'ici sur la Terre, de manière tout à fait indépendante de l'activité humaine. À l'échelle de centaines de millions d'années, la Terre alterne glaciations et climats chauds, en réponse à ce que les climatologues appellent des « forçages » (radiatifs, géologiques, etc.). Ainsi, une glaciation s'est produite à l'aire quaternaire, il y a un peu moins de trois millions d'années. À l'échelle des cent mille dernières années, nous alternons aires glaciaires et interglaciaires, en réponse à des variations d'inclinaison de l'axe des pôles et de l'orbite terrestre. Nous vivons actuellement une période interglaciaire qui a débuté il y a environ 10 000 ans. Cette période a favorisé l'émergence des premières grandes civilisations. De « petits âges glaciaires » durant quelques années peuvent intervenir, notamment du fait d'éruptions volcaniques majeures (cf. page 307).

Le méthane

Le méthane, produit principalement par l'élevage, est un gaz capable de provoquer à quantité égale un effet de serre environ 25 fois plus puissant que celui du CO₂. Au-delà du seul méthane, les conséquences sur l'effet de serre induites par l'élevage, incluant notamment le CO₂, mais sans compter la déforestation qu'il suppose, sont comparables à celles découlant de la totalité des gaz à effet de serre rejetés par l'intégralité des transports, qu'ils soient terrestres, maritimes ou aériens. Or, réduire notre consommation de nourriture carnée pour lutter contre le changement climatique est bien plus simple à mettre en œuvre que de réduire les transports dont nous sommes directement ou indirectement tributaires.

Dans le même temps, nous vivons une explosion démographique. Cet accroissement sensible de la population va de pair avec une hausse considérable non seulement de nos rejets de gaz à effet de serre, mais aussi de notre vulnérabilité, d'autant que nous nous sommes surtout installés là où les ressources en eau et en nourriture sont les plus faciles à obtenir, c'est-à-dire le long des cours d'eau ou sur des zones côtières ainsi que dans des plaines alluviales. Or, ce sont ces zones qui sont les plus menacées par les inondations découlant de phénomènes météorologiques extrêmes ou par la montée des océans. Il nous est très difficile de nous adapter en changeant la localisation de centaines de millions de personnes et de dizaines de mégapoles (par exemple celle de Jakarta, déjà significativement impactée) dans un délai en rapport avec le rythme imposé par ce changement climatique.

L'accroissement du nombre et de la puissance de ces phénomènes a déjà commencé. Même si elles ne sont pas les seules concernées, les zones tropicales ou subtropicales qui nous occupent ici ont été marquées dans les dernières décennies par des catastrophes majeures. Le cyclone Katrina qui a touché la Nouvelle-Orléans aux États-Unis en 2005 reste dans toutes les mémoires. Les inondations monstrueuses qui ont frappé la Thaïlande en 2011-2012 ont transformé temporairement la plaine centrale en troisième plus grand lac d'Asie après la mer Caspienne et le lac Baïkal, noyant des dizaines de villes dont une partie de Bangkok, sous 1 à 2 m d'eau durant 6 semaines. Le plus puissant typhon enregistré à ce jour ayant touché les terres émergées appelées « Haiyan » a ravagé une région entière des Philippines en 2013 et a été suivi d'une série d'autres. Depuis 2021, de méga feux frappent la Russie, la



Californie, le Canada, l'Australie et le Sud de l'Europe, tandis que le Brésil est constamment le théâtre d'incendies de diverses tailles. L'Observatoire européen de la sécheresse, sous l'égide de la Commission européenne, a indiqué que 2022 aurait été l'année la plus sèche en 500 ans, alors qu'en Chine, une vague de chaleur combinée à de faibles précipitations a asséché des centaines de rivières. À chaque fois, ce sont par centaines voire par milliers que se dénombrent les morts, par dizaines de milliers que l'on compte les blessés et par millions que les victimes matérielles directes et indirectes sont à déplorer. Quant aux incidences économiques, elles se chiffrent en milliards de dollars. C'est au point que les décisions politiques telles que celles prises à la Conférence des Parties (COP), réunissant les 197 États signataires de la « Convention-cadre des Nations Unies sur l'évolution du climat », au-delà des rapports du « Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat » (GIEC), l'ont été à l'aune de ces événements historiques.

Malheureusement, cela semble bien n'être qu'un début, d'autant que, dans le même temps, nous constatons une montée des océans. Plus d'énergie par effet de serre, veut dire moins de glaciers aux pôles ou en montagne et plus d'eau liquide dans les mers. Moins de glaciers et de banquise, c'est moins de rayonnements solaires réfléchis

vers l'espace et donc plus de chaleur demeurant dans notre environnement. C'est aussi une eau qui se dilate sous l'effet de l'accroissement de température, qui occupe un plus grand volume et dont la surface monte en conséquence. Enfin, le pompage déjà intensif des nappes phréatiques, effectuées essentiellement en réponse aux besoins de l'élevage, augmente encore du fait du réchauffement climatique.

? Le saviez-vous...

Le principal responsable de l'effet de serre n'est ni le gaz carbonique, ni le méthane, mais tout simplement l'eau, qu'elle soit présente dans l'air sous forme de vapeur ou de gouttelettes. Elle n'entre dans la composition de l'atmosphère qu'à moins de 1 % (en moyenne) mais elle est responsable de plus de 70 % de l'effet de serre terrestre naturel. Or, la concentration de vapeur d'eau dans l'atmosphère dépend de la température de l'air. Ainsi, plus la Terre se réchauffe, plus l'air contient de la vapeur d'eau et plus l'effet de serre est important. Ce phénomène est loin d'être marginal puisqu'il augmente le réchauffement climatique d'un facteur deux. Par ailleurs, même s'il subsiste des incertitudes à ce sujet, il est vraisemblable que le réchauffement induise une réduction de la couverture nuageuse, entraînant une diminution de la réflexion du rayonnement solaire vers l'espace et conséquemment une hausse du réchauffement. D'autre part, la majoration de la concentration en vapeur d'eau de l'atmosphère contribue à accentuer certains événements pluvieux extrêmes.





Combustion de la biomasse

Le brûlage de végétaux, notamment du bois, entraîne la libération dans l'atmosphère de CO_2 qui serait sans cela resté séquestré plus durablement, d'un grand nombre de polluants toxiques et/ou cancérigènes comme des particules fines et des suies, des composés organiques volatiles (COV) dont des aldéhydes, de l'acroléine et du benzène, des goudrons et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dont le benzopyrène et le dibenzoanthracène, des dioxines et des furanes, du monoxyde de carbone et des oxydes d'azote (NOx) à l'origine de la formation d'ozone. Les NOx sont en outre des gaz à effet de serre pouvant être jusqu'à 300 fois plus puissant que le CO_2 et constituent la cause essentielle du phénomène des « pluies acides », délétères pour les forêts. Le Health Effects Institute de Boston a montré qu'une des causes principales de mortalité prématurée par pathologies respiratoires dans le monde, est liée à l'inhalation d'éléments issus de la combustion de la biomasse, spécialement dans les zones tropicales où elle est largement utilisée. Les fumées qui en sont issues constituent souvent la principale source de particules fines, réputées responsables d'environ 4 millions de décès anticipés par an dans le monde. Si des réglementations contraignent les constructeurs automobiles à équiper leurs véhicules de systèmes de dépollution des particules fines, NOx , hydrocarbures imbrûlés et monoxyde de carbone, ce n'est que trop rarement le cas pour les systèmes brûlant du bois ou des végétaux. À titre de comparaison, les poêles à granules les plus évolués émettent en trois jours de fonctionnement autant de particules fines qu'un véhicule diesel moyen en un an. Ces appareils domestiques récents optimisant la combustion rejettent certes moins de particules fines et de composés imbrûlés que certains poêles à bois plus anciens, mais ils produisent aussi nettement plus de NOx . En fait, la combustion de la biomasse ne devrait être considérée comme acceptable que si les fumées qui en émanent étaient dépolluées par des dispositifs efficaces, répondants à des normes adaptées, avant d'être rejetées à l'air libre.

Cette eau préalablement stockée dans les profondeurs de la terre se retrouve après utilisation pour partie dans les rivières puis dans les mers dont la surface s'élève en proportion (cf. page 21).

De surcroît, l'extraction des eaux souterraines aux abords immédiats de mégapoles (comme Mexico), constitue l'un des facteurs d'affaissement des sols dans ces zones, ce qui les rend encore plus vulnérables aux inondations.

Les milliards de gens qui vivent très peu au-dessus du niveau de la mer vont être les victimes directes de ces phénomènes, séparés ou combinés, conduisant à des inondations temporaires puis définitives. Leurs habitats, leurs ressources et leurs équipements dont les installations industrielles ou agricoles, vont être endommagés voire détruits. Ces personnes n'auront d'autre choix à terme que de fuir leurs régions et deviendront ainsi de véritables « réfugiés climatiques », qui ne seront probablement les bienvenus qu'en de rares endroits.





Ces conséquences impacteront aussi les gens vivant loin des côtes, qui seront en tout état de cause affectés directement par un accroissement des canicules, des sécheresses, des incendies de forêts, des inondations temporaires, ou encore des glissements de terrain. Certains d'entre eux auront en outre à faire face à l'afflux de réfugiés climatiques.

À la lumière de ces événements nous voyons bien qu'il y a lieu d'adapter nos infrastructures, tout comme les procédures à appliquer en cas de catastrophes. Mais il ne s'agit là que de pallier les effets du changement climatique et non pas de s'attaquer à ses causes. Or, parmi celles-ci, notre manière de construire est clairement impliquée.

L'habitat est l'un des facteurs déterminants du changement climatique.

En premier lieu, nous devons savoir qu'en zones tropicales, pour la plupart des pays, la part des logements dans la consommation totale d'énergie vient en première position ($\approx 40\%$), devant l'agriculture, les transports et l'industrie.

? Aller plus loin...

250 000 ans ont été nécessaires pour passer de quelques milliers d'individus de notre espèce *Homo sapiens* à 3 milliards, alors qu'il n'aura fallu que 50 ans pour passer de 3 à 8 milliards.

Jusqu'à 70 % des terres agricoles sont déjà consacrées à l'élevage et ce pourcentage augmente. L'essentiel de la déforestation est due à la mise en place de productions agricoles ayant pour but essentiel non pas de nourrir directement les humains mais les animaux d'élevage, notamment des cultures de soja ou de maïs. Cette déforestation prive l'atmosphère d'une captation du CO_2 par les arbres, ce qui contribue aussi au changement climatique. Les cultures de maïs et d'autres végétaux destinés au bétail sont grandes consommatrices d'eau. Il faut entre 12 500 et 100 000 litres d'eau (suivant le type d'aliment) pour produire un seul kilogramme de viande de bœuf. Cette eau est fréquemment pompée dans les nappes phréatiques dans des volumes supérieurs à ceux qui viennent les recharger (via la pluie). Le solde négatif se retrouve au final dans les océans. Ce phénomène a été objectivé par des études ayant montré qu'entre 2000 et 2008, 13 % de la hausse du niveau des mers était imputable aux prélèvements massifs d'eau douce dans les nappes phréatiques.



Il a été démontré par des historiens que des changements climatiques, même de relativement faible amplitude et de durée limitée, ont généré par le passé, hormis des morts directes, des difficultés économiques, des migrations, des tensions géopolitiques, des affrontements, des révolutions et des guerres. Les mêmes causes produisant généralement les mêmes effets, nous pouvons redouter que ces épisodes historiques ne se reproduisent à grande échelle.



L'énergie consommée à la maison est souvent électrique. Or, cette électricité est produite majoritairement par des centrales alimentées par des combustibles fossiles générant de grandes quantités de gaz à effet de serre, impliqués dans le changement climatique.

Le remplacement de ce type de centrales par des centrales nucléaires à fission (cf. page 306) n'est pas toujours bien perçu par une partie des populations. Cependant, au-delà des aspects psychologiques, il est difficilement envisageable de limiter la dynamique du changement climatique au niveau mondiale sans une phase de développement de leur implantation. Reste que la gestion des déchets n'est pas encore partout résolue de manière adaptée. L'énergie issue de la fusion nucléaire n'est pas encore maîtrisée et ne serait pas, quoi qu'il en soit, sans impacts environnementaux, même s'il est probable qu'ils puissent être grandement minorés par rapport à ceux des centrales à fission (cf. annexes page 306).

L'impact des climatiseurs

Dans les maisons équipées de climatiseurs en zones tropicales, ces appareils représentent à eux seuls plus de 40 % de l'électricité consommée. Actuellement, environ 10 % des gens qui y vivent sont équipés d'un tel système. Cependant, la population augmente, en particulier dans les zones urbaines où la chaleur est plus forte, la demande pour une certaine qualité de vie est plus élevée et le revenu moyen de la population augmente. Selon l'Agence internationale de l'énergie, si nous ne modifions pas la conception et les modes de construction de nos logements, le nombre de climatiseurs et la consommation d'électricité pour les alimenter pourraient tripler d'ici 2050. Cette situation n'est pas compatible avec la réduction des émissions de gaz à effet de serre et avec les efforts déployés par ailleurs pour freiner le changement climatique.

Les énergies généralement qualifiées de « renouvelables » ne sont pas susceptibles de couvrir les besoins de l'humanité. Le potentiel de construction de nouveaux barrages hydroélectriques est limité et ces ouvrages sont impactant pour l'environnement et les populations locales. L'éolien et le photo voltaïque produisent par intermittence, ce qui suppose la construction d'installations de production pilotable de réserve, la mise au point de stockages de masse encore mal maîtrisés et induisant des déperditions d'énergie considérables, de réseaux dits « intelligents » complexes et coûteux nécessaires à la gestion des flux d'énergie discontinues provenant de zones variables. Ils ne sont pas non plus sans inconvénient sur le plan environnemental, de la mine au recyclage, de leur transformation en usine, de leur consommation d'énergie « grise » en fabrication et en transport, de leur emprise au sol et de problématiques de recyclage. Leur fabrication mobilise plus de cuivre et de composants rares par MW produit que les centrales thermiques. Ils induisent des hausses du prix de l'énergie, difficiles à faire supporter aux populations les moins favorisées.

Enfin, la possibilité de produire de l'énergie à bas coût étant corrélée avec la capacité de développement et la compétitivité des nations, cela constitue un frein majeur, notamment pour les pays en voie de développement ainsi que pour les principaux producteurs de biens de grande consommation.

La seule énergie vraiment « propre » est celle que nous ne consommons pas.

Une conception intelligente, « bioclimatique », de nos logements, permet de diminuer considérablement nos besoins en énergie et de profiter de celle qui nous est fournie directement et naturellement, sans trop augmenter l'impact négatif de nos constructions sur l'environnement. Dans ces conditions, nous pourrions penser que les publications accessibles à tous,



traitant de la question d'un habitat sûr et respectueux de l'environnement en milieu tropical sont déjà nombreuses. Or, il n'en est rien. Cela ne serait pas un sujet si les habitations neuves qui sont construites actuellement intégraient ces nouvelles problématiques. Après tout, que nous soyons urbanistes, architectes, ingénieurs matériaux, législateurs, constructeurs, artisans, ou utilisateurs finaux, n'avons-nous pas tous le même intérêt à ce qu'elles soient prises en compte ? Ne cherchons-nous pas tous à créer un habitat répondant à celles-ci ? Ne sommes-nous pas tous concernés par le changement climatique ?

Si nous en jugeons par la majorité des maisons qui continuent d'être construites dans la plupart des pays tropicaux, il semble bien que ces questions restent encore très largement incomprises ou négligées : peu de masques solaires, des toitures et des vitrages pièges à calories, quasiment pas d'isolation thermique, des matériaux de base inadaptés, une ventilation naturelle limitée et des climatiseurs électriques omniprésents pour compenser ces erreurs de conception. Comment expliquer une telle situation ? Par l'inertie, la force des habitudes, une compréhension incomplète des phénomènes physiques en jeu, la connaissance

partielle de solutions techniques adaptées et vraisemblablement surtout par une vision économique à court terme qui nous prive des meilleures solutions. On ne peut même pas dire que le faible pouvoir d'achat des ménages moyens et modestes explique cet état de fait, puisqu'à l'exception de quelques réalisations remarquables ici et là, même pour les maisons les plus coûteuses, il n'est que rarement tenu compte de ces exigences et presque jamais fait appel aux réponses techniques les plus pertinentes.



Ce qui manque fondamentalement, c'est une compréhension des phénomènes en jeu, des problématiques à résoudre et des réponses que nous pouvons y apporter.

Le présent ouvrage se propose de pallier cela, en fournissant aux acteurs du domaine des éléments d'information leur permettant de concevoir une maison tropicale apte à satisfaire les besoins en matière de sécurité, notamment vis-à-vis des phénomènes météorologiques liés au changement climatique et de protection de l'environnement.

Au-delà de ces deux axes, il convient d'en intégrer deux autres qui conditionnent aussi très largement nos choix en matière de construction : le confort et l'économie. En effet, c'est bien parce que les attentes en

matière de confort augmentent que des climatiseurs électriques sont installés et parce qu'il y a recherche d'économie que des matériaux de construction basiques sont utilisés, même si cela doit se faire au détriment de l'efficacité énergétique et de l'environnement. Or, il est parfaitement possible d'améliorer le confort sans dépenser plus, tout en limitant notre empreinte environnementale.

L'objectif de ce livre est de concourir à la conception de maisons sûres, confortables, économiques et respectueuses de l'environnement.

Un élément-clé pour y parvenir, est de parcourir le chemin allant de la compréhension des phénomènes de base tels que le climat ou la nature de la chaleur, jusqu'à la conception de maisons spécifiques, en passant par la prise en compte de nos besoins physiologiques en matière de confort thermique, par l'intégration des solutions pertinentes inaugurées dans l'habitat traditionnel, par la manière de protéger nos maisons du rayonnement solaire puis de la chaleur de l'air extérieur, par la façon de gérer la chaleur endogène et de rafraîchir la cellule habitable, tout en nous assurant que les solutions dégagées restent économiquement viables.

Nous n'oublierons pas, chemin faisant, de mettre nos pas dans ceux de grands précurseurs comme Jean et Henri Prouvé, Victor et Aladar Olgyay, Edwin Maxwell Fry et Jane Beverly Drew, Charles-Édouard Jeanneret, Otto Königsberger, Josep Lluís Sert et Eileen Gray, puis de nous référer aux réalisations plus récentes d'architectes en prise directe avec les réalités actuelles de la construction en milieu tropical (cf. pages 281-301 et 312-315).

Un autre élément-clé est de présenter ce parcours de manière aussi simple et claire que possible. Évidemment, suivant notre niveau de connaissance dans tel ou tel domaine évoqué, nous pourrions parfois trouver la relation qui en est faite relativement basique, mais nul doute que nous nous enrichirons par ailleurs d'informations pertinentes lorsque des champs de connaissances que nous maîtrisons moins seront abordés.

Enfin, ce livre doit envisager les différents contextes rencontrés en zones tropicales (plus ou moins de chaleur, plus ou moins d'humidité, plus ou moins de vent, plus ou moins de constance météorologique).

Il appartient au final à chaque porteur de projet de s'approprier celles des situations envisagées et des solutions préconisées qui correspondent le mieux la réalité locale, là où il se trouve.

Pour y parvenir, nous devons en premier lieu comprendre certaines notions de base concernant le climat en général et le climat tropical en particulier. C'est l'objectif que nous nous proposerons de poursuivre au chapitre suivant.

