

INTRODUCTION

Nous dépendons tous de la terre, et c'est seulement en nous unissant les uns aux autres pour la sauver que nous nous sauverons tous. Dans le cas contraire, nous scellerons définitivement notre destin spirituel et physique.

Luca Giordano

Les véritables problèmes que chaque personne rencontre au quotidien, bien qu'ils diffèrent de pays à pays, ont des racines communes et des caractéristiques de fond similaires : le déséquilibre des rapports entre la société humaine et l'environnement et le déséquilibre des rapports au sein même de la société entre zones géopolitiques et groupes sociaux.

La conscience nouvelle de la rareté des ressources naturelles a fait s'évanouir l'illusion selon laquelle il est possible de fournir à l'ensemble de l'humanité un bien-être fait d'objets matériels. Il est ainsi devenu nécessaire et urgent de comprendre quelle est la part du capital naturel terrestre utilisable par la société humaine de manière durable, éthique et équitable, et de quelle façon ces conditions peuvent être garanties dans un système économique fondé sur la démocratie et le marché.

Rapport Stern – Les conséquences économiques et environnementales du changement climatique (octobre 2006)

- *« Les preuves scientifiques sont désormais écrasantes : le changement climatique présente des risques très sérieux à l'échelle de la planète et exige une réponse mondiale de toute urgence » ;*
- *Si nous agissons dès maintenant pour stabiliser les émissions de CO₂ à un niveau inférieur à 550 ppm, les coûts seront de l'ordre de 1 % du PIB mondial (environ 1000 milliards de \$) ;*
- *Ne pas agir immédiatement entraînerait une perte moyenne de 5 à 10 % du PIB mondial ;*
- *Selon la tendance actuelle, la température moyenne mondiale augmentera de 2 à 3 °C dans les 50 prochaines années ;*
- *Des centaines de millions de personnes seront touchées par les inondations dues à la montée du niveau de la mer (du fait de l'augmentation générale des températures) ;*
- *De 15 à 40 % des espèces vivantes sont menacées d'extinction avec seulement 2 °C d'augmentation ;*
- *La diminution des ressources en eau potable et des récoltes menace potentiellement la survie d'1/6 de la population mondiale.*

*Rosa Schiano-Phan
School of the Built Environment
Université de Nottingham*

Ce paradigme devrait constituer la base d'un renouveau politique, social et économique des sociétés industrialisées qui ont comme exigence de réduire leur consommation de ressources, ainsi qu'un modèle de développement pour les pays pauvres qui recherchent un plus grand bien-être.

L'émergence d'une telle exigence est entravée par l'intérêt qu'ont les politiques, les décideurs, les entrepreneurs et les leaders d'opinion à maintenir à court terme un

consensus public vis-à-vis du système culturel et économique en vigueur. Cette exigence est cependant vouée à s'imposer. Il ne s'agit pas, en fait, de rompre avec un ordre établi et de le renverser sous une forme indéfinie, mais de donner une juste priorité à des valeurs universellement reconnaissables et partagées.

Un tel engagement aurait un double objectif : prévenir d'une part les atteintes à l'environnement qui conditionnent les possibilités de développement et de diffusion du bien-être, éviter d'autre part la faillite, sans quoi inéluctable, d'un système économique fondé sur le faux postulat d'une croissance illimitée de la consommation. Ce postulat est d'ailleurs totalement à contre-courant de l'école de pensée qui souhaite l'ouverture d'un débat pour donner une orientation correcte aux mutations nécessaires du marché, en l'occurrence de l'immobilier privé, de l'administratif et du public.

« Pourquoi l'Amérique est-elle sur le déclin alors même que l'on observe une croissance de l'économie ? » Ainsi titrait il y a quelque temps la *Harvard Business Review*. La conviction suivante se répand peu à peu : continuer à utiliser le PIB comme instrument de mesure de la réussite des économies fausse non seulement la représentation de la situation économique réelle, mais ne fournit aucun élément fiable quant aux questions environnementales.

Si nous analysons l'économie allemande, il apparaît toujours plus évident que son système d'assistance dans le domaine social, de la santé et des retraites, la masse des subventions directes ou occultes et, d'une manière générale, le budget public, ne peuvent plus être financés comme ils l'ont été jusqu'à présent. Si l'on fait une comparaison au niveau international, le coût du travail y est par ailleurs parmi les plus élevés.

L'intensité de transport de nombreux produits présents sur le marché allemand a augmenté de manière démesurée.

Le système éducatif n'est pas en mesure de répondre aux défis actuels, même s'il compte parmi les plus lourdes dépenses du budget national. Les consommations touristiques sont toujours plus dispendieuses et contribuent à l'apparition de conséquences néfastes à l'échelle mondiale, sans parler du chômage, problème que l'on ne peut plus envisager contrer par la seule « croissance économique ».

Nul ne doit s'étonner enfin que les gouvernements nationaux soient désormais dans l'impossibilité d'exercer le contrôle nécessaire sur les milliers de milliards de dollars qui transitent chaque jour dans le cadre des échanges financiers internationaux. Pour toutes ces raisons, la confiance des gens dans l'économie, la politique et les institutions s'érode sans cesse.

Mais qu'en est-il dans le domaine de la haute finance où sont abordés tous ces problèmes ? Où sont les recherches scientifiques permettant de trouver des solutions ? Et quelles suggestions les économistes formulent-ils pour ramener sous contrôle une situation si instable ? Pour poser l'avenir de la société humaine sur un socle plus crédible, le moment n'est-il pas venu de procéder à des interventions fortes mais non destructrices, souples et transparentes, et orientées sur une voie sûre ? N'oublions pas non plus que, depuis des décennies, nous détruisons avec le plus grand raffinement technologique des écosystèmes naturels à la base de toute forme de vie. Si l'on analyse la situation des économies occidentales, il semble alors absurde que les experts en politique et en économie se refusent à écouter

sérieusement les préoccupations visant à modifier le système économique et protéger le vivant pour les générations futures.

Le concept, dans l'économie des pays industrialisés, consistant à améliorer l'efficacité d'utilisation des ressources d'un facteur 10 – théorie émise par le Professeur Friedrich Schmidt-Bleek, développée ensuite par Friedrich Hinterberger, Fred Luks et Marcus Stewen dans l'ouvrage *Économie, écologie politique* – s'il est simple et captivant, n'en demeure pas moins déterminant pour faire un premier pas dans une nouvelle direction et instaurer une politique économique et écologique favorable à un réel développement durable (c'est-à-dire un développement qui tienne compte des externalités négatives et qui, de fait, devienne durable).

Les plus graves menaces qui pèsent sur l'environnement ont déjà été amplement décrites et, d'une façon ou d'une autre, font désormais partie de la conscience collective. La publication en 1987 par la Commission mondiale pour l'environnement de l'ouvrage *Our Common Future* ainsi que ses développements (également connus comme *Rapport Bruntland*) et la Conférence de Rio de 1992, ont marqué les débuts de cette prise de conscience. Ces deux premiers événements ont ainsi permis d'ouvrir le débat sur le concept de durabilité et de développer des systèmes conceptuels visant à réduire de manière significative l'impact des activités humaines sur les processus naturels.

Tout prélèvement de ressources naturelles conduit à une altération des systèmes écologiques. Il est donc indispensable de réduire de manière drastique la quantité de matériaux transformés par les activités économiques.

Tous les matériaux utilisés par le système économique et social étant rejetés dans l'environnement, moins on introduit de matériaux dans le cycle économique, plus on se rapproche de la durabilité.

La conscience selon laquelle la consommation excessive de ressources de nos économies constitue un problème écologique urgent gagne du terrain dans le monde entier. En Autriche, le Plan national pour l'environnement prévoit d'engager une réduction du flux de matériaux d'un facteur 10. Des objectifs similaires ont été fixés aux Pays-Bas, au Canada et même, récemment, aux États-Unis. Pour beaucoup, cependant, de tels objectifs sont irréalisables : voilà pour la mauvaise nouvelle. La bonne nouvelle est qu'une réduction de cette ampleur dans l'intensité d'utilisation des matériaux est, du moins en théorie, possible. En témoignent des études comme *The fossil Makers* de Friedrich Schmidt-Bleek, *Taking Nature into Account* de Wouter van Dieren et *Facteur 4* de Amory et Hunter Lovins et Ernst Ulrich von Weizsacker.

Les arguments écologiques et biophysiques de ces nouvelles approches ne seront naturellement pas abordés dans ce volume, qui traitera de manière approfondie de maisons et de modes de construction bio-écologiques. Ces arguments serviront en revanche de base à des réflexions futures sur l'application des principes d'une politique économique écologique au domaine socio-économique.

Pour relever le défi de la conception de politiques économiques écologiques (sur le fil entre éco-dictature et désastre environnemental) et celui dans le domaine de l'environnement construit (sur le fil entre l'approche spéculative de certains entrepreneurs privée de la moindre éthique et celle de la doctrine scientifique intégriste appliquée de manière rigide), nous devons rester à bonne distance des abysses inconnus et des récifs, par une navigation très attentive, tel Ulysse dans la

métaphore épique de Charybde et Scylla (légende homérique qui raconte les aventures d'Ulysse en proie à de terribles dangers dans la traversée du détroit séparant l'Italie de la Sicile. Son bateau est attaqué par Scylla, un monstre marin à douze tentacules et six bouches, et Charybde, un puissant tourbillon qui avale trois fois par jour les navires, ne recrachant que des épaves). L'objectif de cet ouvrage ne saurait être de dresser une carte détaillée. Il vise plutôt à orienter l'expérience et l'exercice de la navigation, à structurer des lignes directrices et des stratégies de sorte que nous puissions voyager de manière sûre d'un point de vue socio-environnemental et économique.

Pour comprendre les interactions complexes de « cause à effet » entre la question environnementale-énergétique et l'architecture, il faut commencer par le commencement et approfondir des thèmes qui, de prime abord, pourraient ne pas sembler liés avec le sujet principal.

Cet exercice présente de nombreuses ramifications et une certaine complexité. Nous nous attacherons cependant, chapitre après chapitre, à saisir ensemble le fil conducteur reliant les thèmes présentés qui, une fois partagés et appliqués, pourraient contribuer à garantir à l'environnement construit existant et aux générations futures un avenir durable et transparent.

Pour ce faire, nous traiterons tout d'abord, dans une optique qui entend mêler vulgarisation et précision, de :

Chapitre 1 – *L'approche bio-écologique en architecture, questions et réponses*

Chapitre 2 – *Le PIB et les instruments alternatifs*

Chapitre 3 – *L'empreinte écologique et notre consommation constante de ressources naturelles renouvelables et non renouvelables*

Chapitre 4 – *L'ère industrielle en Inde et en Chine et la hausse du coût des matières premières*

Chapitre 5 – *Les émissions de CO₂ dans l'atmosphère et les changements climatiques*

Chapitre 6 – *Les externalités négatives dans l'économie*

Chapitre 7 – *L'énergie « grise » inhérente à tout traitement ou transport de matières premières destinées, par exemple, au bâtiment*

Chapitre 8 – *Thèses de bio-architecture : Une rénovation durable énergétiquement et bio-écologique dans le bâtiment – analyse du cycle de vie des matériaux de construction de l'élément opaque vertical par rapport à une approche conventionnelle*

Chapitre 8b – *La transpiration et les analyses scientifiques liées à la santé dans l'environnement construit du Dr. Von Pettenkofer*

Chapitre 8c – *La certification « MINERGIE Elvetica » et la ventilation « douce » contrôlée*

Chapitre 9 – *Lois financières 2007 et 2008 et exemple de déduction concrète dans une intervention de rénovation avec agrandissement*

Chapitre 10 – *Flore à la Collina D'Oro B&B (Bigogno d'Agra), bioclimatique de la tradition*

Chapitre 11 – *Les énergies renouvelables appliquées à l'environnement construit pour chauffer et rafraîchir l'habitation*

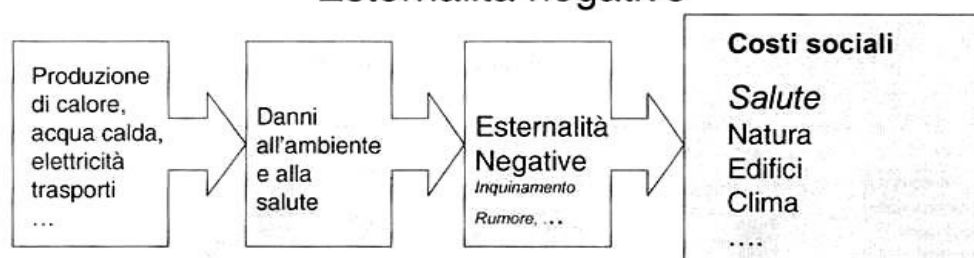
L'approfondissement de ces thèmes nous permettra de comprendre, comme nous l'avons déjà évoqué, le lien reliant des concepts qui font de l'approche exposée dans la thèse (cf. chapitre 8) une sorte de ligne directrice dans le choix des matériaux pour la rénovation de bâtiments mais aussi pour de nouvelles constructions.

Pour ce faire, il convient tout d'abord de comprendre en quoi consiste la bio-architecture, ou construction bio-écologique, sachant que son principal objectif est de permettre à l'être humain de dialoguer avec l'environnement de manière harmonieuse.

C'est d'ailleurs grâce à l'indicateur monétaire « PIB » que nous pouvons mettre en place la première pièce de notre puzzle. En effet, de nombreuses recherches universitaires (je citerai à titre d'exemple celle produite lors d'un cours d'économie de l'environnement dans le cadre du Master de tourisme international à l'Université de la Suisse italienne, dirigé par le Professeur Massimo Filippini et ses assistants Banfi, Lunati et Gaffurini, concernant la rénovation du centre hôtelier et de la Fondation du Monte Verità d'Ascona) ont démontré que l'analyse économique de rénovation d'un édifice néglige la valorisation et l'évaluation en termes monétaires de la valeur ajoutée environnementale et durable, alors qu'une approche de construction bio-écologique permettrait d'intégrer ces données au projet !

La principale raison à cela tient au fait que le système économique conventionnel, qui régit et dirige le marché depuis 1929, considère ces facteurs comme secondaires et sans incidence, les qualifiant d' « externalités négatives ».

Esternalità negative



Externalités négatives

*Production de chaleur, eau
chaude, électricité,
transports, etc.*

*Atteintes à l'environnement
et à la santé*

*Externalités négatives
Pollution, bruit, etc.*

*Coûts sociaux
Santé
Nature
Édifices
Climat
Etc.*

Externalité négative : un dommage créé par un sujet à un autre sans aucune compensation monétaire

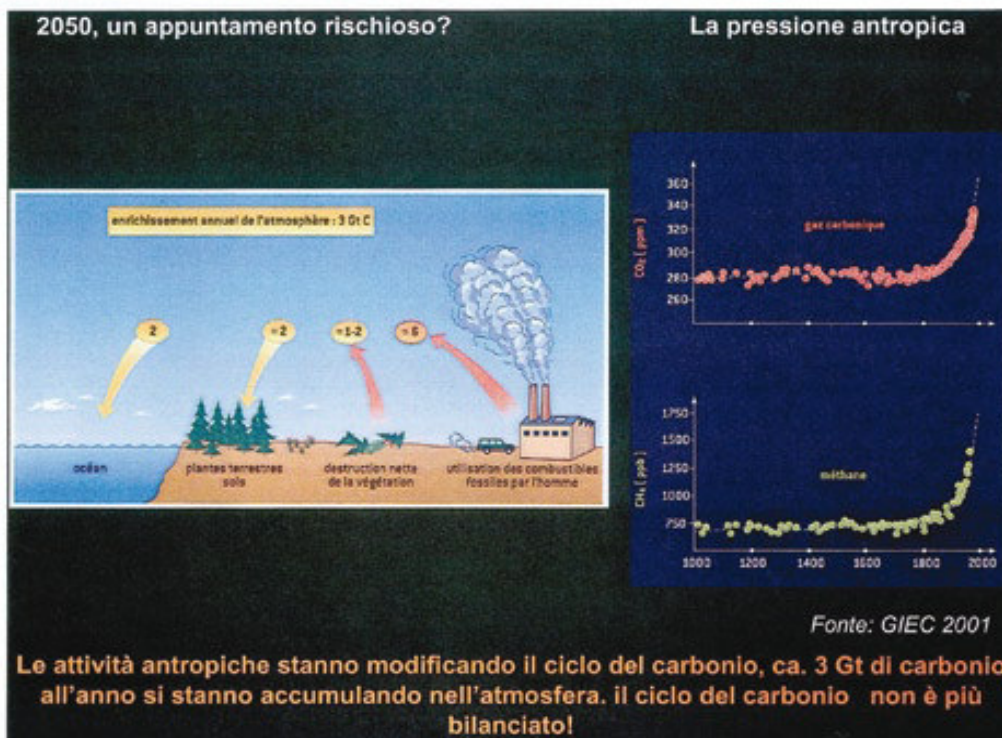
Dans le prix des différents services, comme les transports et le chauffage, les coûts environnementaux et sociaux ne sont pas pris en compte, ce qui crée de fait des prix « dopés », trompeurs. Le principe du « pollueur-payeur » n'est pas appliqué, vouant ainsi le système économique mondial et le marché à une faillite prochaine. C'est quasiment mathématique, l'enchaînement de cause à effet se traduit à l'échelle mondiale par des conditions climatiques extrêmes et des changements météorologiques soudains, de graves altérations de la biodiversité, la hausse de la température terrestre moyenne, la montée du niveau des mers, la fonte des glaciers, etc. et à l'échelle locale par une aggravation de la santé de l'homme, une augmentation de la présence de particules fines, etc.

La situation est claire, et il importe peu que l'augmentation du niveau de CO₂ dans l'atmosphère soit due en tout ou en partie seulement aux activités humaines.

Cette figure permet de saisir le problème de fond, à savoir que le cycle du carbone n'est plus équilibré du fait de l'augmentation constante et incessante des émissions de « gaz à effet de serre » dérivant des activités humaines, qui contribuent de façon déterminante, et – grâce à la contribution du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, prix Nobel – désormais indéniable, à la hausse de la température terrestre moyenne et aux altérations de la biodiversité qui en découlent.

Pour soutenir cette thèse, je rapporterai les conclusions de la Banque mondiale qui, en 2006, a publié son *Petit Livre vert de l'environnement*. Présenté à New-York lors de la quatorzième session de la Commission de l'ONU sur le développement durable, il a mis en évidence une augmentation de 15 % des émissions de gaz carbonique entre 1992 et 2002.

Si les principales augmentations proviennent clairement de la Chine et de l'Inde (marchés industriels émergents), les Pays les plus industrialisés et les États-Unis n'en restent pas moins les premiers émetteurs.



2050, un rendez-vous à risque ?

La pression anthropique

Source : GIEC 2001

Les activités anthropiques modifient le cycle du carbone, avec env. 3 Gt de carbone qui s'accumulent chaque année dans l'atmosphère. L'équilibre du cycle du carbone est rompu !

En effet, selon le *Livre vert*, les émissions de CO₂ ont atteint 24 milliards de tonnes en 2002, soit une augmentation annuelle moyenne d'1,5 %.

Dix années ont passé depuis la signature du protocole de Kyoto, auquel plus de 160 pays ont adhéré, parmi lesquels l'Italie et la Suisse. L'heure des premiers bilans a sonné. L'objectif déclaré était alors clair : les émissions de gaz à effet de serre devraient avoir été considérablement réduites d'ici 2012. Si l'on prend le cas de l'Italie, données en main, les résultats sont encore bien loin des lignes directrices définies. Depuis 2008, des contrôles sont régulièrement effectués et l'Italie, comme beaucoup d'autres pays, encourt de lourdes sanctions. L'analyse de l'année 2006 fait ressortir une émission de CO₂ équivalente à 88,4 millions de tonnes en plus par rapport aux niveaux prévus par les paramètres de Kyoto. Si la commission en charge des contrôles décidait d'appliquer des pénalités financières, le montant à payer s'élèverait à environ 2,6 milliards d'euros (montant calculé grossièrement en multipliant par 30 euros les tonnes excédentaires).

En simplifiant et en choisissant d'affecter les parts aux familles italiennes, nous arrivons à un montant d'environ 150 euros entre taxes et factures.

Cette dernière donnée, à savoir une augmentation des émissions d'1,5 % par an, nous permet d'analyser la prochaine figure. Elle a été élaborée à partir d'un module du cours *Energy management* de la SUPSI (École universitaire professionnelle de la Suisse italienne) de Trevano-Lugano, et se réfère à différents scénarios de modélisation possibles.

Comme nous pouvons le remarquer, nous nous situons, avec une augmentation d'1,5 % de CO₂ par an, entre la courbe A1 et la courbe A2, avec à l'horizon 2050 un doublement de la concentration de CO₂ par rapport à l'ère pré-industrielle. Selon la majorité des experts et des chercheurs accrédités, à ce scénario correspondrait un enchaînement drastique et irréversible de changements climatiques, principalement causés par une augmentation de la température terrestre moyenne supérieure à 2°C. 2°C, telle est d'ailleurs la limite au-delà de laquelle quelques-uns des principaux écosystèmes commencent à s'effondrer : après avoir absorbé jusque là le dioxyde de carbone, ils commencent à le rejeter. Autrement dit, au-delà de cette limite, les changements climatiques échappent à notre contrôle et commencent à s'accélérer sans notre contribution.

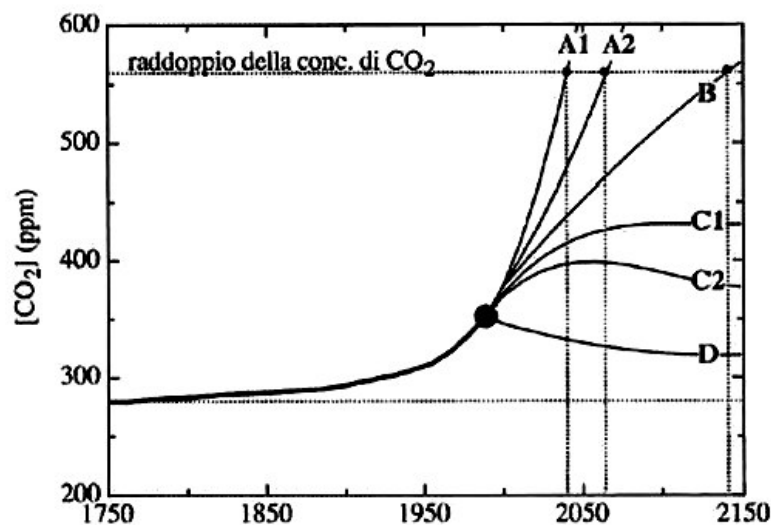


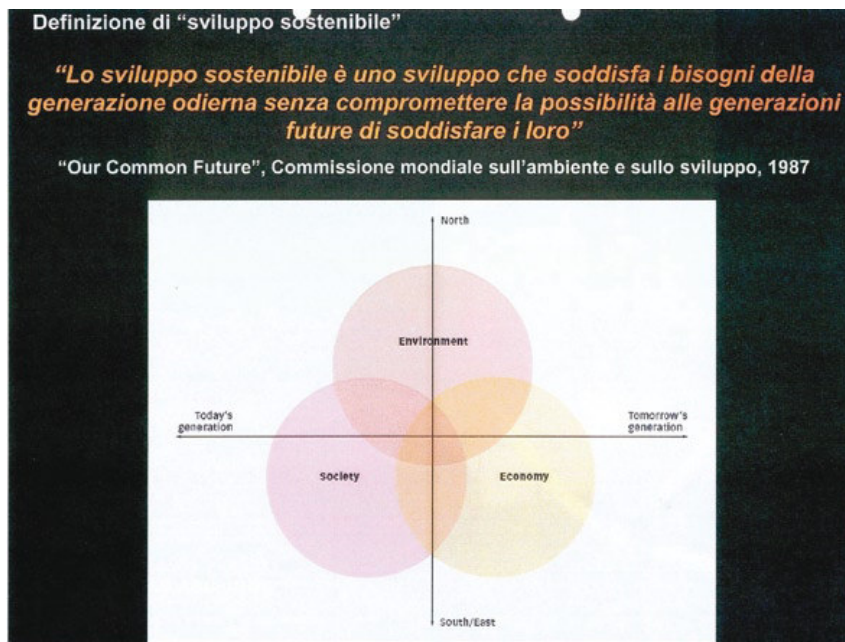
FIG. 14 Previsioni future delle concentrazioni di CO₂ per 6 scenari diversi: crescita annua delle emissioni del 2% (A1), crescita annua delle emissioni del 1% (A2), emissioni congelate al livello del 1990 (B), riduzione annua delle emissioni del 1% (C1), riduzione annua delle emissioni del 2% (C2) e emissioni zero (D).

doublement de la conc. de CO₂
[CO₂] (ppm)

FIG. 14
Prévisions futures des concentrations de CO₂ pour 6 scénarios différents : croissance annuelle des émissions de 2 % (A1), croissance annuelle des émissions de 1 % (A2), émissions gelées au niveau de 1990 (B), réduction annuelle des émissions de 1 % (C1), réduction annuelle des émissions de 2 % (C2) et émissions zéro (D).

À la lumière de ces données, une question se pose : que pouvons-nous faire, nous autres architectes, entrepreneurs, commerçants et maîtres d'œuvre pour trouver le bon cap ?

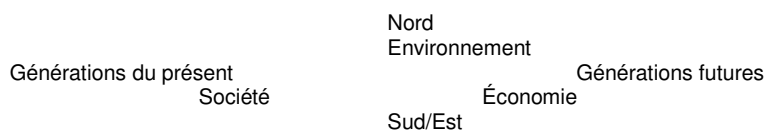
Il ne fait aucun doute qu'il est nécessaire de parler de **véritable** développement durable. Le développement durable est un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs (*Our Common Future*, Commission mondiale sur l'environnement et le développement, 1987).



Définition de « développement durable »

« Le développement durable est un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs »

Our Common Future, Commission mondiale sur l'environnement et le développement, 1987



Pour reprendre des paroles moins actuelles, nous pouvons aussi résumer le problème en paraphrasant J. F. Kennedy :

« Our problems are manmade, therefore they can be solved by man. For, in the final analysis, our most basic common link is that: we all inhabit this small planet, we all breathe the same air, we all cherish our children's future » (« Nos problèmes sont causés par l'homme, ils peuvent donc être résolus par l'homme. Car, en dernière analyse, notre lien le plus élémentaire et le plus commun est que nous habitons tous cette petite planète, respirons le même air, nous soucions du futur de nos enfants »). (*J.F. Kennedy, Commencement Address at American University Washington D.C.* – discours prononcé à l'université de Washington le 10 juin 1963).

Et pour les plus romantiques :

« Nous n'héritons pas de la terre de nos ancêtres, nous l'empruntons à nos enfants. » (*Antoine de St. Exupéry*)

De manière plus pragmatique et en nous concentrant sur l'environnement construit, les mesures potentielles à appliquer simultanément et systématiquement se résument à :

- **ÊTRE CONSCIENT DE NOS GASPILLAGES D'ÉNERGIE QUOTIDIENS**
- **APPLIQUER DES TECHNIQUES DE CONCEPTION BIO-ÉCOLOGIQUES**
- **ISOLER LA MAISON DE MANIÈRE EFFICACE**
- **UTILISER DES MATÉRIAUX TRANSPIRANTS ET À FAIBLE CONTENU D'ÉNERGIE GRISE**
- **UTILISER LES ÉNERGIES RENOUVELABLES**

Chaque kilowattheure d'énergie non consommé équivaut, selon toute évidence, à un kilowattheure d'énergie épargné pour l'économie et l'environnement. Il apparaît opportun de s'arrêter sur la prochaine figure, qui nous permet de comprendre à quel point nous en sommes et jusqu'où nous devons arriver pour contribuer, en architecture, à désamorcer la principale menace du nouveau millénaire, c'est-à-dire la compatibilité homme-environnement.

Cette figure nous permet en effet de comprendre qu'en architecture, la principale contribution que nous pouvons apporter est d'améliorer l'isolation des constructions. Dans la dernière colonne de droite, nous pouvons voir l'indice énergétique d'une maison « passive » construite selon les derniers critères européens d'économie énergétique, qui permet d'atteindre 15 kWh/m² annuels. Pour parler simplement, cela signifie qu'une maison construite selon ces critères consomme tout au plus 1,5 litre équivalent mazout (unité de mesure empirique créée pour fournir une norme de comparaison pour le client final). C'est donc une maison qui consomme et pollue dix fois moins par rapport à une maison construite avant 1990.



IE	200	140	110	85	70	50	30	15
	prima 1990	dopo 1990	legge 10: vecchi cd	legge 10: nuovi cd	CasaClima C basso consumo	CasaClima B	CasaClima A	Casa passiva
Gasolio litri	20	14	11	8,5	7	5	3	1,5
Metano m ³	20,4	14,3	11,2	8,7	7,1	5,1	3,1	1,5
Pellets kg	40,8	28,6	22,5	17,4	14,3	10,2	6,1	3,1
Legna kg	47,6	33,3	26,2	20,2	16,7	11,9	7,1	3,6

Indice énergétique en kWh/m² annuels

	Avant 1990	Après 1990	Loi 10 : anciens cd	Loi 10 : nouveaux cd	CasaClima C basse consommation	CasaClima B	CasaClimaA	Maison passive
Fioul (litres)								
Méthane (m ³)								
Pellets (kg)								
Bois (kg)								

Voilà à n'en pas douter un objectif d'une grande importance, mais ce n'est pas en travaillant sur de nouvelles constructions que la situation actuelle s'en trouvera véritablement améliorée. Tout au plus permettrons nous d'éviter qu'elle ne se dégrade.

Il est en revanche nécessaire et souhaitable de faire porter le plus rapidement possible nos efforts sur l'assainissement énergétique du patrimoine construit, à savoir la majorité des édifices existants. C'est seulement ainsi que nous pourrons réellement contribuer, en architecture, à lutter contre les changements climatiques.

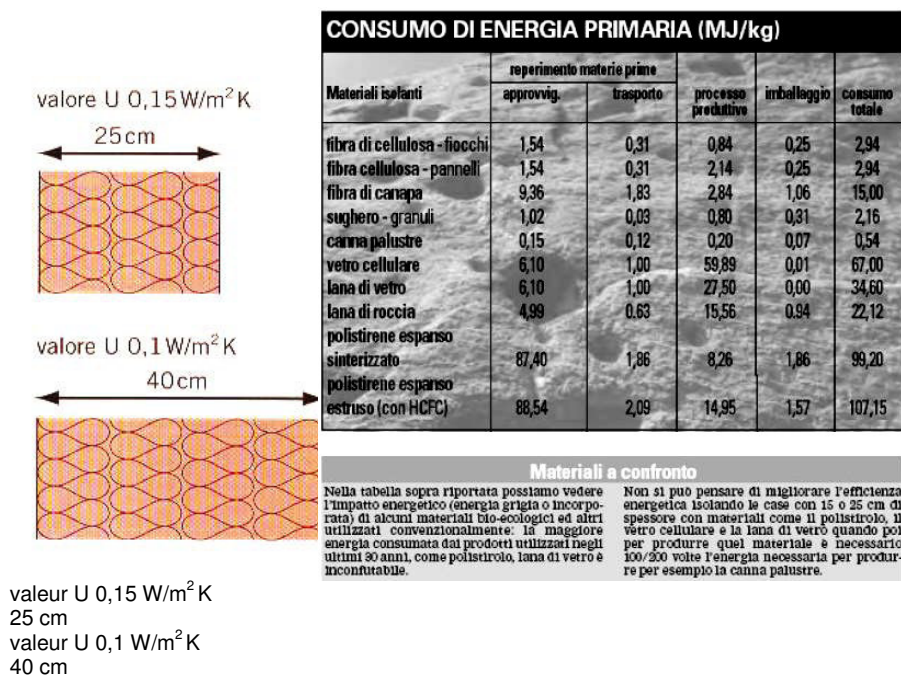
Rappelons que le problème n'est pas seulement d'ordre environnemental, il est aussi économique si l'on considère l'augmentation soudaine du prix du pétrole et de ses dérivés ainsi que le subtil mécanisme qui modifie les dynamiques commerciales.

C'est pourquoi il devient important d'intervenir sur tous les fronts en recourant également aux énergies renouvelables et aux techniques bio-écologiques comme la bioclimatique, associées à une utilisation rationnelle de l'énergie et à une bonne isolation des constructions.

En nous rapprochant toujours plus du thème de l'ouvrage, il importe de bien reconnaître la possible erreur qui se cache derrière un changement de cap. Pour atteindre de fait l'indice énergétique d'une « maison passive », il faut isoler la construction (par souci de commodité, nous prendrons l'exemple de l'extérieur du mur périphérique) avec 40 cm d'isolant et une densité moyenne comprise entre 30 et 100 kg/m³.

Si nous considérons qu'un m³ d'isolant en polystyrène d'une épaisseur de 40 cm peut peser jusqu'à 25 kg et qu'une maison particulière moyenne peut nécessiter jusqu'à 350 m² de mur périphérique, nous réalisons rapidement, grâce au tableau ci-

dessus, la quantité d'énergie fossile consommée pour un tel matériau de construction. Cette question sera abordée plus en détail dans les chapitres correspondants. Il convient par ailleurs de remarquer que ces matériaux, lorsqu'ils sont associés à des revêtements externes de peinture acrylique et des enduits ou des murs en béton armé, rendent bien souvent la maison hermétique, la privant de la plus élémentaire respiration (cf. chapitre 8b) et des bénéfices de l'effet hygroscopique, qui permettrait à l'enveloppe de l'habitation d'atténuer tous les problèmes liés à la condensation, aux moisissures, aux champignons, etc. Nous approfondirons aussi le thème du renouvellement de l'air minimum et le fait que certains courants de pensée, moins portés sur la technique que sur la bio-écologie, font remarquer que, dans des climats modérés et chauds (comme la Suisse du sud



Matériaux isolants	Fourniture matières premières		Processus de production	Emballage	Consommation totale
	Approvisionnement	Transport			
Fibre de cellulose – flocons					
Fibre de cellulose – panneaux					
Fibre de chanvre					
Liège – granulés					
Roseau					
Verre cellulaire					
Laine de verre					
Laine de roche					
Polystyrène expansé sinterisé					
Polystyrène expansé extrudé (avec HCFC)					

Comparatif des matériaux

Dans le tableau ci-dessus, nous pouvons constater l'impact énergétique (énergie grise) de certains matériaux bio-écologiques et d'autres matériaux conventionnels : il ressort de manière indéniable que les matériaux utilisés dans les 30 dernières années, comme le polystyrène ou la laine de verre, consomment une plus grande quantité d'énergie. On ne peut envisager améliorer l'efficacité énergétique en isolant les maisons avec 15 ou 25 cm d'épaisseurs de matériaux comme le polystyrène, le verre cellulaire et la laine de verre, alors que, pour produire ces matériaux, de 100 à 200 fois plus d'énergie que pour le roseau est nécessaire.

et l'Italie), un simple renouvellement d'air (trois fois par jour pendant 5 à 10 minutes) en ouvrant toutes les fenêtres en même temps, permettrait un juste renouvellement d'air avec un gaspillage énergétique minime.

À l'inverse, d'autres courants de pensée, uniquement préoccupés par l'efficacité énergétique de l'enveloppe, voient dans le renouvellement d'air forcé le remède à tous les maux. Ils préconisent ainsi bien souvent d'installer une petite centrale de

traitement de l'air avec moult filtres, ventilateurs, moteurs électriques et récupérateurs de chaleur. De multiples implications en découlent, et nous nous attacherons à fournir une clé au lecteur attentif, de sorte qu'il puisse se faire une idée personnelle grâce à son bon sens et son libre arbitre.

Commencent ainsi à se dessiner les objectifs de cet ouvrage et de la thèse universitaire portant sur un cas d'étude.

En l'espèce, un édifice du XX^{ème} siècle est rénové d'après un projet et une direction des travaux par mes soins, et, comme toujours pour les projets qui me sont confiés, une approche d'architecture bio-écologique est choisie. Une fois analysés la structure et le caractère vernaculaire de l'édifice, il est décidé d'isoler l'intérieur des murs périphériques avec du roseau et d'appliquer par-dessus, toujours à l'intérieur (dans ce cas, il n'est pas possible de le faire à l'extérieur), un enduit de terre crue (argile). À l'extérieur, pour atténuer les ponts thermiques, un enduit thermo-isolant est appliqué, composé de chaux pure naturelle NHL 5.0 avec minéraux expansés. C'est à ce moment-là que je me suis posé la question que tout maître d'œuvre doit se poser lors de travaux de rénovation : en fin de compte, en prenant en considération chaque aspect de manière réaliste, éthique et déontologique, cette approche coûtera-t-elle plus ou moins cher qu'une approche conventionnelle mêlant polystyrène, béton et revêtements de peintures plastiques ?

Eh bien oui, c'est encore le système économique qui décide. Si l'on poursuit l'analyse préliminaire, dont le but est de permettre au lecteur de s'orienter et de s'approprier les objectifs de cet ouvrage, il convient de souligner que le tableau ci-dessus à droite prend uniquement en compte l'énergie consommée pendant une partie du cycle de vie du matériau. Comme nous l'avons déjà dit – nous en reparlerons d'ailleurs plus avant en détail –, le marché et l'économie négligent certains facteurs (les coûts environnementaux et sociaux) et ne sont donc pas en mesure d'analyser complètement la question.

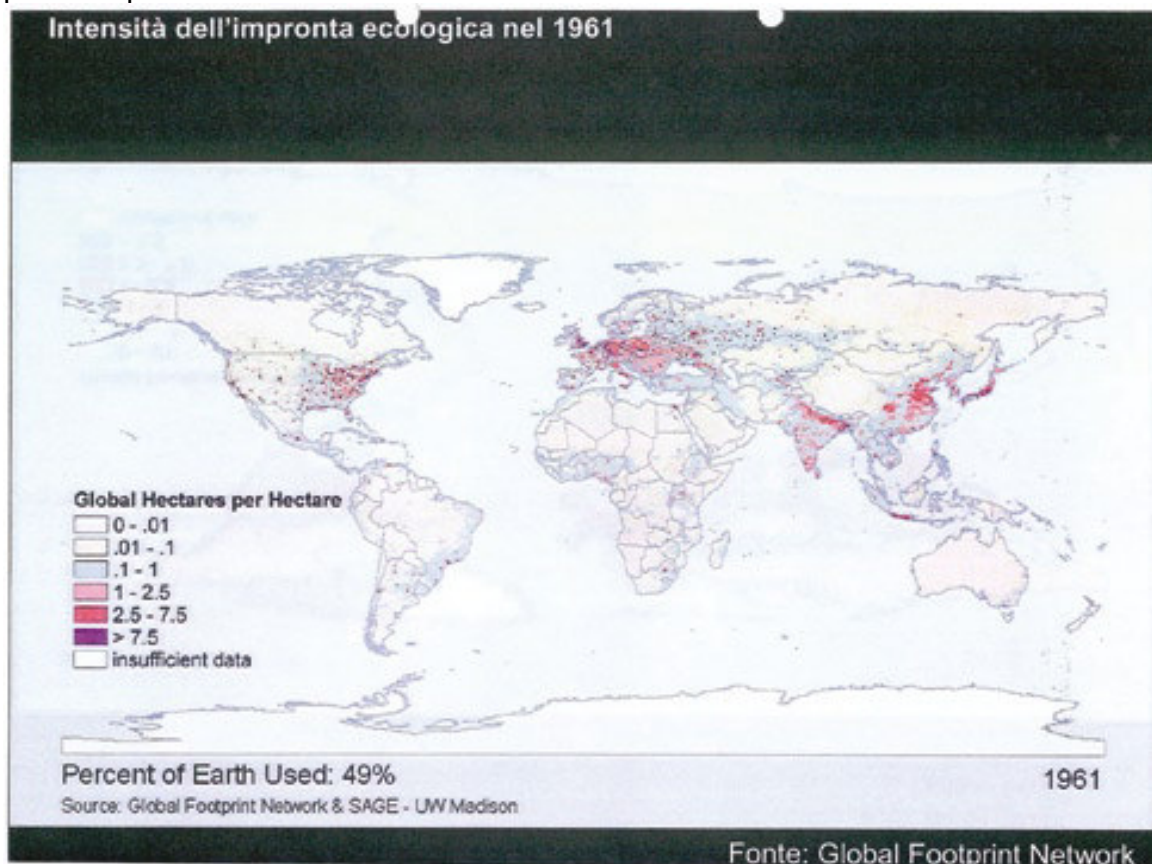
L'aspect fondamental est qu'il nous faut changer de mentalité, nous-mêmes comme le marché. Le PIB ne peut être considéré comme un indicateur de richesse actuel et constructif, non pas que l'on veuille stigmatiser le travail d'autrui, mais uniquement parce qu'il ne mesure pas complètement la richesse et n'évalue qu'une partie de son aspect matériel (cf. approfondissements dans les différents chapitres). Voici alors poindre la nécessité de disposer d'autres indicateurs, comme l'empreinte écologique, qui permettent au marché de s'orienter naturellement dans un sens équitable, éthique et véritablement durable.

L'empreinte écologique est une mesure de la quantité de terrain productif et d'eau nécessaires à chaque individu, à une ville, un pays ou à toute l'humanité pour produire l'ensemble des ressources consommées et absorber tous les déchets produits à l'aide des technologies les plus répandues. L'empreinte écologique se mesure, pour chaque hectare d'un territoire donné, en hectares nécessaires à l'échelle mondiale.

Sur la figure de la page ci-contre, en haut, nous pouvons voir l'intensité de l'empreinte écologique mondiale en 1961. L'humanité consommait à l'époque environ 49 % des ressources mondiales, contre 121 % en 2001. Avec la course effrénée à l'industrialisation de la Chine et de l'Inde, nous vous laissons imaginer où nous en serons en 2020.

Mais arrêtons-nous un instant sur le cas de la Chine : de nombreuses recherches ont fait ressortir que plus de la moitié de la croissance de son PIB est annulée par les coûts environnementaux. Nous devons en tirer les leçons et faire des choix

différents. Il importe surtout de faire en sorte que les Pays émergents n'augmentent pas leur productivité



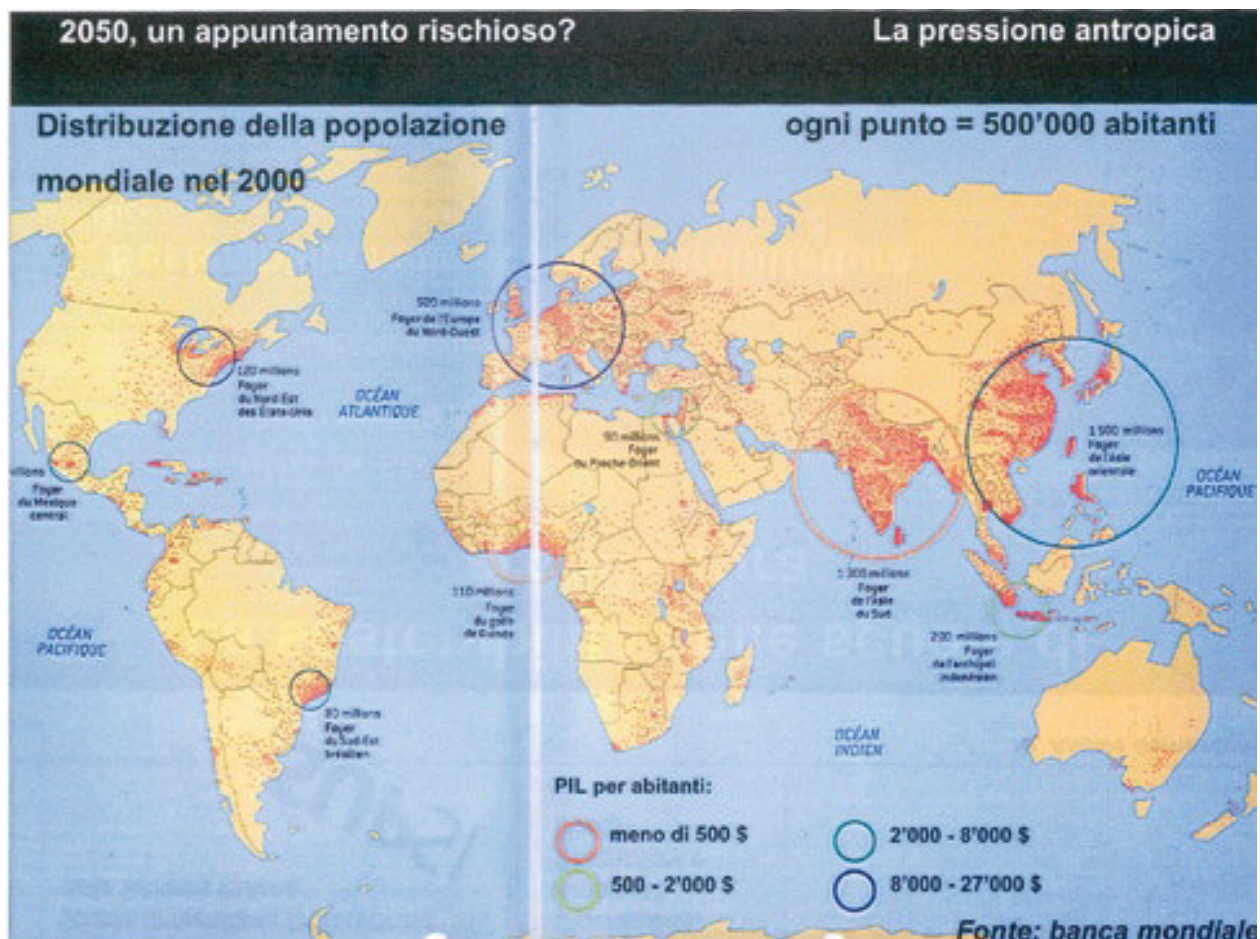
Intensité de l'empreinte écologique en 1961
Source : *Global Footprint Network*

au-delà du nécessaire, et que cela soit bio-écologiquement et socialement compatible. Pour revenir à la Chine, un éventuel changement de cap pourrait être mis en œuvre en peu de temps, étant donné la grande liberté d'action de son gouvernement. Et, grâce à la présence de personnel spécialisé, des mesures efficaces pourraient être prises.

Vu la multiplicité des interactions de cause à effet, il est évident que nous ne pourrions toutes les traiter dans ce volume.

Pour vous permettre cependant de mieux cerner la question, analysons ensemble la prochaine figure.

Elle montre la pression anthropique en fonction du PIB national.



2050, un rendez-vous à risque ?

La pression anthropique

Répartition de la population mondiale en 2000 un point = 500 000 habitants

PIB par habitant :
 moins de 500 \$ 2000 - 8000 \$
 500 - 2000 \$ 8000 - 27 000 \$
 Source : Banque mondiale

Comme vous le noterez, à chaque point rouge correspond 500 000 habitants. Si nous considérons que la pollution générée jusqu'à présent dérive de l'industrialisation des pays occidentaux (cercles bleus de 8000 à 27 000 dollars par personne), essayez d'imaginer ce qu'il adviendra lorsque chaque Chinois et chaque Indien voudront, comme nous autres Européens avant eux, boire un verre de lait le matin, manger de la viande à midi, acheter un téléphone portable et une voiture et se chauffer en hiver.

Les conséquences sont évidentes : le prix du pétrole et du gaz méthane continuera à grimper, celui des matières premières montera en flèche (en commençant par les biens de première nécessité pour arriver aux matériaux de construction ; pensez à ce propos que, lors des deux dernières années, le prix de l'acier a augmenté de 30 à 50 %), la pénurie d'énergie entraînera la construction de nouvelles centrales nucléaires (il faut espérer que la fusion, ou du moins la fission de nouvelle génération, ait entre-temps été mise au point), les nations les moins nanties utiliseront à nouveau le fioul lourd, le charbon, heureusement associés aux énergies renouvelables comme le solaire photovoltaïque, le solaire thermodynamique, la géothermie à haute enthalpie, la géothermie *hot dry rock*, l'éolien, l'exploitation des marées, la biomasse, l'hydrogène issu de l'électrolyse avec cellules à combustible, etc.

Toutes les questions analysées au préalable nous permettent de nous concentrer sur les objectifs de ce volume, en particulier celui consistant à recueillir les interactions (cause à effet) qui, si elles sont partagées d'un commun accord, permettront au bâtiment et à l'architecture d'apporter leur écot à la lutte contre les changements climatiques.

Voilà la raison de cet ouvrage, qui entend transmettre les expériences, technico-académiques pratiques, de projet et de laboratoire, qui sont le fruit de quinze années d'expérience professionnelle et de collaborations transversales entre maîtres d'ouvrage, collègues techniciens, associations voisines comme l'ANAB et l'INBAR, organismes institutionnels et académiques comme l'École Polytechnique de Milan (dont le siège se trouve à Lecco), et la SACERT, organisme certifié dirigé par mon éminent collègue Dall'O.