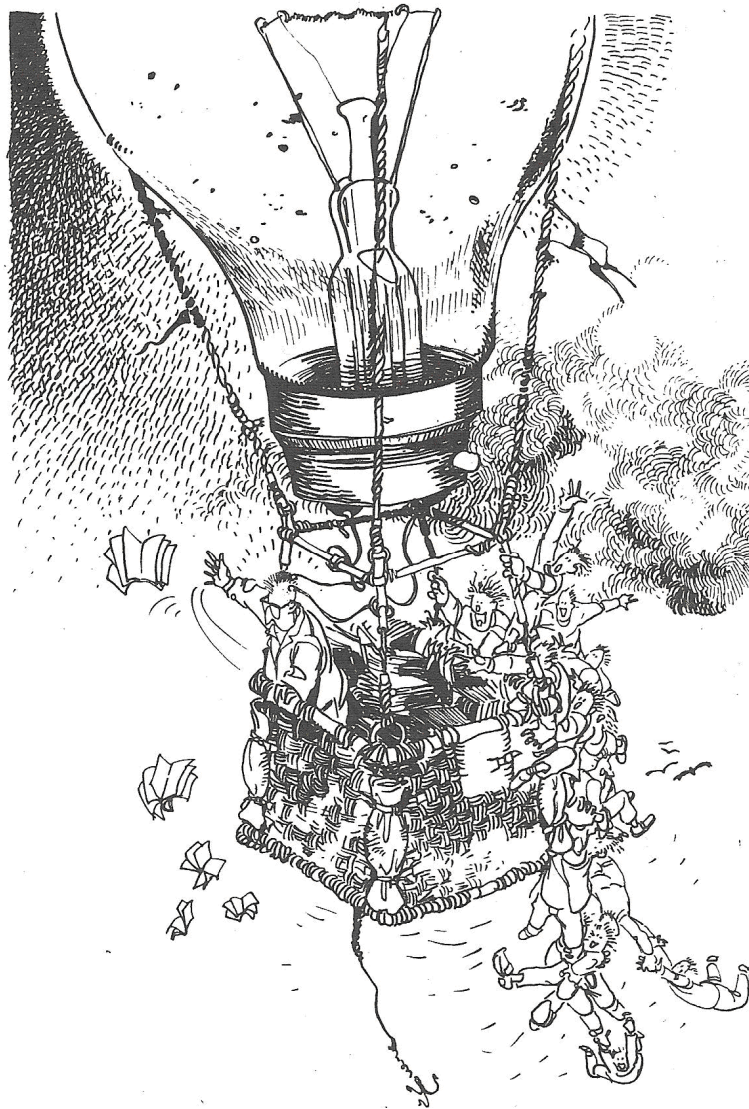


**Fondements théoriques et approches pratiques de l'architecture
environnementale.**

Essai.

Mémoire préparé sous la direction de Monsieur le Professeur Barthélémy Jobert
en vue d'obtenir le Master 2 « Histoire de l'Art et Archéologie »,
mention architecture contemporaine.



« ... Où l'on voit la grappe humaine d'écolos prenant en marche la montgolfière des idées nouvelles dans son inexorable ascension vers des sphères toujours plus élevées. La science (personnifiée) emmenant cette bande de joyeux drilles, dispense son savoir en jetant aux populations enthousiastes tout plein de catalogue n°4 »

Page de titre :

Pierre Shasmoukine.

1983.

H : 100 – L : 300. Toile.

Collection privée de l'auteur.

Extrait du *Catalogue des ressources n°4*.

La légende accompagnant l'œuvre est proposée par l'artiste lui-même.

Remerciements.

Il est difficile de compter ce que chacun aura apporté à ce travail, alors que ceux qui liront ces pages soient remercié à la hauteur de la contribution qu'ils sauront y avoir apportée...

Romain Remaud.
romainremaud@hotmail.com

FAISONS VITE, ÇA CHAUFFE !

I.) Bases et cadres d'une architecture idéale.

I.I.) Les premières années, de 1970 à 1982.

I.I.I.) L'architecture organique, possible début ?	
<u>I.I.I.I.) Questions de définition.</u>	12
<u>I.I.I.II) L'Architecture Vitaliste, 1950-1980.</u>	
I.I.I.II.I.) Sur la piste du paradis.	16
I.I.I.II.II.) « Mécaniques vivantes.	18
La Spirale.	20
Le méandre.	20
L'explosion.	20
Les branchements.	21
... Et les autres structures organiques.	21
I.I.I.II.III.) « Polarité dans l'espace.	22
Contraction/expansion.	23
Concavité/convexité.	24
La croissance en spirale.	24
Rayonnant/périphériques.	25
I.I.I.II.IV.) Images du monde.	25
Images paysages.	25
Le bestiaire.	26
L'anthropomorphisme.	27
I.I.I.III) Architecture organique et architecture environnementale.	27
I.I.II.) Auteurs et ouvrages.	29
<u>I.I.II.I.) Pensée et idéologie.</u>	
Yona Friedman, un architecte à l'écoute du malaise de ses contemporains.	30
Énergie, pauvreté et tiers-monde.	33

Énergie et pénurie.	36
Bon sens et vernaculaire.	38
Retourner à la nature et travailler de ses mains.	41
<u>I.I.II.) Techniques et matériaux.</u>	
Techniques douces et bioclimatisme.	43
Des aides à la conception.	45
Matériels, matériaux, et mise en œuvre.	48

I.II.) Des années 1990 à nos jours.

I.II.I.) Des fondamentaux qui ne se démodent pas mais de nouvelles motivations qui apparaissent.	
<u>I.II.I.I.) Auteurs et ouvrages.</u>	50
Architecture, individu et société.	51
Des fondamentaux qui ne se démodent pas.	53
Habitat et santé, la médecine et le bâtiment.	55
La localisation du bâtiment.	56
L'air intérieur.	58
Le chauffage.	60
<u>I.II.I.II.) Matériaux, techniques et mise en œuvre.</u>	
Énergie et chauffage.	61
Gros œuvre et isolation.	65
La ventilation.	68
I.II.II.) Lois, normes, labels et certificats.	70
<u>I.II.II.I.) Loi et construction environnementale, de 1974 à la R.T. 2005.</u>	
<u>l'histoire d'un prise de conscience.</u>	72
<u>I.II.II.I.I.) Les labels étrangers importés en France, Minergie et Passivhaus.</u>	
Le label Passivhaus.	76
Le Label Minergie.	78
<u>I.II.II.I.I.) Les labels français, Effinergie et H.Q.E..</u>	
Le label Effinergie.	81
La H.Q.E.	84

II.) Les exemples construits.

II.I.) Les grands projets.	93
II.I.I.) La commande publique.	
<u>Le Collège Guy Dolmaire à Mirecourt.</u>	94
<u>Le pôle administratif des Mureaux.</u>	99
II.I.II.) Les bâtiments tertiaires.	
<u>La Tour Phare.</u>	105
<u>La Chambre froide de Baie Mahault et la plateforme LR service.</u>	111
II.II.) Le logement.	115
II.II.I.) Le logement collectif.	
<u>L'immeuble de la rue Moyrand à Grenoble, une opération H.L.M..</u>	116
<u>La résidence Salvatierra à Rennes.</u>	119

II.II.II.) L'habitation particulière.	
<u>II.II.II.I.) Maisons d'architectes.</u>	
La maison bioclimatique.	123
La maison 50's.	126
<u>II.II.II.II.) Les constructeurs.</u>	
Domespace, le concept Imaginer – Eclorre – Enraciner – Partager.	129
WeberHaus.	133
<u>II.II.II.III.) L'autoconstruction.</u>	
La paille.	136
La terre.	142
II.III.) L'urbanisme.	
II.III.I.) L'écoquartier des Terrasses La Fayette à Limoges.	145
II.III.II.) « Le premier quartier 100% écologique de Paris ».	148
GÉNÉRALITÉ.	151
QUESTIONS D'OUVERTURES.	153

« FAISONS VITE, ÇA CHAUFFE ! » (III.1): la campagne d'information débutée en 2006 par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie¹ illustre par ces mots le problème de société majeur de ces dernières années, celui du réchauffement climatique. Le réchauffement climatique, également appelé « réchauffement planétaire » ou « réchauffement global », de l'anglais « global warming », est un phénomène d'augmentation, à l'échelle mondiale et sur plusieurs années, de la température moyenne des océans et de l'atmosphère. La température moyenne sur Terre a ainsi augmenté de 0,6° Celsius depuis la fin des années 1800 et on s'attend à ce qu'elle continue à augmenter de 1,4 à 5,8° d'ici à l'an 2100². Les causes de ce réchauffement sont attribuables, essentiellement, à l'activité humaine et en particulier à ses émissions de gaz à effet de serre³. On parle alors de forçage anthropique.

L'hypothèse d'un lien entre la température moyenne du globe et le taux de gaz carbonique dans l'atmosphère n'est pas nouvelle. Elle a été formulée pour la première fois en 1894 par le chimiste suédois Svante Arrhenius⁴ qui lie l'augmentation du taux de dioxyde de carbone⁵ dans l'atmosphère au renforcement de l'effet de serre. Mais ce qui inquiète aujourd'hui, ce sont les premiers effets visibles de ce changement climatique, entre autres « une augmentation des sécheresses, des pluies torrentielles, l'élévation du niveau des océans, et des périodes de canicule, ou des cyclones violents de plus en plus nombreux »⁶.

Sur la scène internationale, l'éventualité d'un impact de l'activité humaine sur le climat est avancée pour la première fois en 1979 lors de la première conférence mondiale sur le climat. Elle se tient à Genève et aboutit au lancement d'un programme de recherche climatologique

¹ L'A.D.E.M.E. est née en 1992 de la fusion entre l'agence française pour la maîtrise de l'énergie, l'agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets et l'agence pour la qualité de l'air, cet établissement public a fait beaucoup pour provoquer une prise de conscience des problèmes environnementaux posés par le bâtiment.

² Source : C.C.N.U.C.C.

³ G.E.S.

⁴ Article publié en 1896 dans Philosophical Magazine n° 41, Pages 237 à 276.

⁵ CO₂.

⁶ Rapport A.R.4 du G.I.E.C., février 2007.

mondial, confié à l'Organisation météorologique mondiale⁷, au Programme des Nations unies pour l'environnement⁸ et au Conseil international des unions scientifiques.

En 1988, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat⁹ est créé, à la demande du G7, par deux de ces organismes, l'O.M.M. et le P.N.U.E. Constitué de centaines d'experts du monde entier, issus des universités, des centres de recherche, des entreprises, et des associations de défense de l'environnement, il a pour mandat d'évaluer les informations scientifiques, techniques et socio-économiques disponibles en rapport avec la question du changement climatique.

Actuellement la gouvernance internationale sur le climat repose sur deux traités internationaux fondamentaux. La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques¹⁰ ouverte à ratification en 1992, et entrée en vigueur le 21 mars 1994 a été ratifiée à ce jour par 189 pays dont les États-Unis et l'Australie. Son traité fils, le célèbre protocole de Kyoto¹¹, ouvert à ratification le 16 mars 1998, et entré en vigueur en février 2005 a été ratifié à ce jour par 156 pays à l'exception notable des États-Unis et de l'Australie. Il comporte des engagements absolus de réduction des émissions de G.E.S. pour 38 pays industrialisés, avec une réduction globale de 5,2% des émissions de dioxyde de carbone d'ici 2012 par rapport aux émissions de 1990.

Lorsque l'on pense réchauffement climatique, pollution atmosphérique, gaz à effet de serre et donc CO₂, chacun d'entre nous pense immédiatement à la cheminée d'un complexe industriel qui crache une âcre fumée noire, ou à une journée de retour de vacances sur l'autoroute lorsque des milliers de pots d'échappement rejettent dans l'air des tonnes de gaz. Nous n'avons pas tout à fait tort. Pourtant, nous oublions la deuxième cause de rejet de G.E.S. dans l'atmosphère : le bâtiment !

En effet, en France, les bâtiments publics et privés sont, par le CO₂ qu'ils émettent, la deuxième source de pollution atmosphérique, juste derrière les transports. Trente millions de logements mal chauffés et mal isolés rejettent chaque année dans l'atmosphère 100 millions de tonnes de CO₂, soit un chiffre en progression de plus de 20% depuis 1990¹² (**Doc.1**).

À titre comparatif, la France (D.O.M.-T.O.M. compris) émettait, au total, près de 545 millions de tonnes de CO₂ en 2002, ce qui la plaçait alors au douzième rang mondial avec 1,6 % des rejets totaux¹³.

Cependant, les chiffres du bâtiment donnés plus haut ne comprennent pas les rejets induits par la fabrication industrielle des matériaux de construction, ni ceux du transport de ces mêmes matériaux. Ne sont pas compris, non plus, les chiffres des émissions dues à la construction même de ces bâtiments.

Malheureusement, ce chiffre global n'est pas disponible car ces chiffres sont compris dans ceux de l'industrie ou du transport. Mais il ne fait aucun doute qu'ils placeraient alors le bâtiment en toute première place des secteurs les plus polluants sur le plan de l'effet de serre, loin devant tous les autres si l'on considère que le transport, premier poste, rejette seulement 3% de G.E.S. de plus que le bâtiment.

Un autre grand problème agite la planète entière. Il s'agit de la question de l'épuisement des ressources en énergies fossiles, entendons par là l'épuisement des réserves

⁷ O.M.M.

⁸ P.N.U.E.

⁹ G.I.E.C.

¹⁰ C.C.N.U.C.C., téléchargeable sur <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convfr.pdf>

¹¹ Téléchargeable sur <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpfrench.pdf>

¹² Source : plaquette Effinergie, novembre 2006. Disponible sur www.effinergie.org.

¹³ Source : Division statistique des Nations unies.

de gaz et de pétrole. Ce problème est très souvent associé à celui du changement climatique car ces énergies fossiles (pétrole, gaz mais aussi charbon) qui, en brûlant, dégagent du CO₂, sont la cause presque unique du changement du climat.

Pourtant ce sont deux choses très distinctes. Le problème du pétrole, pour ne parler que de lui, se traduit par ce que l'on appelle le « pic pétrolier » (« oil peak » en anglais) qui désigne le moment où la courbe de production (d'extraction) rencontre la courbe de consommation, c'est-à-dire le moment où la demande devient plus forte que l'offre. La production de pétrole ne pourra jamais être augmentée pour suivre cette demande puisqu'elle est dépendante des réserves enfouies dans le sol. Ces réserves ne sont pas inépuisables car la régénération de la ressource par la nature prend des milliers d'années.

Depuis la publication, dans les années 1940, des travaux du géophysicien Marion King Hubbert on sait que la courbe de production d'une matière première donnée (dépendante de réserves géologiques), et en particulier du pétrole, suit une courbe en cloche. Elle traduit l'hypothèse que la production de pétrole d'une région suit une courbe parallèle à celle des découvertes mais décalée dans le temps.

En 1956, lors d'un meeting de l'American Petroleum Institute à San Antonio, au Texas, Hubbert fit la prédiction que la production globale de pétrole aux États-Unis atteindrait son maximum aux alentours de 1970, avant de commencer à décroître. Il devint célèbre quand on s'aperçut qu'il avait raison. La courbe qu'il employa dans son analyse est connue sous le nom de « courbe de Hubbert », et le moment où elle atteint son maximum sous celui de « pic de Hubbert ».

Les réserves contenues dans le sol étant difficiles à quantifier exactement, c'est donc la courbe de Hubbert qui définit la quantité restante de pétrole. Or le pic pétrolier sera atteint d'autant plus vite que le pic de Hubbert a déjà été atteint dans de nombreux pays, la courbe de la production mondiale plongeant alors à la rencontre de celle de la consommation qui continue de grimper.

Les experts les plus optimistes (économistes, gouvernements des États-Unis et des pays de l'O.P.E.P., compagnies pétrolières) évaluent que le pic pétrolier pourrait survenir vers 2030 alors que les experts de l'Association pour l'étude du pic pétrolier et gazier donnent la date de 2010, voire 2008. Aujourd'hui, encore 80% de l'énergie consommée dans le monde proviennent de combustibles fossiles épuisables dont 40% proviennent directement du pétrole¹⁴.

Comme pour le réchauffement climatique, le problème n'est pas nouveau, et la France, qui ne produit pas de pétrole ou très peu, a connu une brusque prise de conscience lors du premier choc pétrolier de 1973.

Alors que l'économie du pays est majoritairement fondée sur le pétrole (l'électricité, bien moins présente qu'aujourd'hui, étant elle-même produite grâce à des centrales à fioul ou à charbon), les 16 et 17 octobre 1973, pendant la guerre du Kippour, les pays arabes producteurs de pétrole, annoncent un embargo sur les livraisons de pétrole contre les États « qui soutiennent Israël ». En effet les États-Unis, entre autres, approvisionnent en armes l'État hébreu qui fait face à l'attaque égypto-syrienne ravitaillée par les soviétiques. Les pays du Golfe augmentent donc unilatéralement de 70% le prix affiché du baril de brut. Le 17 octobre 1973, les représentants des pays arabes pétroliers décident, en plus, d'une réduction mensuelle de 5% de la production pétrolière jusqu'à évacuation des territoires occupés et la reconnaissance des droits des Palestiniens. Enfin, le 20 octobre, le roi Fayçal décide un embargo total sur les livraisons destinées aux États-Unis, puis aux Pays-Bas. Le prix du baril sur le marché libre passe de 3 à 18 dollars en quelques semaines. La pénurie suscite alors une

¹⁴ Source : A.I.E.

sorte de panique et les prix poursuivent leur ascension vertigineuse : ils quadruplent à la suite des augmentations d'octobre et de décembre.

Suite à ces événements, l'Agence Internationale de l'Énergie¹⁵ est créée en 1974. Cette organisation internationale est destinée à assurer la sécurité des approvisionnements en énergie en essayant de faciliter la coordination des politiques énergétiques des pays membres. L'A.I.E. est pourtant incapable d'éviter le deuxième choc pétrolier qui se produit en 1979 après que des émeutes soient violemment réprimées à Téhéran le 8 septembre 1978. Ces événements marquent ainsi le début de la période active de la révolution iranienne, qui s'achève par la fuite du Shah le 16 janvier 1979. Les exportations iraniennes de pétrole sont stoppées. Le 22 septembre 1980, la situation s'aggrave encore avec le début de la guerre Iran-Irak.

À cause de ces deux événements, le prix du pétrole est multiplié par 2,7 entre la mi-1978 et 1981.

La France, comme beaucoup d'autres pays, se pose alors la question de son indépendance énergétique. En 1974, le premier ministre Pierre Messmer accélère le programme nucléaire français en projetant la construction de 16 nouvelles unités. Entre le début et la fin des années soixante-dix, la proportion de logements neufs chauffés à l'électricité est multipliée par 5, passant de 5 à 25%.

Parallèlement à cela, et face au prix du pétrole en hausse, le gouvernement encourage les Français à faire des économies d'énergie en remettant tout d'abord en place l'heure d'été. Institué en juin 1916, le changement d'heure avait été abandonné en 1946 mais il est rétabli en 1976. L'intérêt de l'heure d'été réside dans les économies d'énergie qu'elle est censée permettre par une meilleure utilisation de la lumière solaire naturelle pendant les soirées estivales. Il fait jour plus tard donc on allume la lumière moins longtemps.

Une étude réalisée en 1996 montrait en effet que l'économie d'électricité pour le poste éclairage était d'environ 1,3 térawatt-heure¹⁶ soit environ 293 mille tonnes d'équivalent pétrole¹⁷.

Le poste de la consommation électrique en éclairage a faiblement évolué ces dernières années et l'énergie économisée en 2003 est toujours de 1,3 TWh, soit 0,28% de la consommation intérieure d'électricité et 4% de la consommation d'éclairage totale¹⁸. Mais le passage à l'heure d'été est de plus en plus controversé car on ne compte que les économies sur le poste de consommation éclairage, qui sont assez faibles, sans prendre en compte d'autres éléments qui pourraient contrebalancer cette économie, comme un besoin de chauffage accru lors des matins frais de printemps.

En plus de l'heure d'été, deux grandes campagnes ayant pour but de réduire la consommation d'énergie sont lancées. Leurs slogans sont restés très célèbres : en 1975 « Nous n'avons pas de pétrole mais nous avons des idées » et en 1979 il s'agira de faire « la chasse au gaspi » **(III.2)**.

Encore une fois et comme pour le problème du réchauffement climatique le bâtiment, et notamment le problème de la régulation thermique, reste étrangement absent des leviers sur lesquels les pouvoirs publics souhaitent agir. Même si cela est de moins en moins vrai, cela l'a très nettement été dans les années suivant le choc pétrolier. Il faut dire que la priorité de l'après-guerre n'est pas celle de l'énergie. Jusqu'en 1973, l'énergie est bon marché et les problèmes d'épuisement ne sont encore qu'une « lubie d'écologistes ». On ne cherche pas à construire bien, on construit vite et beaucoup. Georges Pompidou, président de la République,

¹⁵ A.I.E.

¹⁶ TWh.

¹⁷ T.E.P. Études réalisées conjointement par le ministère de l'Industrie, E.D.F. et l'A.D.E.M.E.

¹⁸ Sources A.D.E.M.E.

déclare au début des années 1970, « il faut assurer à tous des conditions de vie décente » et la décence c'est d'abord un toit. Dans ces années et jusqu'en 1972, Nanterre est encore un immense bidonville (jusqu'à 14000 habitants) aux portes de Paris et on en compte des dizaines d'autres autour de la capitale. De plus, il faut absorber la population qui fuit l'Algérie, 210000 en 1954, 460000 en 1964, puis plus de 700000 en 1975. La politique des grands ensembles, commencée dans les années 1960 reste une solution, comme l'indiquent Pierre Lajus et Gilles Ragot, dans leur rapport¹⁹: « En France, contrairement à d'autres pays, la maison individuelle n'a pas toujours représenté la forme majoritaire du logement. La reconstruction des années cinquante avait fait passer au premier plan le logement collectif, et c'est seulement en 1968, avec le ministre Chalandon, puis en 1978, sous l'influence du rapport Mayoux, qu'on a vu évoluer la politique de l'État et abandonner le "tout-collectif" des Grands Ensembles ». Tant pis si l'on construit de véritables « passoires thermiques », il est plus facile et moins cher de chauffer que de trouver et de mettre en place des solutions.

Cela est encore vrai aujourd'hui. Non seulement les logements anciens (le parc immobilier en compte plus de trente millions) sont encore des gouffres énergétiques mais les conceptions des bâtisseurs de cette époque semblent encore valables. Même si de plus en plus de constructeurs se penchent sur ce problème, 46% de l'énergie consommée en France l'est encore par le bâtiment (**Doc.1**). C'est de très loin le premier poste.

La consommation d'énergie pour le chauffage en France atteint en moyenne 210 kilowatt-heures par mètre carré et par an²⁰, alors que l'on sait aujourd'hui construire des bâtiments qui ne consomment que 20 kWh/m²/an. La nouvelle réglementation thermique 2005 (R.T. 2005) fixe à environ 85 kWh/m²/an la consommation maximale pour le chauffage des logements neufs, nous y reviendrons. L'enjeu est de taille car les dépenses énergétiques des ménages explosent : 9,5% de leur revenu en milieu rural, 6% en milieu urbain²¹. On le voit, depuis la généralisation de l'électricité et quoi que de nombreuses habitations soient encore chauffées à l'énergie fossile, le problème ne touche plus uniquement les ressources pétrolifères mais s'invite aussi dans le calcul du niveau de vie des ménages.

Après le réchauffement climatique, après l'inévitable pénurie de pétrole, un dernier problème, plus délicat celui-ci car encore éminemment politique, mérite notre attention. C'est celui de la pollution tout court et des ressources.

L'écologie, le mot est lancé, agitée à grands renforts médiatiques par Nicolas Hulot lors de la dernière campagne présidentielle, a peut-être trouvé son salut dans la politique. Mais d'autres ont précédé l'animateur sur ce terrain. C'est le cas de René Dumont par exemple ; ingénieur agronome, il commence sa carrière en soutenant le modèle agricole de l'époque fondé sur l'utilisation des fertilisants chimiques et sur le machinisme. Mais il devient rapidement l'un des premiers à dénoncer les dégâts de la révolution verte (issue du bond technologique réalisé en agriculture au cours de la période 1944-1970) et à lutter contre l'agriculture productiviste. Très vite, il devient expert auprès de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, spécialiste des problèmes du monde agricole dans les pays sous-développés. En 1974, à l'initiative de divers groupes et personnalités, René Dumont est choisi pour se présenter à l'élection présidentielle en tant que premier candidat écologiste. Peu importe le faible résultat, il s'agit uniquement d'utiliser les médias, et particulièrement la télévision, pour faire connaître la pensée écologiste en politique. La politique écologiste française qu'il fonde est pacifiste, anticapitaliste, pour la solidarité entre les peuples et prend en compte le monde sous-développé. Son engagement politique est alors très marqué à gauche. À la suite de sa

¹⁹ LAJUS Pierre, RAGOT Gilles, *L'architecture absente de la maison individuelle*, mission exploratoire, rapport de recherche, Paris, P.U.C.A., 1997.

²⁰ kWh/m²/an.

²¹ Plaquette Effinergie, novembre 2006. Disponible sur www.effinergie.org.

campagne, en juin 1974, est fondée la première organisation de l'écologie politique d'envergure nationale, le Mouvement écologiste.

Si l'écologie est plus ancienne, le terme apparaît grâce à Haeckel en 1866²² ; le mouvement écologiste, lui, semble prendre racines au début des années 1970. Patrick Matagne²³ le confirme, les écologues, scientifiques de l'écologie, succèdent aux naturalistes et forment les débuts de l'écologie. Mais les écologistes, militants de l'écologie, n'apparaissent pas avant la fin des années soixante. Matagne précise également le contexte. Après les 6 et 9 août 1945 et les explosions d'Hiroshima et de Nagasaki, « l'humanité entre dans "l'âge écologique" [...]. Pour la première fois dans l'histoire de l'homme la contamination irréversible de l'atmosphère par les produits de la fission nucléaire fait planer la menace d'une catastrophe écologique globale mettant en cause la survie de l'humanité [...]. D'autres événements, postérieurs à la seconde guerre mondiale, ont contribué à provoquer une prise de conscience des conséquences désastreuses de certaines activités humaines, en particulier pendant les années 1970, confirmant cette irruption de l'écologie. »

La guerre du Viêt-Nam, tout d'abord, est la « première guerre écologique [...] caractérisée par la volonté délibérée de détruire durablement les écosystèmes [...] au moyen d'herbicides de synthèse », le tristement célèbre « agent orange ».

En 1962 est publié l'ouvrage de Rachel Carson, *Silent Spring*²⁴, qui défend la thèse que les pesticides « menacent de détruire toute forme de vie » ; « la presse à grand tirage commence d'ailleurs à diffuser des données sur les effets à long terme de la dissémination de produits comme le D.D.T. et des énormes quantités de gaz issu de la combustion du carbone fossile rejetées dans l'atmosphère : dioxyde de carbone, monoxyde de carbone, anhydrides sulfureux et sulfuriques, impliqués dans l'acidification des pluies. »

Enfin le troisième de ces événements est, toujours selon Matagne, « les effets de la bombe P..., P comme "population" » dénoncé par le biologiste américain Paul Ehrlich en 1968²⁵ selon lequel « l'épuisement des ressources est inéluctable en raison de l'excessif taux de croissance de la population mondiale ».

Dans son chapitre « catastrophes et prise de conscience », Matagne ajoute : « beaucoup d'autres risques potentiels et quelques désastres réels ont fourni, dans les années 1970, des arguments en faveur d'une remise en cause du modèle occidental de croissance ». Il poursuit : « il devient clair que le nombre de catastrophes écologiques d'origine anthropique n'a cessé d'augmenter depuis la fin des années 40. Certains se souviennent des naufrages du Torrey Canyon en 1967 et de l'Amoco Cadiz en 1978, responsables de marées noires qualifiées d'historiques en raison de leur ampleur. D'autres catastrophes écologiques sont inscrites durablement dans la mémoire collective, tel l'accident nucléaire de Tchernobyl au printemps 1986, ou le naufrage de l'Exxon Valdez en 1989».

Voici donc ce qui a cimenté les bases du mouvement écologiste. Mais là encore la réponse des institutions semble passer par l'international et des signatures de conventions, plus de 47 entre 1960 et 1970, qui débouchent sur la tenue en 1972 de la première conférence mondiale sur l'environnement de l'Organisation des Nations Unies, à Stockholm, puis sur le « sommet de la Terre » ou « sommet de Rio » en 1992 au Brésil.

L'autre question est la suivante : quelles sont les matières premières les plus exploitées en France ? Si l'on pose la question à l'homme de la rue, il oubliera l'eau qui est la première de toutes mais il restera interdit quand il apprendra que la deuxième est le sable. Cet état de fait ne manque pas de créer quelques difficultés car l'eau, si elle revient souvent au milieu naturel,

²² HAECKEL Ernst Heinrich Philipp August, *Generelle Morphologie der Organismen*, Berlin, G. Reimer, 1866.

²³ MATAGNE Patrick, *Comprendre l'écologie et son histoire : les origines, les fondateurs et l'évolution d'une science*, Paris, Delachaux et Niestlé, 2002.

²⁴ CARSON Rachel, *Silent Spring*, Boston, Houghton Mifflin, 1962.

²⁵ EHRLICH Paul R., *The Population Bomb*, États-Unis., Ballantine Books, 1968.

n'est pas toujours correctement assainie et l'extraction du sable, que ce soit en carrière ou dans le lit des fleuves, pose de graves questions quant au maintien des écosystèmes. L'eau et le sable entrent en très grandes quantités dans la fabrication du béton, principal matériau de construction à l'heure actuelle où un pays comme la Chine le considère même comme une ressource stratégique.

Ajoutons que l'eau est le principal vecteur des déchets de l'habitation, toilettes, douche, machine à laver. C'est ce que l'on appelle les eaux grises ou les eaux noires (eaux vannes). Mais ce ne sont pas là les seuls déchets produits par une habitation. Le volume des déchets produits par les chantiers du bâtiment est estimé à environ 31 millions de tonnes par an. Les coûts correspondant à l'élimination réglementaire de ces déchets représentent entre 2 et 4% du chiffre d'affaires du secteur du bâtiment (soit entre 1,2 et 2,4 milliards d'euros par an)²⁶ et tout cela ne comprend pas les déchets des industries extractives, des mines et carrières. Même si la loi du 13 juillet 1992 a posé, à l'échéance 2002, la limitation de la mise en décharge aux seuls déchets ultimes, c'est-à-dire aux matériaux qui ne sont plus susceptibles d'être valorisés, ces déchets iront finir leurs jours dans des décharges enfouies ou à ciel ouvert, à la merci des infiltrations d'eau qui lessivent les particules polluantes et les font pénétrer dans les nappes phréatiques.

Enfin, la pollution à l'intérieur même des bâtiments est de plus en plus prise en compte. Ainsi la concentration des polluants dans les logements a multiplié les problèmes d'allergie par 7 en 30 ans. Les fibres minérales artificielles comme les laines isolantes par exemple, et les composés organiques volatiles²⁷ comme le benzène, l'éther de glycol, le formaldéhyde, le toluène, entre autres, présents dans de nombreux produits du bâtiment comme les peintures, les vernis, les colles, les moquettes, les sols stratifiés ou le mobilier, sont classés cancérigènes probables ou certains par l'Organisation mondiale de la santé²⁸.

Pourtant, la question du bâtiment comme grand pollueur ne semble jamais avoir été posée à une échelle importante. Comme si l'homme s'était résolu à ce que sa maison soit une source de pollution, de destruction de son environnement et de sa santé, comme si cela était finalement un mal nécessaire.

Ce long préambule aurait été bien inutile s'il n'avait pas aidé à définir un contexte et à soulever des problèmes auxquels certains ont répondu par l'architecture. Quand la nature questionne l'Homme sur ce qu'il a de plus intime, son logement, et sur l'une de ses activités les plus importantes, bâtir, les réponses que celui-ci apporte méritent amplement une étude approfondie. Cette étude n'a jamais été menée jusqu'à présent et il n'existe à l'heure actuelle aucun ouvrage transversal traitant de l'histoire de cette manière de construire. Mais au vu de l'augmentation sensible du nombre de ce type de pratiques depuis quelques années, et en préjugant d'une évolution de l'architecture qui ne peut aller que dans ce sens, il semble qu'il était largement temps de la mener. D'autant plus que les premières occurrences de ces réflexions ont déjà plus de 30 ans. Même si l'on pourrait commencer notre étude dès l'immédiate après-guerre, on a vu déjà à quel point le début des années 1970 semblait un terrain tout indiqué pour retrouver les racines de cette architecture. Les expériences précédentes sont encore très marginales et il est très difficile d'en retrouver des traces (à l'exception de quelques-unes que nous évoquerons rapidement). D'autant plus difficile que ces premières expériences naissent outre-Atlantique, aux Etats-Unis principalement, mais aussi au Canada et plus précisément au Québec. Ajoutons ici, suite aux remarques entendues lors de nos recherches sur le fait que la grotte de Lascaux était déjà une forme d'habitat propre

²⁶ Chiffres A.D.E.M.E., 2006.

²⁷ C.O.V.

²⁸ Plaquette *Une maison pour vivre mieux*, A.D.E.M.E.

(pas de rejets polluants, pas de peintures au plomb), que ce qui fait l'intérêt de ce sujet, c'est que les aspects pratiques de cette architecture sont sous-tendus par une profonde réflexion. Dans l'idéal il aurait été intéressant d'étudier ces nouveaux rapports entre l'homme, ses constructions et l'environnement dans le monde entier puisque cette question dépasse largement le cadre de nos frontières. On retrouve en effet des réflexions similaires aux États-Unis, au Canada, en Allemagne mais aussi en Suisse, en Hollande, au Danemark ou en Angleterre. Chacun s'inspirant des réflexions et des solutions trouvées par son voisin, tout cela est intimement lié. Malheureusement, pour des raisons pratiques et parce que tout est à faire, il a été nécessaire de se concentrer presque exclusivement sur la France.

Reste à donner un nom à cette architecture. Les adjectifs « bioclimatique, passive, solaire, biologique, verte, écologique » ou « durable » auraient pu être employés mais c'est le terme d'« environnementale » qui semble le plus à même d'englober entièrement toutes les facettes de ce nouvel art de bâtir.

Le terme « bioclimatique » tout d'abord est défini par Jean-Louis Izard²⁹. Pour lui, le bioclimatisme en architecture est « une science tendant à faire remplir par l'architecture la fonction de satisfaction des exigences thermiques minimales de l'occupant de préférence au recours de l'ingénierie climatique » c'est-à-dire qu'il s'agit, par la conception même de la forme de l'habitation, d'utiliser au mieux les ressources en énergies naturelles disponibles dans le milieu. Notamment l'énergie solaire pour assurer la régulation thermique (chauffage ou refroidissement) du bâtiment en ayant au minimum recours à des apports extérieurs en énergie, fossile ou électrique, transformés en degrés de température par des appareils comme les ensembles chaudières-radiateurs, convecteurs ou climatiseurs. L'adjectif « passif » a, en architecture, un sens à peu près équivalent. Il s'agit de construire une maison capable d'utiliser à bon escient l'énergie du soleil. Les bâtiments « solaires », terme très utilisé au début des années 1970, ne désignent pas des bâtiments équipés de panneaux photovoltaïques (ou photopiles, c'est-à-dire capables de produire de l'électricité à partir de la luminosité du soleil) ou de chauffe-eaux solaires (panneaux produisant de l'eau chaude constitués de circuits dans lesquels circule de l'eau chauffée par les rayons du soleil) mais désignent également des bâtiments dont les surfaces vitrées, l'orientation des ouvertures, l'isolation et l'inertie des matériaux sont optimisées pour capter au mieux la chaleur du soleil.

Ces trois adjectifs désignent donc uniquement les capacités thermiques des bâtiments mais ne qualifient pas une éventuelle réflexion sur les matériaux ou les techniques utilisées pour la construction ni sur les moyens mis en œuvre pour produire l'énergie nécessaire au confort de l'habitant (principalement l'électricité nécessaire au fonctionnement des appareils électroménagers).

« Biologique » en revanche, est un mot de plus en plus employé aujourd'hui mais il est lui aussi trop restrictif car, dans son sens le plus courant, il n'est apte à qualifier que les matières, souvent même matières premières. Il qualifie plutôt un mode de culture et pourrait très bien être utilisé pour qualifier la manière dont les matériaux utilisés pour la construction d'un bâtiment ont été extraits de la nature. Un poireau ou le chanvre, utilisé pour isoler des combles, peuvent être biologiques mais pas une maison.

« Vert »... Au sens premier, c'est une couleur, assez rare dans l'architecture d'ailleurs, mais ce terme fait sens car il renvoie, par extension, à tout ce qui est naturel, puisqu'il est bien connu que la nature est verte. Il qualifie donc tout ce qui est en rapport plus ou moins direct avec elle. Mais il est vague et, comme pour le terme « biologique », assez impuissant à qualifier les diverses réalités que nous souhaitons étudier car un bâtiment peut nous intéresser

²⁹ IZARD Jean-Louis, *Archi bio*, Roquevaire, Éditions Parenthèses, 1979.

par la réponse qu'il apporte à l'un des trois problèmes exposés plus haut sans toutefois être construit en matériaux naturels.

Enfin, le terme « écologique ». Issu du grec *oikos* qui signifie « maison », mais surtout « habitat » et *logos* pour « science, connaissance », il qualifie la science de l'habitat. Nous avons vu qu'il avait été inventé en 1866 par le biologiste allemand Ernst Haeckel et celui-ci le définit comme « la science des relations des organismes avec le monde environnant, c'est-à-dire, dans un sens large, la science des conditions d'existence. » Voilà qui semble mieux convenir. Cependant, le mot « écologie » est aujourd'hui chargé plus de politique que de science et son utilisation réclame une grande prudence.

Reste « durable » qui, bien qu'étant une notion très à la mode, est plutôt réservé aux économistes quand on l'associe au terme « développement ». Pour Patrick Matagne³⁰, il désigne un concept lié à un contexte précis apparu bien après les années 1970.

Comment alors parler de quelque chose qui peut être qualifié par tous ces termes ou soit par l'un soit par l'autre ? La chose est complexe, prenons un exemple : le bois, comme matériau, est durable et écologique car il repousse une fois coupé. Utilisé comme tel, il continue à stocker le carbone qu'il a emmagasiné. En revanche, quand il est utilisé comme énergie, s'il reste durable, il n'est plus écologique car sa combustion rejette du CO₂. Cela est encore plus flagrant avec l'énergie solaire, le solaire thermique est durable et écologique, le photovoltaïque lui n'est plus écologique car il se doit d'être accompagné de batteries, encore très polluantes et d'une durée de vie très limitée.

Seul le terme « environnemental », issu du terme « environnement », reprend donc ces notions. Même si ces bâtiments n'utilisent pas forcément des matériaux écologiques, ils essaient au mieux de limiter leur impact sur l'environnement en gérant leurs consommations et en limitant leurs rejets polluants. Mais l'environnement c'est aussi ce qui environne, ce qui est autour et qui entoure. Or cela semble fondamental dans l'éthique de ce mouvement et la réflexion de Jean-Pierre Oliva³¹ nous conforte dans cette idée. Il explique, en substance, que la construction agit sur son environnement mais qu'elle est aussi l'environnement de l'homme et qu'elle agit sur lui.

L'architecture environnementale est donc issue d'une réflexion sur la nécessité et les moyens de limiter l'impact du bâti sur l'environnement et sur son environnement, tout en créant un environnement le plus cohérent possible autour de l'usager. C'est donc une nouvelle manière de concevoir, de construire mais aussi d'habiter et l'on verra que tout cela peut produire de nouvelles formes ou s'intégrer dans des formes plus courantes.

Mais en quoi cette architecture, encore minoritaire et plus que marginale dans les années 1970, fondée sur des édifices de petite taille, noyée dans ce que l'on appelle habituellement l'architecture du banal et souvent sans une forme absolument révolutionnaire, intéresse-t-elle l'histoire de l'art et plus particulièrement l'histoire de l'architecture ?

C'est la posture de l'historien de l'architecture qu'il faut ici faire évoluer. Celui-ci est en fait bien plus un historien de la sculpture ultra-monumentale habitable et habitée. De plus, l'architecte est perçu comme le seul personnage habilité à produire de l'architecture.

L'historien commente la forme et ses évolutions mais semble peu s'intéresser à la technique. Or est-il possible qu'un historien de la peinture puisse commenter un tableau sans se demander si les pigments sont liés à l'huile ou à l'œuf ?

De fait, l'historien de l'architecture n'est pas fautif, s'il ne se passionne pas autant pour la technique que pour la forme, c'est peut-être que seule la forme change et encore, seulement

³⁰ *Les enjeux du développement durable*, actes des journées d'études organisées en 2003-2004 par l'Espace Mendès France, Centre de culture scientifique, technique et industrielle du Poitou-Charentes.

³¹ Conférence du 3/12/2006, *La conception bioclimatique, pour un habitat économe et agréable à vivre*. Salon Bâtir Écologique, Espace Condorcet, Cité des Sciences et de l'Industrie, La Villette, Paris.

quand une construction est l'œuvre d'un architecte et d'une ampleur conséquente. Le reste étant, hélas, souvent bien peu original.

L'architecture du banal, l'architecture pavillonnaire, est donc souvent exclue du champ d'études de l'historien de l'architecture, or cette architecture sans architecte représente tout de même l'immense majorité du secteur, en particulier pour l'habitat individuel.

Ainsi selon Lajus et Ragot, « en 1960, la part de la maison individuelle représentait 25,4% des mises en chantier de logements, en 1979-80 elle atteignait 67%, pour se stabiliser autour de 50% en 1995. La construction de logements neufs passait de 550000 logements en 1974 à 400000 en 1981. En 1995 c'étaient seulement 286000 logements qui étaient construits dans l'année, dont 143000. L'I.N.S.E.E. en 1990 constatait une croissance de 2 millions de maisons en 8 ans, alors que le collectif n'avait augmenté que de 460000 appartements. De son côté, l'Union nationale des constructeurs de maisons individuelles estime à 200000 le nombre des mises en chantier d'individuel en 1997. La part de ce marché prise par les constructeurs de maisons individuelles est estimée à 65%, les 35% restants allant aux maîtres d'œuvre (15%), artisans (8%), entreprises générales (7%), architectes (5%) et autoconstructeurs (2%) [...] C'est à l'analyse de leurs déclarations de travaux à la Mutuelle des Architectes Français que l'on peut évaluer la part du marché de la maison individuelle prise par les architectes. [...] En nombre de maisons construites, elle serait de 5% du nombre de maisons, soit 7500 à 10000 maisons par an.»³² Pour être exact, en 2005, on a construit 181300 logements collectifs contre 228900 logements individuels³³. Mais la part prise par les architectes dans ce secteur reste toujours aussi faible.

Pourtant, c'est de ce logement individuel, de la conception duquel sont exclus les architectes, qu'est parti le mouvement de la construction environnementale car les structures étant plus petites, l'expérimentation est beaucoup moins coûteuse, la souplesse et l'adaptabilité plus grandes. L'absence quasi complète des architectes est sans doute une des raisons mêmes du développement de cette réflexion sur l'architecture.

Cette absence est explicable : « les architectes n'ont pas du tout une démarche intellectuelle de techniciens... c'est des artistes ! Alors ils font des choses qui leur paraissent belles... et, encore une fois, c'est leur beau à eux ! » Ce jugement péremptoire est extrait d'un entretien avec un constructeur de maisons individuelles rapporté par Pierre Bourdieu en 1990 dans sa recherche sur *l'économie de la maison*³⁴.

Outre le fait que la signature d'un architecte n'est obligatoire pour la délivrance du permis de construire que pour les projets ayant une surface de plancher supérieure à 170 m², Lajus et Ragot essaient de donner une définition de l'architecture pour mieux comprendre cette absence de l'architecte. C'est celle que proposait André Hermant, architecte mais aussi directeur technique et rédacteur actif de la revue *Techniques et Architecture*, au Conseil de l'Europe et à l'Union Internationale des Architectes en 1965 : « l'architecture est l'art d'organiser l'espace et la matière en des formes conçues pour l'usage de l'homme, (qu'il s'agisse de monuments, de maisons ou d'objets), l'œuvre répondant aux nécessités de l'économie et aux aspirations de l'esprit et de la sensibilité. » et les deux auteurs de poursuivre : « Dans cette perspective, nous n'avons pas de mal à considérer comme architecture les constructions les plus modestes édifiées par les constructeurs anonymes de l'ère pré-industrielle, maçons ou charpentiers. Pourtant, nous devons constater que tous les efforts des architectes pour affirmer leur identité professionnelle ont visé à se distinguer de ces constructeurs. C'est depuis Leon Battista Alberti et son *DE RE AEDIFICATORIA*, dès le

³² LAJUS Pierre, RAGOT Gilles, *L'architecture absente de la maison individuelle*, mission exploratoire, rapport de recherche, Paris, P.U.C.A., 1997.

³³ S.E.S.P. Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer.

³⁴ BOURDIEU Pierre, « L'économie de la maison » in *Actes de la recherche en sciences sociales*, n°81/82, 1990. Pages 2 à 96.

quinzième siècle, que l'architecte veut se définir par sa prestation intellectuelle, et non pas seulement comme le "Chef des Maçons" qu'il était jusque-là. Plus près de nous, c'est dans le même sens que l'Académie d'architecture, au XVIIème siècle, éloigne l'architecte des basses œuvres du chantier, pour en faire un humaniste et un géomètre de cabinet, le créateur d'un projet qui transcende les techniques, qui se représentera bientôt à la société comme un démiurge créateur "alter deus". Enfin on peut rappeler que la création de l'École des Beaux-Arts, d'un côté, et de l'École Polytechnique, de l'autre, devait consacrer de façon définitive en France, la séparation professionnelle entre architectes et ingénieurs, et instituer une rupture durable entre architecture et construction.

On peut comprendre, dès lors, que les architectes aient pu assister, sans chercher à y participer, à la prise en main par les entrepreneurs, non seulement de la construction, mais surtout de la conception intellectuelle des logements populaires dont ils auraient pu revendiquer l'exclusivité, s'ils ne s'étaient pas consacrés à des ouvrages plus valorisants pour la stature d'artistes inspirés qu'ils voulaient se donner. On comprend également que, spectateurs critiques de cette évolution, ils aient pu être amenés à lui dénier toute qualité architecturale». Pour Lajus et Ragot en revanche, « la maison n'est pas seulement un objet de consommation. Elle recèle malgré ses petites dimensions toutes les grandes leçons de l'architecture ». La maison individuelle a donc toute sa place dans l'histoire de l'architecture quand elle a quelque chose à lui apporter, d'autant que de plus en plus d'architectes commencent aujourd'hui à essayer de rattraper le mouvement et s'intéressent de plus près à l'architecture environnementale.

Un autre des rôles de l'historien de l'architecture est de se pencher sur l'histoire des mouvements, or si l'on accepte que le terme de mouvement, en architecture, désigne une communauté de personnes, théoriciens, architectes, ingénieurs, constructeurs, qui se distinguent par une pensée, des méthodes voire un style proche, alors ce que nous avons appelé architecture environnementale est un mouvement auquel il était temps de donner sa place.

Le but du présent travail que nous avons intitulé *Fondements théoriques et approches pratiques de l'architecture environnementale* est donc de dresser un premier état des lieux de la construction dite environnementale, d'en étudier les sources, d'en retrouver les principaux théoriciens, d'en observer le développement mais aussi de s'intéresser aux techniques et aux pratiques concrètes, aux solutions trouvées, mais de voir également comment cela se traduit sur le terrain.

On essaiera donc de dégager les spécificités d'une pratique de l'architecture et de la construction aux antipodes de ce qui est encore majoritairement en usage dans nos villes et nos campagnes et qui n'a finalement pas beaucoup changé depuis les années 60.

Pour cela, il nous faut d'abord rechercher et étudier les premiers et principaux textes qui ont eu cette pratique pour objet, il faut également essayer de trouver des bases formelles qui auraient pu inspirer ces constructeurs. Ici la piste principale est celle de l'architecture organique ou vitaliste de la fin des années cinquante. Les années 80 marquent ensuite une coupure franche et les priorités semblent changer mais les préoccupations environnementales dans l'architecture réapparaissent plus fortes encore dans les années 90 et ce jusqu'à aujourd'hui. Après cette coupure, les publications changent de nature et se font plus précises et plus techniques. Ce sera le deuxième point de la première partie de cette étude. Ce deuxième point comportera également une étude du rôle joué aujourd'hui par l'Etat et les différents labels environnementaux sur la construction.

La deuxième partie de cette étude sera quant à elle réalisée l'année prochaine et se penchera exclusivement sur les réalisations et les projets proches des préoccupations environnementales

à travers les différentes typologies de bâtiments, allant de l'habitation individuelle à la tour de plusieurs centaines d'étages. Nous en donnerons tout de même un bref aperçu ici.

I.) Bases et cadres d'une architecture idéale.

I.I.) Les premières années, de 1970 à 1982.

I.I.I.) L'architecture organique, possible début ?

I.I.I.I.) Questions de définition.

Lorsque nous avons débuté cette étude, nous avons bien conscience de liens étroits entre ce qu'il est convenu d'appeler l'architecture organique et ce que nous avons appelé architecture environnementale. Nous pensions alors que la littérature concernant l'approche organique en architecture serait beaucoup plus fournie et que nous pourrions nous appuyer sur ces textes pour en proposer une brève approche. Malheureusement, nous nous sommes aperçus qu'il n'existait aucune synthèse française satisfaisante à laquelle se référer, à part celle, critiquable malgré ses qualités, de Zipper et Bekas³⁵ qui commence à dater. L'architecture organique semble étrangement absente des recherches des historiens de l'architecture. Seuls Jencks et Francastel³⁶ abordent brièvement le sujet dans leurs ouvrages. Jencks dans *modern movements in architecture*³⁷ ne le traite d'ailleurs pas directement mais l'aborde entre autres par le biais d'un chapitre consacré à Gropius et à Wright qu'il intitule étrangement « Gropius, Wright et la chute dans le formalisme ». L'architecture organique ne se lit donc pas à travers une synthèse transversale mais souvent à travers les monographies ou les recherches menées sur certains des architectes qui ont défendu cette pratique. Jencks affirme même que Pevsner aurait omis Gaudi et Sant Elia, dans la première mouture de son célèbre *Pioneers of modern design*³⁸ au motif qu'ils seraient des architectes « fantaisistes » et « rêveurs ». Gaudi, notamment, est pourtant l'un des piliers de l'architecture organique et ces qualificatifs montrent à quel point les architectes organiques semblent peu crédibles ou mineurs aux yeux des historiens de l'architecture. C'est peut être ce qui explique leur absence des grands ouvrages. La difficulté à cerner ce mouvement, complexe, déroutant et parfois même contradictoire est également une excellente raison de l'éviter. Le débat autour de la personnalité de l'éternel Le Corbusier illustre bien cette ambivalence. Le fonctionnalisme pur défendu par l'adepte de la « machine à habiter » qui pense que la création architecturale doit procéder de la même démarche que la création industrielle est vu comme l'antithèse de l'architecture organique. Ce discours aboutit à un vocabulaire architectural basé sur la rationalisation et la géométrisation des formes qui s'exprime pleinement dans la villa Savoye par exemple. Pourtant, tous les

³⁵ ZIPPER Jean-Philippe et BEKAS Frédéric, *L'Architecture Vitaliste, 1950-1980*, Marseille, éditions Parenthèses, 1986.

³⁶ FRANCASTEL Pierre, « Vers l'ère organique » in *Art et technique*, Gonthier (Société nouvelle des éditions), Paris, 1956.

³⁷ JENCKS Charles, *Modern movements in architecture*, New Ed edition, 1987.

³⁸ PEVSNER Nikolaus, *Pioneers of the Modern Movement from William Morris to Walter Gropius*, New York, Frederick A. Stokes, 1937

textes traitant de l'architecture organique montrent la chapelle Notre Dame Du Haut de Ronchamps du même Le Corbusier comme un exemple d'architecture organique, notamment grâce à la courbe de la toiture. Cette courbe est également présente dans le dessin de la façade arrière de l'immeuble de la Fondation Suisse situé sur le campus de la cité universitaire de Paris. Les trois exemples datant des années 30, on comprend bien la difficulté à cerner de manière claire les caractéristiques de l'architecture organique. L'I.F.M.A.³⁹ compte même Le Corbusier dans sa liste des pionniers de l'architecture organique aux côtés de personnalités aussi diverses que Antoni Gaudí, Louis Sullivan, Rudolf Steiner, Frank Lloyd Wright, Eero Saarinen, Josef Chochol, Josef Gocar, Bruno Taut, Hugo Häring, Erich Mendelsohn, Hans Scharoun ou encore Alvar Aalto. Certains proposent même d'inclure Guimard, Van de Velde, Morris ou Ruskin à cette prestigieuse liste. Plus près de nous, Bart Prince, Jørn Utzon, Santiago Calatrava, Imre Makovecz⁴⁰, Anti Llovag, ou Ricardo Porro sont régulièrement cités. Il devient alors tout à fait étonnant qu'un mouvement architectural qui réunirait autant de grands noms de l'architecture contemporaine ne soit pas plus étudié. Mais quel est le lien ?

Pieter van der Ree illustre bien cette complexité et cette diversité lorsqu'il évoque l'exposition « Architecture Organique – l'Homme et la Nature comme source d'inspiration pour l'acte de bâtir⁴¹ » qui, selon lui, « cherche [...] à communiquer une image de la multiplicité des expressions formelles de ce courant autant que des sources d'inspiration qui lui sont sous-jacentes [...et] donner un premier aperçu sur le monde multiforme de l'architecture organique et la profondeur de ses arrière-plans⁴² ».

Pour cette raison et parce que le but de ce travail n'est pas de traiter en profondeur de l'architecture organique, nous ne nous contenterons ici que de donner une définition succincte de ce que peut être l'architecture organique, à travers la suite du texte de V. D. Ree tout d'abord.

Dans son chapitre intitulé « genèse, développement et actualité de l'architecture organique », l'auteur affirme que « l'architecture organique [...] est un concept compliqué et controversé. Il évoque la représentation de bâtiments dont les formes vivantes s'intègrent harmonieusement à leur environnement. Il suggère quelque chose de naturel aussi bien qu'artistique et éveille le besoin d'une architecture adaptée à l'homme »⁴³. Ree pose quelques questions fondamentales sur ce « concept problématique, car contrairement à d'autres courants d'architecture il est particulièrement difficile à définir et à cerner. Les formes rondes ou "naturelles" suffisent-elles à rendre un bâtiment organique, ou bien s'agit-il plutôt de savoir dans quelle mesure la forme offre une réponse adéquate à la fonction du bâtiment ? Ces deux points de vue sont également valables et couramment évoqués pour définir cette orientation. Nous avons donc affaire à un concept ambigu qui peut être utilisé de manières les plus diverses.

C'est aussi un terme contre lequel s'opposent parfois les praticiens, parce qu'il recèle apparemment en lui une contradiction. N'est-il pas évident que l'architecture n'appartient pas au règne du vivant mais à celui de l'inanimé ? Comment donc sa conception pourrait-elle se référer à la nature vivante et même devenir organique ? Ne s'agit-il pas là d'un mensonge créé de toutes pièces ou tout du moins de quelque chose d'arbitraire ?

³⁹ L'International forum man and architecture est, selon V. D. Ree, « une organisation internationale [présente dans 18 pays] pour le soutien de l'architecture organique et la recherche en relation avec l'homme et l'architecture. » in REE Pieter van der, (trad. Val de Flor Isabelle), *Architecture Organique : l'Homme et la Nature comme source d'inspiration*, Amsterdam, IFMA, 2005.

⁴⁰ Parfois orthographié Makowecz.

⁴¹ L'exposition itinérante a été présentée pour la première fois à Amsterdam en 2003.

⁴² REE Pieter van der, (trad. Val de Flor Isabelle), *Architecture Organique : l'Homme et la Nature comme source d'inspiration*, Paris, 2005. Page 1.

⁴³ *ibidem*, page 3.

Cette contradiction émane de notre tendance à considérer inconsciemment l'architecture comme une réalité indépendante de son contexte. Nous apprécions la plupart du temps les bâtiments en tant qu'objets autonomes pour leur intérêt esthétique ou leurs innovations techniques.

L'architecture n'existe pourtant pas hors de son contexte. Les bâtiments s'inscrivent toujours dans un ensemble de relations bien déterminées. Ils sont construits par des hommes pour un objectif spécifique et sont entretenus durant leur existence par des hommes. Les matériaux utilisés ont leurs qualités propres, ils sont issus des cycles de la nature et y retourneront de nouveau après un laps de temps plus ou moins long. Si l'on prend conscience de toutes ces connexions naturelles et humaines, la contradiction disparaît immédiatement. L'architecture organique peut alors se définir comme une architecture dont la conception s'oriente vers un ensemble de relations vivantes, dans lesquelles elle s'inscrit, qu'elle cherche à servir en tant qu'organe et auquel elle donne une expression par sa forme. Une telle conception ne constitue pas un but en soi, mais un idéal vers lequel on tend afin d'enrichir la vie humaine et d'éveiller la conscience pour ses relations »⁴⁴.

Ce qui définit l'architecture organique ne serait donc pas une pure approche formelle mais un lien fort entre la fonction de l'architecture, son environnement et sa forme. Le célèbre mot de Louis Sullivan que tous les textes sur l'architecture citent comme l'une des bases du mouvement et qui dit que « la forme doit suivre la fonction » exprime donc le rapport qui doit exister entre l'usage, à l'échelle du bâtiment (bureau, logement, etc.) mais aussi de la distribution intérieure (cuisine, chambre, salon, etc.) et la forme, la forme s'adaptant à l'usage et non l'inverse.

Zevi dans l'article qu'il rédige pour l'Encyclopaedia Universalis poursuit selon cette idée. « L'architecture dans laquelle l'espace socialement utilisé, dynamique, vécu, détermine la configuration des pièces et de l'enveloppe qui les contient mérite la qualification d'organique ; sera dite non organique, au contraire, toute architecture vouée essentiellement à l'élaboration de boîtes de construction, du contenant, et peu soucieuse de faire porter ses efforts créateurs sur les creux, les contenus. La différence entre architectes rationalistes et architectes organiques s'exprime clairement dans le cadre du mouvement moderne ; mais si l'on tient compte des modes de conception et de leurs connotations sociologiques, cette distinction peut être étendue à la totalité de l'évolution historique. Ressortiront ainsi à l'architecture organique, par exemple : les installations paléolithiques aux formes libres et sinueuses ; le Bas-Empire, et spécialement les tracés urbains médiévaux ; la première époque du baroque, et tout particulièrement les œuvres de Francesco Borromini (III.3) ; le langage de Louis Sullivan, de Frank L. Wright et de leurs écoles ; le mouvement expressionniste (III.4) ; le Bay Region Style ; le New Empiricisme scandinave, en particulier les réalisations d'Alvar Aalto ; l'architecture "sculptée" de Hermann Finsterlin, Friedrich Kiesler et André Bloc. Non organique à l'inverse, les réseaux orthogonaux du Néolithique ; les volumes helléniques, jusque dans les versions monumentales et illusionnistes de la Rome antique ; les cités de la Renaissance ; le néo-classicisme sous tous ses aspects et dans toutes ses ramifications ; le mouvement moderne de Le Corbusier et Walter Gropius en Europe dans l'entre-deux-guerres »⁴⁵. Zevi poursuit et nuance ses propos en expliquant cette classification.

« L'architecture organique a une signification précise, mais qui supporte mal les catégories schématiques, tant en ce qui concerne les tendances formelles que les artistes. Les figures apparentes induisent souvent en erreur. Voici quelques exemples : les cités grecques du V^{ème} siècle avant J.C. attribuées à Hippodamos (Millet, Olynthe, Priène) (III.5) offrent une grille

⁴⁴ REE Pieter van der, (trad. Val de Flor Isabelle), *Architecture Organique : l'Homme et la Nature comme source d'inspiration*, Paris, 2005. Page 3 et 4.

⁴⁵ ZEVI Bruno, « Organique, Architecture » in Encyclopédia Universalis, Corpus 12, éditions de 1968. Page 195c et suivante.

d'axes orthogonaux, mais ne relèvent pas pour autant de l'architecture non organique, parce qu'il s'agit d'un système centrifuge, qui part du cœur urbain, de l'agora, et non d'un périmètre prédéterminé, comme cela se produit dans le castrum romain. Les scénographies du Bernin sont souvent tenues pour de l'architecture organique, alors qu'il y a toujours à leur base un plan classique. Le pavillon allemand à l'Exposition internationale de Barcelone en 1929, joyau de Ludwig Mies van der Rohe (III.6), est souvent classé parmi les prototypes du rationalisme européen, mais il brise et détruit l'enveloppe de maçonnerie, joue sur les fluidités spatiales internes et sur la continuité entre l'intérieur et l'extérieur, et reflète par conséquent les principes du groupe De Stijl, fortement marqué par l'influence de Wright, en Hollande et en Allemagne. Ou encore : Le Corbusier est sans conteste le chef de file du rationalisme européen ; il ordonne dans un esprit cartésien, et chante l'architecture comme " le jeu savant, correct et magnifique des volumes assemblés sous la lumière " ; et de fait, ses espaces, bien que fidèles au " plan libres ", sont systématiquement bloqués dans des parallélépipèdes ; voici pourtant qu'après la Seconde guerre mondiale, Le Corbusier s'inflige à lui-même un démenti dont témoigne le cri informel de la chapelle de Ronchamp (III.7), modelant les creux, la lumière et l'acoustique sans chercher d'aucune façon à réaliser des stéréométries élémentaires ou " pures ".

Il n'est donc pas possible de postuler une séparation tranchée entre organique et non organique. Gropius est toujours rationaliste, il conçoit l'architecture sous formes de " boîtes " articulées de façon fonctionnelle, comme dans le Bauhaus de Dessau ; à l'inverse, Wright, des *prairies houses* (III.8) du début du XX^{ème} siècle à la " montagne de lumière " de la synagogue des environs de Philadelphie (III.9), est toujours organique. Mais Aalto, architecte organique dans ses œuvres les plus remarquables, tombe dans le néo-classicisme lorsqu'il dessine le palais Enso-Gutzeit d'Helsinki. Et paradoxalement, Mies, durant sa période américaine, jusque dans le Seagram building de New York, tant admiré, se réfugie dans l'hibernation rationaliste »⁴⁶.

Définir l'architecture organique est donc complexe. Aucun critère formel ne saurait faire pencher la balance dans un sens ou dans l'autre, il s'agit de prendre en compte une vision plus globale du bâtiment et des préoccupations qui ont présidé à sa réalisation, ayant notamment des répercussions formelles très facilement identifiables.

Il faut donc éloigner le simple geste formel visant simplement à retranscrire des motifs naturels. Sans cette précaution, on pourrait aboutir à une aberration telle que la déclaration d'un bâtiment comme la Majolikahaus d'Otto Wagner comme emblème de l'architecture organique puisque sa façade est recouverte de motifs floraux stylisés. Ce qui ne veut pas dire que seuls les décors ayant une implication architectonique sont à même d'affirmer une construction comme organique. Le décor se doit seulement d'être choisi et apposé pour répondre à une fonction précise, et non comme un simple vecteur de joliesse.

D'autre part, la forme architecturale autre que la simple boîte n'est pas non plus significative. Le rond, le courbe ou autres polyèdres irréguliers font pencher un bâtiment dans le champ de « l'architecture non standard »⁴⁷ défendue par Frédérique Migayrou (et différente de l'architecture organique même si l'architecture organique est aussi une architecture non standard) s'ils ne sont pas porteurs de sens autre qu'esthétique.

Un ouvrage revient sur ces questions de formes. Etant donné que nous cherchons des bases à l'architecture environnementale, nous allons nous y intéresser de près car il est le seul ouvrage

⁴⁶ ZEVI Bruno, « Organique, Architecture » in Encyclopédia Universalis, Corpus 12, éditions de 1968. Page 195c et suivante.

⁴⁷ MIGAYROU Frédéric, *Architectures non standard : Exposition présentée au Centre Pompidou galerie sud 10 décembre 2003-1er mars 2004*, Centre National d'Art et de Culture Georges Pompidou, Paris, 2003.

transversal existant. En outre, il a été rédigé dans les années 1980 qui nous intéressent particulièrement. Il n'est pas à prendre ici comme une étude du courant de l'architecture organique mais comme un témoin, la partie émergée de l'iceberg, qui nous livre les connaissances, les intérêts et donc les potentielles influences des premiers tenants de l'architecture environnementale. Nous allons donc présenter un compte rendu le plus fidèle possible de cet ouvrage qui nous aide, entre autres, à cerner ce que V. D. Ree appelle « formes vivantes ».

Architectures vitalistes (III.10) paraît en 1986 aux éditions Parenthèses basées à Marseille. Ses auteurs sont tous deux architectes DPLG. Jean-Philippe Zipper est également critique d'art et enseignant. On lui doit notamment d'avoir élargi la connaissance de l'architecture organique à une théorie des analogies entre les arts plastiques contemporains et la biologie. Le co-auteur de l'ouvrage, Frédéric Bekas, exerce aussi comme designer industriel, notamment dans les structures légères, le mobilier ou les outils solaires.

La couverture rigide de l'ouvrage montre en première une photographie en noir et blanc de l'opéra de Sydney de Jorn Utzon (III.11) et en présente une esquisse en quatrième. L'ouvrage compte 99 pages avec bibliographie, index et table et est abondamment illustré. On ne compte pas moins de 193 illustrations dont 28 en couleur. L'iconographie est principalement constituée de photographies de bâtiments mais on trouve également des reproductions d'œuvres d'art, des croquis ou des photographies d'éléments issus de la nature, des croquis d'architecture, des reproductions de plans ou d'élévations et des schémas géométriques explicatifs.

La bibliographie est constituée de 33 ouvrages. On y trouve de nombreux écrits d'architectes, et notamment 4 ouvrages de Rudolf Steiner dont l'œuvre est largement commentée dans le texte.

I.I.I.II) L'Architecture Vitaliste, 1950-1980.

I.I.I.I.I.) « Sur la piste du paradis ».

Le prologue s'ouvre sur un mot de Paul Valéry, « l'idéal serait un art qui unirait le monde qui nous entoure au monde qui nous hante »⁴⁸. Cette vision d'un art ou du moins d'une architecture qui serait un fidèle reflet des états tant physiques que mentaux ou moraux de l'être humain qui habite l'architecture est un des axes importants de l'ouvrage. Le vitalisme « constante de l'architecture occidentale » serait l'expression d'une « nostalgie du paradis perdu ». C'est cette histoire qui traverserait les siècles que les auteurs vont s'attacher à retracer dans ce prologue.

Avant toutes choses, ils donnent une définition de ce qu'est le vitalisme, qui a pris la place du terme « organique ». Cette définition en négatif se fait par opposition au rationalisme qui serait son contraire. Là où le rationalisme est mesure, équilibre, stabilité, le vitalisme est spontanéité, pittoresque, dynamisme et profondeur. Il est un écho de l'art primitif. La critique du rationalisme et par la même du mouvement moderne est très virulente, notamment par le biais du vocabulaire employé. On peut ainsi lire qu'il est issu de la Grèce antique puis de la « dégénérescence romaine ». Le rationalisme serait « frigide et athée » alors que le vitalisme serait sensuel et emprunt de spiritualité. Un certain déisme ou du moins un rapport fort à la spiritualité est une autre constante de ce type d'architecture et traverse tout le texte.

⁴⁸ Sauf mention contraire, les citations présentes dans ce chapitre sont issues de l'ouvrage commenté. Elles sont utilisées pour le commentaire du chapitre auquel elles appartiennent.

Le rapport à la nature enfin, est peut être l'axe de lecture le plus important pour comprendre le vitalisme. Quand le rationalisme est une « position ascétique de défiance envers la nature, d'orgueilleuse domination de celle-ci [...] un dualisme opposant le spirituel et le naturel », le vitalisme « prône l'unité de la nature et de l'esprit. L'un veut soumettre et penser, l'autre préfère libérer et jouir. »

A travers cette définition par opposition au rationalisme, on lit aussi très clairement une critique de l'architecte démiurge, de sa conception de l'architecture et de ses outils, notamment mathématiques. Le rapport différent aux mathématiques est également d'une grande importance. Rationalisme égal « géométrie euclidienne⁴⁹, morale stoïcienne, thomiste ou janséniste », il « rassure l'homme que la nature effraie » tandis que le vitalisme use de la géométrie projective, non-euclidienne, de la ligne courbe. Selon les auteurs c'est une architecture « de sève et de sang qui comble l'homme que la nature ravit ».

Une fois ces premiers axes établis, ils seront repris de manière permanente dans le texte, Zipper et Bekas se proposent de démontrer le caractère ancestral de l'architecture vitaliste⁵⁰. Leur histoire du vitalisme commence par un rapprochement entre vitalisme et baroque, celui du Portugal du XV^{ème} siècle et le baroque italien ou espagnol. L'Asie est également évoquée pour son caractère foisonnant, luxuriant. L'inspiration naturaliste des motifs est également soulignée. Les termes « paradisiaques », « paradis », « sensuel », « volupté », « alléchant », « naturalisme », « vitalité », « naïf », « primitifs », « richesse » reviennent sans cesse et sont opposés à « rigueur » ou « austérité » illustrés par Versailles par exemple. Avec Rousseau et notamment l'évocation du jardin anglais dans *La Nouvelle Héloïse*, la comparaison est faite entre la « tyrannie des tailles », la nature géométrisée du jardin à la française de Versailles et la nature authentique, « libre ».

L'évocation du jardin donne lieu à une première évocation des formes de la nature, « méandres », « courbes », « irrégulier », « tortueux » qui sera reprise notamment dans la troisième partie de l'essai.

Goethe est admis comme incarnant au plus haut point « l'enivrement panthéiste » et donc comme un théoricien plus ou moins direct du vitalisme en architecture. La tentative des arts and crafts est également examinée et si son succès vitaliste est admis pour la peinture, l'architecture produite par les disciples de Morris et Ruskin ne trouve pas grâce aux yeux des auteurs. Elle est qualifiée d' « historicisme pittoresque et anecdotique ». Ce n'est qu'au XIX^{ème} siècle que le vitalisme sortira de cette ornière pour produire un art réellement nouveau, grâce à Gauguin et aux Nabis entre autres pour la peinture, et pour l'architecture à Guimard, Gaudí, Horta, Van de Velde et aux tenants de l'art nouveau qui exprime « la beauté de la nature ». L'art nouveau est même qualifié de « romantisme biologique » et l'on retrouve dans cette expression l'attrait pour le romantisme panthéique de Goethe, la nostalgie d'un paradis perdu, rapproché d'une vision presque scientifique de la nature que l'on retrouvera dans la première partie de l'essai. A nouveau le vocabulaire ayant trait à la nature, à la substance organique est très présent tant dans l'expression de sentiments que dans la qualification des formes.

Le XX^{ème} siècle avec l'apparition de Nietzsche, de son mythe du génie solitaire et de l'homme nouveau, ouvre sur l'arrivée de nouvelles utopies. Les expressionnistes allemands qui veulent pousser leurs recherches jusqu'aux « éléments fondateurs du monde » sont issus du même

⁴⁹ Il faut noter que Frédéric Migayrou affirme que les formes de ce qu'il a appelé « architecture non standard » sont issues, notamment, de la modélisation de formules mathématiques appartenant à la géométrie non-euclidienne.

⁵⁰ Pour V. D. Ree, « l'architecture organique à émergé autour des années 1900 de sources multiples et en partie très différentes », (REE Pieter van der, (trad. Val de Flor Isabelle), *Architecture Organique : l'Homme et la Nature comme source d'inspiration*, Paris, 2005. Page 4.). Zevi, en revanche, n'hésite pas à y rattacher certaines réalisations préhistoriques.

mouvement, qui, selon les auteurs, tend vers le vitalisme. Rudolf Steiner est ainsi qualifié très subjectivement de « meilleur architecte de l'époque ». Là encore le rapport au spirituel et à la sacralisation des perceptions sensibles est fortement mis en avant.

Dans cette histoire du mouvement vitaliste sur laquelle les auteurs tentent d'asseoir la légitimité de leur discours, vient ensuite le moment d'évoquer Frank Lloyd Wright « père du vitalisme américain » lui aussi très apprécié puisqu'il est qualifié de « plus grand architecte du siècle avec Gaudi et Steiner ». L'expérience de Taliesin est évoquée et qualifiée « d'école de la vie ». Les termes d'« utopie », « nature » ou encore « expérience fascinante » se succèdent au sujet de Wright et de ses bâtiments. Les communautés hippies américaines et leur rapport à la terre viennent clore ce paragraphe.

Zipper et Bekas en arrivent alors au champ temporel défini dans le titre de leur ouvrage avec un constat qui tranche fortement avec leur évocation passionnée des périodes précédentes. Pour eux les modernes ont gagné et l'architecture est devenue une « gigantesque entreprise de déculturation machiniste et commerciale ». Le sort du « post-modernisme » est réglé en quelques lignes également : « on s'en souviendra plus tard sans doute comme d'un mouvement plutôt mièvre et peu convaincant. »

Enfin, pour conclure cette histoire du vitalisme, on évoque l'avenir avec d'une part les bâtiments hautement technologiques comme le centre Pompidou ou les projets d'Archigram et d'autre part « la nécessaire soupape de sûreté » que tout « corps social doit posséder sous peine de disparitions » et que seront les bâtiments vitalistes. Ces bâtiments seront « des lieux expressionnistes, baroques et romantiques, garants de rêve et d'exotisme », « des lieux où l'on s'éclate, en y venant retrouver la nature et certains vécus élémentaires, produits de l'instinct et garants d'une survie ». Cette dernière expression n'est pas sans rappeler le titre de l'ouvrage de Yona Friedman, *L'Architecture de survie : où s'invente aujourd'hui le monde de demain*, paru en 1976 sur lequel nous reviendrons. Tous les éléments relevés dans ce long prologue sont parfaitement résumés dans ces quelques phrases qui viennent conclure cette définition historique de ce qu'est le vitalisme.

Vient ensuite sans ménagements l'annonce du plan de l'essai et sa justification. Il s'agit des 3 parties mises en valeur dans la table des matières sous le titre de « formes de la nature : trois regards ». Selon les auteurs, les grands édifices vitalistes peuvent être classés en trois ensembles qui correspondent à trois formes de regards de leurs concepteurs sur la nature. Ces trois regards ne sont cependant pas les seuls possibles et ils ne s'excluent pas l'un l'autre, ils peuvent même se superposer dans certaines œuvres.

Le premier chapitre, « Mécaniques vivantes », est issu d'un regard de mécanicien, celui qui cherche à comprendre la structure. Le second, « Polarité dans l'espace », est illustré par un danseur dont les gestes donnent à voir la croissance dans l'espace. Le dernier, « Images du monde », est le regard du peintre figuratif qui voit une image.

I.I.I.II.II.) « Mécaniques vivantes ».

Il s'agit d'observer comment la nature procède pour acheminer la matière d'un point à un autre, de se demander quelles sont ses structures préférées, quels systèmes constructifs vitalistes l'architecte et l'ingénieur inventent en l'observant. En un mot, les auteurs partent du principe que l'homme veut observer et comprendre la nature, aller au-delà des apparences. Zipper et Bekas construisent leur argumentation comme ils le feront dans tout l'essai. Ils s'appuient sur des exemples prestigieux pour asseoir leur parti pris avant d'examiner une série d'œuvres qui peuvent illustrer leur théorie.

La première partie de « Mécaniques vivantes » consiste donc à mettre en place cet argumentaire. Schémas et reproductions à l'appui, on évoque les observations du vol des

oiseaux qui ont abouti à l'invention de machines volantes et les écorchés de De Vinci qui illustrent bien cette volonté de comprendre la nature. On évoque aussi Paxton qui, après avoir observé sa fille se tenant debout sur un nénuphar géant en 1838, s'inspire de la structure de la plante pour développer une structure avec colonne porteuse et fines ramures. Gaudi s'inspire également du système de branchements de la nature pour développer un nouveau type de système de répartitions des descentes de charges des voûtes de la Sagrada Familia en inclinant les piliers vers la poussée. Il s'inspire également des travaux du mathématicien Giovanni Paleri qui, en 1748, découvre la courbe funiculaire. Cette découverte consiste à suspendre librement un poids à une cordelette pour constater que la courbe ainsi formée correspond au moment où la traction est égale et parfaitement répartie sur chaque extrémité de la cordelette. Gaudi reprend cette expérience pour construire la Colonia Güell (III.12) en retournant la courbe, ce n'est donc plus la traction mais la poussée qui se trouve parfaitement répartie. Les travaux de Gaudi sont donc qualifiés d' « architecture logique et matérialiste » car, avec le moins de matière possible et le moindre effort il traite la structure de façon vitaliste « c'est-à-dire comme l'expression des forces qui agissent sur elle ». On retrouve ici la logique de Sullivan qui souhaite qu'en matière d'architecture, la forme suive la fonction. Les recherches de D'Arcy Thompson sont également décrites. Celui-ci compare les structures naturelles (squelette...) aux dernières innovations technologiques et structurelles en architecture pour mettre en évidence, a posteriori, les qualités structurelles de certains squelettes.

Les auteurs abordent ensuite, après la question du dessin de la structure, la question de sa matière. Dans le siècle du béton armé ils considèrent, dans un grand élan lyrique, le béton et son ferrailage comme une imitation métaphorique de la chair et de l'ossature. Avec le béton armé, les façades ne sont plus nécessairement porteuses, le bâtiment est donc en lui-même comparable, dans son rapport structure/façade, au monde animal et à la différenciation entre peau et squelette. En outre, le béton armé permet une grande variété de formes en rapport avec celles de la nature. Il a des propriétés de résistance simultanée à la compression, la traction et la flexion communes aux matériaux organiques. Le béton est donc bien une matière vitaliste.

La question de la structure est centrale dans cette partie car si elle est l'âme, au sens mécanique du terme, de l'architecture, elle en est aussi l'âme au sens plus spirituel. C'est cette attention au sens (métaphorique ?) de la structure qui définit les grands architectes vitalistes car selon Zipper et Bekas, « les grands architectes vitalistes prêtent à leurs structures une signification philosophique ou idéologique ». Le double rapport à la nature et à la spiritualité de l'architecture vitaliste est encore bien mis en valeur dans cette introduction au premier point. La spiritualité prend rapidement un ton plus ésotérique avec l'évocation de l'Énergie. Cette énergie circule dans la nature à travers la matière. C'est donc la circulation de la matière qui trahit la circulation de l'énergie et plus on économise la matière plus on concentre cette énergie. Pour les auteurs, l'acheminement de la matière dans la nature se fait toujours dans une configuration permettant la dépense la plus minimale et cet acheminement qui crée la structure s'effectue selon 4 modèles principaux, la spirale, le méandre, l'explosion et le branchement.

La spirale est régulière et uniforme, elle peut se poursuivre à l'infini pour remplir la totalité de l'espace en 2 dimensions. Elle est cependant très indirecte.

Le méandre, lui, n'est pas uniforme mais turbulent et aléatoire. Il peut également couvrir tout l'espace en 2 dimensions. Il est court et indirect.

L'explosion est uniforme mais ne peut pas remplir tout l'espace uniformément, car elle est toujours plus dense au centre qu'en périphérie. Elle excelle en revanche en directivité, elle joint les points de la manière la plus directe.

Reste les branchements (système des branches des arbres). Il n'est pas uniforme car il comporte de nombreux détails et variations. Il peut en revanche remplir tout l'espace de manière courte et relativement directe

- La spirale.

Encore une fois, les auteurs commencent par constater sa présence dans toutes les formes de la nature, du coquillage au cyclone. Ils en donnent ensuite le processus de formation, sa description mathématique. Il s'agit de faire grandir plus vite la surface extérieure, la plus éloignée de l'axe.

Les auteurs commentent et décrivent ensuite les bâtiments qui utilisent cette structure. La maison Bavinger de Bruce Goff construite dans l'Oklahoma en 1950 (III.13), qui consiste en un enroulement en spirale d'un mur de pierre autour d'un mât fait d'un tube, détourné de l'industrie pétrolière. Elle est construite avec des matériaux bruts ou issus de la récupération et possède, selon les auteurs, une « tension remarquable ».

Vient ensuite le célèbre musée Guggenheim de Wright décrit comme un coquillage spiralé inversé. Ces deux exemples sont décrits minutieusement mais leur analyse est assez succincte.

- Le méandre.

Le méandre se constitue comme la spirale mais les deux surfaces grandissent de manière inégale en alternant recul et avancée. On le trouve dans le dessin du lit des fleuves, dans la reptation du serpent ou dans le mouvement des muscles situés de chaque côté de la colonne vertébrale, par exemple.

La colonne flexible de Frei Otto en est l'illustration parfaite. On retrouve ce même principe dans la précontrainte du béton avec l'exemple de l'échangeur autoroutier de Saint Maurice, où les voussoirs seraient les vertèbres et les câbles les muscles.

Zipper et Bekas imaginent ensuite la possibilité d'une structure avec précontrainte variable qui permettrait de mouvoir un ouvrage d'art par exemple, pour lui donner différents débouchés routiers en fonction de l'intensité de la circulation. Ils illustrent ce principe par une esquisse de pont de Paolo Soleri qui ressemble à l'écorché d'un bras humain et qui fonctionnerait de manière similaire.

- L'explosion.

L'explosion consiste à relier un unique point central vers divers points périphériques de la manière la plus courte. La densité faiblit donc à mesure que l'on s'éloigne du point central. On retrouve ce principe dans la forme de la goutte qui se brise sur le sol, dans la feuille de palmier ou l'étoile de mer. En architecture, l'explosion pose cependant le problème de la surcharge du centre de la structure.

Ce principe est repris par Nervi dans le hall d'exposition de Turin de 1948 (III.14) ou le palais des sports de Rome construit entre 1956 et 1957. Le problème de la surcharge du point central est résolu en donnant un mouvement spiralé à l'ensemble en s'inspirant de la Phyllotaxie Spiralée (une spirale de Fibonacci).

Il s'inspire également de la disposition des réceptacles des graines du Tournesol dans le restaurant du Kursaal au Lido de Rome en 1950 à la construction duquel il participe en tant qu'ingénieur.

- Les branchements.

Le branchement est le système par excellence de l'arbre, que ce soit pour les branches ou les racines. On le retrouve également dans les corolles de fleurs. C'est à partir de ce système que Frei Otto développe une étude structurale pour supporter un toit en 1960 mais on le retrouve partout. Dans l'usine Ceramica Salimene de Soleri en 1953, dans l'église San Giovanni de Florence construite en 1960-63 par Michelucci, ou dans la maison Stevelman construite par Zipper, l'un des auteurs, à Lorgues en 1963 (III.15) et qui, grâce à ce système, « se fond dans le terrain planté d'oliviers » qui l'entoure. C'est dans ce sous-chapitre que les exemples sont les plus nombreux, plus de 15. On évoque ainsi l'église du Saint Esprit de Baumewerd construite en Allemagne entre 1962 et 1966, dans laquelle le traitement du béton « simule la vie », la maison Ispahan de Porro en Iran, deux des villas de Barreth à Cannes, l'aéroport Charle de Gaulle à Roissy de Paul Andreu, le palais du travail de Nervi à Turin et bien sur le bâtiment de la Johnson Wax Company de Wright à Racine aux États-Unis.

... Et les autres structures organiques.

Dans ce sous-chapitre fourre-tout, les auteurs évoquent toutes les formes qui n'entrent pas dans les 4 modèles évoqués plus haut mais qui, inspirées de la nature, ont tout de même donné formes à l'architecture.

La structure de la Radiolaire, une amibe marine a ainsi inspiré Fuller pour ses fameuses structures géodésiques (III.16), qui reprennent, en outre, le principe de la géométrie énergétique/synergétique. On retrouve cette même structure géodésique chez Steve Baer dans les dômes de Drop City au Colorado dans les années 1970 (III.17).

Une autre de ces structures s'inspire de la feuille pliée, c'est le cas de celle du palmier. En architecture on l'appelle la structure V La Faille du nom de l'ingénieur qui l'a conçue. On la trouve dans le hall d'exposition de Turin construit par Nervi déjà évoqué plus haut.

La toile d'araignée, utilisée par l'homme depuis des temps immémoriaux se retrouve dans les mailles des filets de pêche par exemple, mais aussi dans les arènes musicales de Wunsiedel construites en Allemagne en 1963 par Frei Otto ou sur la voûte de la synagogue de Chicago construite par Yamasaki en 1964.

Reste la coque, celle de la boîte crânienne ou de l'œuf. Elle est d'abord utilisée par Freyssinet en 1916 pour construire des hangars d'avions puis dans les fameuses maisons de Théoule-sur-Mer construites par Anti Llovag en 1982 (III.18). Elle est également utilisée par Cordella pour construire l'église de Tabuca au Mexique en 1957.

Pour les auteurs, « les coques peuvent avoir des formes totalement libres, le bâtiment devient alors véritablement organique ». C'est le cas pour le T.W.A. terminal de New York construit par Eero Saarinen en 1962 ou pour le musée Maeght de Saint Paul de Vence construit par Sert en 1964.

Enfin, le dernier bâtiment présenté qui use de cette forme est l'opéra de Sydney construit par Utzon entre 1957 et 1974 et dont on se souvient qu'il orne la couverture de l'ouvrage.

Les auteurs apprécient : « l'ensemble est une des structures les plus belles et les plus sophistiquées qui ait jamais été bâtie », « il y a peu d'architectures aussi émouvantes que ces coques de béton, titanesques masses déguisées en volatiles, voiles de tissus prêtes à s'emporter dans le souffle du grand large »...

Au vu de l'importance que les auteurs semblent accorder à ce dernier bâtiment et en prenant en compte le fait qu'il y a plus d'exemples de bâtiments dans cette section que dans celle concernant la spirale ou le méandre par exemple, on peut se demander pourquoi ce chapitre sur la coque n'a pas été mis plus en valeur au sein de cette première partie. La réponse a sans

doute un lien avec l'énergie déjà évoquée plus haut ; en effet, les 4 premières formes sont conductrices de matière et donc d'énergie, ce qui n'est pas le cas pour la coque. Les auteurs en disent même qu'elle ne devient « véritablement organique » que lorsqu'elle prend une forme libre, et donc plus éloignée de celle que l'on trouve dans la nature. Le rapport avec les formes de la nature et l'utilisation massive de la coque en architecture obligeaient cependant les auteurs à l'évoquer.

I.I.I.III.) « Polarité dans l'espace. »

Dans cette partie, c'est le geste, le mouvement qui est abordé. Les auteurs partent du principe que toute forme est la matérialisation de forces. Derrière la métamorphose des formes, c'est le jeu des forces subtiles de la croissance qui se manifeste. Ici, la géométrie classique n'est pas d'une grande aide mais les travaux botaniques de Goethe et la géométrie projective peuvent aider l'architecte à bâtir une « gestuelle vitaliste ».

Cette partie est sans doute la plus complexe et la plus déroutante de l'ouvrage car elle fait appel à des notions très abstraites et très originales, ainsi qu'à des outils mathématiques que les historiens de l'art, entre autres, ne sont pas habitués à manier.

Les auteurs commencent par mettre en place ces notions et expliquer ces bases mathématiques en s'appuyant sur les travaux de Goethe enrichis par la connaissance de la tradition hindoue de Steiner (III.19) et sur « les sages des anciens temps ».

Pour bien comprendre cette première notion fondamentale, il faut s'éloigner un peu du texte parfois un peu abscons(III.20). Il s'agit de décrire un champ de forces, une puissance qui serait à la fois l'origine et la finitude de toutes choses, une « quatrième dimension », un continuum espace-temps d'où toutes choses et donc toutes formes découlent et où elles retournent, l'Ether. Cet Ether peut être comparé, en quelque sorte, au monde des idées de Platon ou à la Vouivre des bâtisseurs de cathédrale, c'est-à-dire un tout sans matérialité mais qui serait la potentialité de toutes choses et que d'autres appellent forces telluriques ou cosmiques. Il est à signaler que cet Ether, quel que soit son nom, n'est pas une invention de Zipper et Bekas mais que cette force mystique est questionnée depuis tous temps par les hommes.

Cette force est associée à la Vie. Elle ne concerne pas les minéraux par exemple, qui ne changent plus de formes par eux-mêmes. La matérialisation de cet Ether est donc la Vie et les transformations formelles qui affectent le monde du vivant ne peuvent qu'être « la matérialisation de ces forces subtiles décrites par toutes les traditions ». La métamorphose de la plante, depuis la graine jusqu'à la floraison par exemple, rend lisible cet Ether. La forme traduit donc sa présence.

C'est sur Steiner que s'appuient à nouveau les auteurs pour donner une transcription de cet Ether puisque selon lui, seule la géométrie projective est à même de considérer l'espace dans tout son caractère infini. Son opposé, la géométrie classique, celle d'Euclide, ne traite l'espace que par le biais d'outils finis, toujours fragmentaires, « on mesure. On opère avec des longueurs, des surfaces, des portions d'espace et des proportions ». « C'est la géométrie des formes achevées ».

La géométrie projective développée par Pascal, Brianchon, Carnot et Desargues (auxquels on pourrait ajouter Robinson) en revanche, « permet de reconnaître non seulement ce caractère de formes constituées par des points [c'est-à-dire mesurable, achevé] mais aussi la nature de plan et de périphérie de l'espace » c'est-à-dire un moment, une caractéristique dans un espace non mesurable et qui peut être conçu comme partant d'un centre pour s'étendre à l'infini.

C'est ce principe de centre qui donne son titre de « Polarité dans l'espace » au chapitre, mais également la description d'une « polarité fondamentale » entre « espace », décrit par la

géométrie euclidienne et où s'exerce les lois physiques, et «contre-espace », rendu perceptible par la géométrie et lieu de la potentialité éthérique. Cette « polarité » est donc aussi celle du point et du plan qui s'opposent en tout, l'un étant le lieu de concentration ultime lorsque l'autre est la possibilité d'une extension infinie.

Selon les auteurs, c'est en étudiant ce type de géométrie et les travaux botaniques de Goethe que Whicher et Adams, disciples de Steiner, ont perçu quatre aspects de cette « polarité fondamentale » qui deviennent 4 des sous-chapitres de « polarité dans l'espace ».

Il s'agit de « contraction/expansion » dont « point, ligne, plan », « du cercle à la parabole » et « courbes, entre point et ligne » sont des déclinaisons, puis « concavité/convexité », « croissance en spirale » et « rayonnant/périphérique ».

- Contraction/expansion.

Ici, toujours en s'appuyant sur Goethe, les auteurs montrent comment, à chaque moment de la croissance de la plante, sont alternés des moments de contraction et d'expansion. Outre les schémas et les croquis de plantes, ce court chapitre est illustré par une photo d'un balcon de la maison de la culture de Sarospatak en Hongrie construite par Imre Makowecz en 1983 mais elle n'est malheureusement pas commentée.

« Point, ligne, plan » ne fait que quelques lignes. Il vise à expliquer que la ligne, qui est contractée dans une dimension et en expansion dans l'autre, joue le rôle de « médiateur » dans la polarité entre point et plan. « Du cercle à la parabole », également très court, explique comment un cercle devient une parabole, c'est-à-dire une ligne courbe quand sa forme est projetée sur un plan par des lignes partants d'un point (comme l'ombre de la lune sur la terre lors d'une éclipse, le soleil étant le point, ses rayons lumineux les lignes, la lune le cercle et la terre le plan). Le cercle étant placé entre ce point et le plan. Ainsi toutes les formes de courbes ne sont que des transformations projectives du cercle selon son inclinaison ou celle du plan, « la même idée se manifestant sous différentes formes ». Ces courbes, selon leur rayon de courbure, sont soit en expansion soit en contraction. C'est l'objet de « courbes, entre point et ligne ». On introduit la notion de mouvement dans la géométrie puisque en fonction des mouvements de ces éléments la forme change, donc si la forme change c'est qu'il y a mouvement. L'étude des constructions géométriques évoquées plus haut est conclue par ces mots : « les constructions étudiées [...] illustrent un processus mathématique proche du processus organique de la croissance des plantes, la croissance n'est pas seulement quantitative, elle s'accompagne d'un changement de forme continu » situé entre la contraction et l'expansion absolu. En devenant mathématiques, ces notions deviennent donc directement utilisables par les architectes. La suite de « courbes, entre point et ligne » aborde donc, pour la première fois dans cette partie, la traduction de ces notions en architecture et notamment dans l'école Steiner à travers 5 bâtiments, écoles ou jardins d'enfants. Il s'agit du groupe scolaire de Villeneuve-d'Asq construit par Rodier en 1982, du jardin d'enfants de Dornach en Suisse par Keller en 1975, de celui de Forest Row en Grande Bretagne par les Devaris la même année, du Rudolf Steiner seminariet de Järna en Suède construit par Asmussen entre 1967 et 1973 et de l'Ecole d'agriculture de Grosslobming en Autriche que l'on doit à Zykowitz et Kowalsky et qui a été achevé en 1982.

Selon les auteurs, l'utilisation simultanée de formes en contraction ou en expansion dans ces bâtiments n'est pas gratuite, il s'agit d'une action pédagogique visant à développer chez l'utilisateur « une grande souplesse mentale, le sens de la mobilité spirituelle » car les formes de ces bâtiments sont telles que cet usager « les vit dans un rapport dynamique vivant plutôt que par analyse intellectuelle », elles « instaurent une présence inhabituelle dans l'architecture moderne, quelque chose comme une humanité qui entretient un dialogue avec l'utilisateur développant une philosophie de la liberté où chaque atmosphère inspire un souci permanent

du libre choix de chacun ». Malheureusement, tout ceci ne relevant que du ressenti qui n'est par nature pas quantifiable, il ne peut s'agir que d'une déclaration d'intentions ou d'une lecture qui n'engage que ses auteurs, ce qui n'indique pas pour autant son inexactitude. On commence effectivement aujourd'hui à mieux cerner les effets de certains ensembles immobiliers sur le comportement de leurs usagers ce qui signifie parfaitement que l'architecture n'est pas sans influence sur l'utilisateur.

- Concavité/convexité.

Une nouvelle fois, ce développement s'ouvre sur un rapprochement avec la nature, et la croissance de la plante. Sa feuille sera épanouie et donc de forme convexe ou tout juste éclosée et concave. On analyse ensuite le statut de chacune de ces formes ; le convexe serait lié à la terre, à la matière, tandis que les formes concaves renverraient au soleil, à la lumière et donc à l'Ether. Ce rapport entre concavité et convexité serait une nouvelle illustration de la « polarité fondamentale ».

Ces deux types de formes utilisées en architecture renverraient donc à des réalités sensibles. Les formes qui seraient concaves autour de l'utilisateur seraient créatrices de bien-être et de sensualité. C'est le cas par exemple, de l'École de ballet de la Havane construite par Garatti entre 1963 et 1964, de l'église que Dieste achève en 1958 à Atlantida en Uruguay ou des constructions d'Anti Llovag, le laboratoire de Caussale qui date de 1982 ou de la maison Bernard à Théoule-sur-Mer achevée en 1970 et qui dégage « une sensualité exubérante ». En revanche, les formes convexes invitent au recueillement et à l'oubli de soi, c'est le cas de l'église de Tampere en Finlande qu'a construit Pietila en 1966.

Enfin, lorsque l'architecte mélange les deux types de formes, « cela permet d'éviter la contrainte d'un parti architectural très unilatéral, qui glorifie à outrance un aspect de la polarité et vise à en exclure un autre ». C'est le cas de la maison au toit d'herbe de Maisons-Laffitte de Brossard achevée en 1962 ou de l'église de la Sainte Famille de Salerne en Italie construite en 1973 par Portoghési où l'on retrouve « l'harmonie bien équilibrée d'une polarité complexe ». Il en va de même pour l'immeuble Walden 7 construit entre 1973 et 1975 que l'on doit à Bofill et dont la cour intérieure concave avec ses balcons en saillie convexe est qualifiée « d'espace éthérique » (III.21).

- La croissance en spirale.

Comparé au processus de croissance de l'ortie blanche, le processus de croissance en spirale est une spécification du monde vivant et donc une traduction des forces éthériques également. Il diffère de la forme de la spirale déjà évoquée en cela que la spirale n'est plus cantonnée aux seules deux dimensions du plan.

« Il est tentant pour le concepteur d'essayer de matérialiser ce tourbillon spiralé. S'il y parvient, il est assuré de pouvoir utiliser la très forte énergie de la spirale pour donner un caractère fortement persuasif à son bâtiment. »

C'est le cas pour Wright dans le Guggenheim (III.22) ou pour la boutique Morris à San Francisco qui date de 1949. Cette forme est aussi utilisée par Portoghési et Gigliotti pour la maison Bevilacqua à Gaeta en Italie en 1971 ou dans l'église de la paroisse du Précieux Sang de Manitoba au Canada réalisé par Gaboury en 1967, à l'intérieur de laquelle, « placé au cœur du tourbillon éthérique, le fidèle est régénéré, revitalisé par l'énergie, comme une plante dans la lumière ».

- Rayonnant/périphérique.

Les formes rayonnantes sont constituées d'un point central d'où une multitude de lignes partent vers la périphérie, on peut la rapprocher de l'explosion mais, là encore, en 3 dimensions. L'espace intérieur est occupé, c'est un espace physique. La forme périphérique en revanche est constituée de plans qui s'entrecoupent en périphérie d'un espace laissé libre, éthere. Contrairement aux formes proches évoquées dans la première partie, celles-ci se développent en 3 dimensions. Si les premières étaient parfaitement indiquées pour le dessin des structures, celles-ci, issues de la « polarité fondamentale », en plus du mouvement qu'elles induisent, sont recherchées dans la forme globale du bâtiment. C'est ce qui explique qu'elles soient si difficiles à reproduire. C'est un parti très sophistiqué. On trouve cependant des formes rayonnantes dans la maison Papanice dessiné par Portoghesi à Rome entre 1969 et 1970 (III.23), dans le village de vacances de Bonifacio par Boccanfuso ou dans le centre culturel de Vaduz au Liechtenstein conçu par Porro en 1975.

I.I.I.II.III.) « Images du monde. »

Ici, l'architecte est comme un artiste figuratif qui exprime les formes de la nature par la création de métaphores ou d'allégories qui soulignent la fonction du bâtiment ou affirment un credo humaniste. C'est « l'exaltation de la continuité entre l'homme, le monde organique et le monde spirituel ». Cette partie de l'essai s'intéresse donc à la représentation du monde vivant, non plus dans ses formes élémentaires qui transmettent des énergies ou des sentiments mais dans son aspect le plus figuratif et le plus complet qu'il soit possible de montrer en architecture. Elle vise plusieurs buts et rejoint notamment l'aspect très spirituel de l'architecture vitaliste. « Pour célébrer la Création, l'édifice peut figurer les règnes humains, végétaux ou animaux. La figuration évoque directement quelque chose de concret [à la différence des formes évoquées jusque-là], une forme matérialisée. Le bâtiment est alors une métaphore, une allégorie chargée de mémoire. »

La figure représentée peut cependant être explicite ou implicite, la reconnaissance d'une forme issue de la nature sera alors une des lectures possibles d'un bâtiment chargé d'un code mixte et ambigu.

Le rapport avec les formes de la nature est moins développé puisqu'il s'agit, non plus de représenter des formes cachées derrière les apparences que les auteurs doivent rendre visibles pour le lecteur, mais l'apparence de la nature elle-même. Comme cela avait été déjà fait pour le précédent chapitre, ils s'appuient sur des exemples très anciens ou de champs géographiques lointains pour appuyer leurs dires. Selon eux, « la plupart des peuples ont tendance à un moment ou à un autre à projeter sur leurs édifices leur propre image ». C'est le cas du Stupa de Bouddha à Katmandou ou de l'habitat Ghanéen ou Dogon...

En effet, cette pratique de l'architecture contemporaine doit beaucoup au primitivisme. Une nouvelle fois, la charge contre l'architecture moderne est virulente, « l'architecture vitaliste figurative et expressive est opposée à l'architecture internationale cubique et glaciale », « totalement opposée au style international ».

- Images paysages.

Les chapitres seront découpés selon ce que les bâtiments évoqués représenteront. Le premier est donc l'image paysage, qui représente un paysage ou un morceau de nature. Elle est sensée faciliter l'intégration du bâtiment dans son environnement. Cette imitation délibérée d'un paysage peut aussi relever « d'un certain écologisme » et le mot n'est pas

neutre lorsque l'on connaît sa signification politique. Il n'est d'ailleurs pas étonnant de le trouver ici.

Le rapport est immédiatement fait par le premier exemple présenté puisqu'il s'agit de Grow Hole, une maison solaire et passive et donc enterrée pour des raisons thermiques, autoconstruite par des hippies au Nouveau Mexique dans les années 1970. On retrouve cette même idée dans la maison solaire de Flayosc en Provence. Construite par Hountou et Etivant en 1980, sa toiture galbée est recouverte d'herbes ce qui la fait ressembler à une colline. Le complexe touristique de Port-la-Galère à Théoule-sur-Mer construit par Couelle et Vitorge entre 1967 et 1983 ou la maison de Castellanas par le même Couelle en 1965 sont, quant à elles, des tentatives « uniques » de figurer les effets de l'érosion dans la masse minérale. Ces exemples, rejoignant ce qui a été dit dans le prologue et qui semble un tenant important du vitalisme, sont décrits comme « un vitalisme du plaisir et du rêve, [...] une architecture du dépaysement, soupape de sûreté d'une société trop morne. »

D'autres exemples de paysages sont évoqués comme l'hôtel des Dromonts à Avoriaz que l'on doit à Labro, Orzoni et Roques en 1966 et qui est « une montagne parmi les montagnes » ou la synagogue de Beth Sholom en Pennsylvanie (1954-59), œuvre de Wright qui représente une montagne géométrisée. Comme la figuration est interdite dans les synagogues, Wright fait de la synagogue elle-même la montagne de lumière de l'Ancien Testament.

On peut aussi penser à l'usine de Ceramica Salimene de Soleri déjà évoquée plus haut et dont la façade imite la mer en bordure de laquelle elle se trouve ou aux tours d'H.L.M. de La Défense conçues par Aillaud en 1978 et dont les couleurs et le calepinage évoquent les nuages **(III.24)**.

- Le bestiaire.

Là encore, il semble que l'animal soit partout dans l'architecture ancienne. Le rapport entre l'homme et l'animal est, de toute façon, cultivé depuis les temps les plus reculés, dans les masques primitifs africains par exemple, mais aussi comme symbole religieux en Egypte, dans les signes zodiacaux ou même dans le christianisme où le Christ est un mouton et le Saint Esprit une colombe...

Cependant la signification que Zipper et Bekas trouvent à l'animal dans l'architecture est toute autre. Pour eux, « dans l'âme moderne, l'animal (qui est [la] psyché instinctuelle [de l'homme]) peut devenir dangereux si l'architecture contemporaine persiste à ne pas vouloir représenter le bestiaire. » Ils citent Karl Jung selon qui l'acceptation de l'âme animale est « la condition de l'unification de l'individu et de la plénitude de son épanouissement ».

On retrouve ce bestiaire à la Casa Battlo de Gaudi achevée en 1906 par exemple.

La métaphore de l'oiseau est très présente au T.W.A. terminal de N.Y. **(III.25)** déjà évoqué et ce pour des raisons évidentes dans un aéroport. Mais l'oiseau est aussi un symbole spirituel que l'on retrouve dans l'extension de la maison Worley d'Albuquerque réalisé par Prince en 1974 ou dans la maison solaire Oiseau Bleu réalisée par les deux auteurs à Villecroze en 1982.

On retrouve aussi le lézard par exemple, dans la villa bioclimatique que Bekas réalise à Opio en 1984. Le lézard, comme le dragon, est un animal en rapport avec les profondeurs chtoniennes ; on retrouve le dragon à la Vilette par Ghys en 1976, toujours chez Bart Prince au studio Hana qu'il réalise à Albuquerque en 1975 ou chez Porro dans la maison Janus qui date de 1979. Porro et Prince donnent souvent des figures animales à leurs réalisations, cochon, bélier...

Le choix de la représentation de l'animal a donc une signification : au zoo de Londres, le pavillon des éléphants est en forme d'éléphants buvants à la mare, vus de dessus, parce qu'il héberge des éléphants mais on utilise aussi l'éléphant pour sa bonne image d'animal placide

et rassurant. C'est le cas par exemple dans la clinique de Chiba au Japon réalisée par Murayama et le Team Zoo en 1975.

- L'anthropomorphisme.

Reste l'image de l'homme lui-même. On l'a vu, il est très présent dans l'habitat Dogon mais on le trouve aussi dans la vision urbanistique très noire de Soleri pour le plan masse de Mesa City qui est comparé avec un autoportrait tout aussi décharné et tourmenté de Schiele. Pour Renan, « le pur humanisme est le culte de tout ce qui est de l'homme », or pour les auteurs, « de l'humanisme à l'anthropocentrisme il n'y a qu'un pas car ce dernier fait de l'homme le centre de toutes choses. » La représentation de l'homme dans l'architecture serait donc une forme d'humanisme.

On trouve cette figure chez Porro dans le centre culturel de Vela Luka en Yougoslavie qu'il termine en 1970 et qui représente un géant (autoportrait) qui sort de l'eau. Porro réutilise ce motif de la tête humaine pour le plan de l'école de Marne-la-Vallée en 1979.

Soleri aussi l'utilise dans le centre communautaire de Scottsdale près de Taliesin en 1970.

Même Wright le reprend pour une église grecque orthodoxe près de Milwaukee en 1956 où le bâtiment vu de profil représente très clairement la tête du Christ ceinte de la couronne d'épines (III.27).

L'être humain, c'est aussi les entrailles que les auteurs voient dans le centre Pompidou de Piano et Rogers (sans doute un de ces motifs implicite qui peuvent donner lieu à d'autres lectures...) ou dans la banque centrale de Vienne construite par Domenig en 1980.

Les auteurs concluent ensuite brièvement leur développement par une réflexion sur le lien entre psychique et organique qui se doit d'être la pierre d'achoppement de l'art. L'ouvrage se termine par ces mots, « la forme est un magnifique champ-clos qui contient la totalité de l'univers et la somme de tous nos rêves et au-delà duquel nous ne pouvons sans doute aller », ce qui vient appuyer une nouvelle fois, s'il était besoin, l'importance de la forme en architecture.

I.I.I.III) Architecture organique et architecture environnementale.

Se pose à présent la question du lien entre architecture organique et architecture environnementale. A notre avis, cette question ne se pose pas en terme de filiation, car l'architecture organique est, on l'a vu, une architecture de l'environnement.

La présence d'architectes comme Buckminster Fuller, Steve Baer, Bruce Goff ou Frank Lloyd Wright au sein de ce mouvement, architectes souvent cités dans les ouvrages que nous allons aborder maintenant et que nous considérons comme importants sur le plan de la théorisation du mouvement environnemental en France ou comme des témoignages de ce qu'a pu être cette pratique, renforce cette intuition. Frank Lloyd Wright « pose les bases d'une architecture organique. Pour lui le bâtiment doit s'inscrire organiquement dans le paysage, les orientations de l'espace, et emprunter à la nature sa richesse volumétrique et sa liberté de composition »⁵¹. Le rapport à la nature est donc évident mais le rapport au bien-être de l'utilisateur est également un aspect important de la démarche organique. Ainsi, pour Karl-Dieter Bodack « le design organique peut être défini comme une méthode de travail, de création

⁵¹ FLORIDE Athys, TARTE Didier, VAL DE FLOR Isabelle, *Une Ville pour l'Homme, de la nécessité d'un développement durable des villes*, Association de Recherche et de Création pour l'Espace Organique, 1994 (non paginé).

depuis l'objet jusqu'au bâtiment par transformations successives de leurs formes et couleurs. [...] Les bâtiments issus de ce processus de travail peuvent être vécus comme un espace «vivant», participant au développement individuel et social»⁵².

D'autre part, Fuller et Wright ont été considérés par Carolyn Wittendal et Benjamin Jacquemet-Boutes dans leur étude sur le L.E.E.D.⁵³ comme les fondateurs de ce pendant états-unien de l'architecture environnementale.

Il faut également souligner que Franck Lloyd Wright a été l'un des premiers à utiliser massivement les débords de toiture pour faire de l'ombre aux baies de ses constructions et éviter la surchauffe des intérieurs. Cette technique deviendra ensuite l'un des préceptes de base de l'architecture bioclimatique.

Les concepteurs de maisons écologiques, solaires ou bioclimatiques, seraient donc des architectes sensibilisés à la méthode de travail que constitue l'architecture organique et qui auraient ensuite poussé plus loin les expériences. Les deux pratiques cohabitent ensuite. Pourtant, la plus grande preuve qui vient illustrer le discours très proche des préceptes organiques que nous entendons sans cesse dans la bouche des pratiquants de l'architecture environnementale vient du fait que Zipper et Békas, qui ont écrit l'ouvrage étudié plus haut sur l'architecture organique, ont eux-mêmes réalisé à plusieurs reprises des villas qui peuvent être qualifiées de bioclimatiques. D'autre part, la branche française de l'I.F.M.A. s'affirme comme « une association pour le développement d'une orientation organique de l'architecture dans le cadre du développement durable »⁵⁴, et Isabelle Val de Flore, présidente de cette association, traductrice de l'ouvrage de V.D. Ree et architecte D.P.L.G., inclut en permanence cet aspect dans sa pratique.

Enfin l'architecture organique affirme un credo humaniste et les grands architectes vitalistes prêtent à leurs structures une signification philosophique ou idéologique. C'est du moins ce que Zipper et Békas prétendent. Or cette politisation de l'acte de bâtir est également une constante de l'architecture environnementale comme nous allons le voir. L'architecture environnementale, comme l'architecture organique, est une réaction au style international, émanant du rationalisme, mouvement moderne qui est devenu la norme, notamment parce qu'il a été « dépouillé de son idéalisme social »⁵⁵.

L'architecture environnementale que nous faisons débiter en France dans les années 70 est donc en lien direct avec l'architecture organique, pratique plus ancienne. Ce lien s'exprime clairement par similarité de la « méthode de travail » et aboutit souvent, mais pas toujours, à une reprise des formes telles qu'on a pu les voir décrites par Zipper et Békas.

⁵² «Organic Design in contemporary architecture», in International Forum Man and Architecture (IFMA) Magazine n°23, 1998. Pages 11 à 17.

⁵³ JACQUEMET-BOUTTE Benjamin et WITTENDAL Carolyn, *L'architecture verte américaine*. Rapport d'étude. Disponible auprès de la fondation Gaz de France.

⁵⁴ REE Pieter van der, (trad. Val de Flor Isabelle), *Architecture Organique : l'Homme et la Nature comme source d'inspiration*, Amsterdam, I.F.M.A., 2005. Page 1.

⁵⁵ JENCKS Charles, *Modern movements in architecture*, New Ed edition, 1987. Page 38.

I.I.II.) Auteurs et ouvrages.

S'il y a communication et échanges dans le domaine de la construction environnementale, elle est avant tout orale. Les autoconstructeurs échangent leurs expériences au cours de chantiers expérimentaux, en travaillant les uns chez les autres. Ce bouillonnement permanent d'idées nouvelles est également bien visible lors des salons. Durant la saison on en trouve environ un par quinzaine partout en France et la capitale en compte même plusieurs, comme le salon Eco-bat, exclusivement dédié au sujet et qui a lieu à Vincennes, ou le salon Marjolaine, plus grand salon français dédié au monde du biologique mais avec une forte composante habitat. Dans ces salons exposent des architectes, des artisans mais aussi des industriels et, ce qui est significatif, de plus en plus de maisons d'édition ou des groupes de presse qui proposent leurs publications en rapport avec le sujet. Des conférences, des débats, des ateliers permettant de se familiariser avec certaines techniques orientent les discussions sur des thèmes précis mais les discussions plus informelles dans les allées sont également un excellent vecteur d'informations.

Enfin, c'est sur internet, par le biais des sites d'associations, de particuliers ou sur des forums dédiés que les échanges sont les plus riches. Débats d'idées ou questions techniques, tous les sujets sont abordés.

Malheureusement, une fois cité tous ces lieux d'échanges, on comprend que, par leur nature même, il soit très difficile d'en analyser le contenu. Tout au plus peut on constater le formidable développement, en quantité et en qualité, de ces voies d'informations souvent pertinentes. Les salons, par exemple, donnent lieu à une organisation de plus en plus concertée pour faire face à l'afflux d'un public d'amateurs mais aussi de professionnels, plus nombreux d'éditions en éditions.

Il est tentant de remarquer la manière avec laquelle ceux qui produisent de l'architecture environnementale échangent entre eux, se retrouvent dans leurs productions : manière conviviale en cela qu'elle est réellement centrée sur l'humain mais aussi très perméable aux avancées techniques et technologiques les plus pointues.

Sans internet et quasiment sans presse spécialisée, l'oralité, et donc le manque de sources écrites concernant le début de la période qui nous intéresse, est encore plus problématique. Cependant, dès le début des années 70, il est possible de trouver des publications qui peuvent nous aider à retracer les vrais débuts et les raisons de la naissance de l'architecture environnementale.

Parmi ceux-là, les ouvrages de Friedman tout d'abord sont un moment important de prise de conscience et de recherches de nouvelles pratiques. Le discours de ce dernier n'est pas fondé sur des solutions techniques mais il essaie davantage de proposer des alternatives pratiques fondées sur des habitudes différentes. Il essaie également de changer les mentalités. Dans un premier temps, ses livres sont un bon moyen de retrouver les préoccupations de la société du moment.

Shelter, qui signifie « abri », est publié en 1973 aux États-Unis par une association qui a pour but de rassembler des informations sur les techniques d'autoconstruction, d'entretenir une équipe travaillant sur la construction et l'habitat et de publier ses recherches. Cet ouvrage est une icône du mouvement. Rédigé avec de petits moyens, on y croise croquis, photos en noir et blanc, textes manuscrits ou tapés à la machine mais il semblerait qu'il ait été récemment réédité pour la vingt-quatrième fois aux États-Unis. La version française, puisqu'il s'agit d'une adaptation, est publiée en 1977 sous le titre *Habitats : constructions traditionnelles et marginales*. Aucune information n'est disponible sur l'auteur de la traduction et de l'adaptation mais encore aujourd'hui, ce livre revient beaucoup dans les bibliographies.

L'ouvrage suivant, publié en 1977, a pour titre *Techniques douces, habitat et société*. Il est l'œuvre de 4 auteurs, Malgorzata Baczko et Piotr Zakrewski, qui sont architectes, et 2 économistes, Ignacy Sachs et Krystina Vinaver. Tous ces auteurs travaillent avec le Centre international de recherche sur l'Environnement et le développement. Les techniques douces sont en quelque sorte les ancêtres des techniques mises en place aujourd'hui dans l'architecture environnementale. Certaines sont même toujours d'actualité.

Deux ouvrages de Bernard Rudofsky, qui ont en fait le même sujet, font également partie du corpus. Il s'agit d'*Architecture sans architectes* sous-titré *Brève introduction à l'architecture spontanée*, publié en 1977, et d'*Architecture insolite, une histoire naturelle de l'architecture concernant, en particulier, ses aspects le plus souvent négligés ou totalement ignorés*, publié en 1979. Ils ont pour thème l'architecture sans architecte et ont eu un grand retentissement dans le milieu de la construction environnementale et chez les architectes, comme en témoigne le fait que l'on retrouve l'expression « architecture sans architectes » dans le texte de Lajus et Ragot⁵⁶ : « si les sociétés de tradition ont été capables de produire des "architectures sans architectes", est-ce le cas de la société française d'aujourd'hui ? », exactement dans le contexte de l'architecture vernaculaire dans lequel il est utilisé par Rudofsky.

L'architecte Jean-Louis Izard publie également un ouvrage dans lequel il tente de tirer les leçons de l'architecture vernaculaire. Il s'agit d'*Archi Bio* (pour architecture bioclimatique) publié en 1979. Il est également le traducteur de *L'Homme, l'architecture et le climat* publié par Bernard Givoni en 1978. Cet ouvrage très technique a pour principal intérêt d'avoir été rédigé par un homme qui porte les 3 casquettes de docteur en médecine, d'architecte et de directeur du département climatologie du centre de recherches du bâtiment d'Haïfa en Israël. Le dernier des ouvrages de ce corpus est celui de Robert Chareyre, autoconstructeur qui fait part de son expérience et du fruit de ses recherches dans *La Maison Autonome* publié en 1980. Cet ouvrage a été distribué à plus de 20 000 exemplaires.

Un dernier ouvrage aurait mérité de figurer dans cette étude, il s'agit du premier *Catalogue des ressources*, publié en 1975, ayant pour thèmes, nourriture, vêtements, transports, habitats. Ce livre revient en permanence dans les bibliographies. Il donne les adresses, les dernières astuces mais il comporte également beaucoup de textes à l'idéologie souvent prononcée. Malheureusement, cet ouvrage est introuvable et la B.N.F. a égaré le seul exemplaire qu'elle possédait. Nous l'évoquerons cependant brièvement dans la seconde partie de cette étude par le biais de celui de 1985.

I.I.I.I.) Pensée et idéologie.

- Yona Friedman, un architecte à l'écoute du malaise de ses contemporains.

Yona Friedman est né à Budapest en 1923. Naturalisé français, il exerce la profession d'architecte jusqu'en 1957 et publie en 1958, en Allemagne, *L'Architecture mobile* qui lui confère une renommée mondiale. Après le congrès du C.I.A.M. à Dubrovnik la même année, il fonde le Groupe d'étude de l'architecture mobile comptant entre autres Aujame, Emmerich, Pecquet, Salton et Trappman. À partir de ce moment, il se consacre à l'enseignement de ses théories dans les grandes universités américaines (M.I.T., Harvard, Quer, etc.) et européennes. Il est également consultant auprès de l'U.N.E.S.C.O., du Conseil de l'Europe, du ministère de

⁵⁶ LAJUS Pierre, RAGOT Gilles, *L'architecture absente de la maison individuelle*, Mission Exploratoire, Rapport de Recherche, Paris, P.U.C.A., 1997.

l'Environnement, et membre de la Commission éducation de l'union internationale de la conservation de la nature. Il a fait partie, en 1976, du comité des experts préparant la Conférence des Nations Unies sur l'habitat à Vancouver.

Son parcours en fait donc un architecte très important mais montre également son attachement aux problèmes de l'environnement.

Tous ses ouvrages, depuis *L'Architecture mobile* en 1958 jusqu'à *Alternatives énergétiques ou la civilisation paysanne modernisée (III.27)* en 1982, sont des volets plus ou moins développés de sa théorie principale publiée en 1975 sous le titre d'*Utopies réalisables*. Dans cet ouvrage, après avoir développé ce qu'était une utopie et ce qui la rendait réalisable, il trace les contours d'une nouvelle forme de société. Brièvement, cette société est fondée sur le concept du groupe critique. Selon Friedman le groupe critique est l'explication du phénomène de sclérose de la société telle qu'elle est actuellement en place. L'impossibilité d'établir une circulation correcte de l'information entre les individus à l'échelle de l'Etat est à l'origine de cette sclérose. La solution trouvée passe par la mise en place d'une hiérarchie qui écrase l'individu et par la négation même de l'individualité. On aboutit donc à l'inverse de la société égalitaire que défend Friedman. Pour arriver à ce résultat, une société doit, selon lui, s'organiser en de multiples groupes critiques qu'il qualifie de « non communicants », c'est-à-dire n'échangeant entre eux que les informations strictement nécessaires au bon fonctionnement de l'ensemble ; le reste étant géré au sein même du groupe par l'ensemble de ses membres. Ce qui définit donc le groupe critique, c'est-à-dire le nombre d'individus formant un ensemble au-delà duquel le système retombe dans ses travers évoqués plus haut, c'est la vitesse et la capacité de chaque individu à recevoir et à transmettre un nombre d'informations au sein du groupe, sans que l'information ne soit altérée. Cette capacité définit un nombre d'individus maximal calculé mathématiquement.

Pour Friedman, « l'hypothèse du groupe critique est peut-être le départ d'une écologie sociale »⁵⁷, « il s'agirait donc d'un mécanisme qui règle la coexistence des sociétés exactement comme le mécanisme d'un écosystème règle la coexistence des espèces »⁵⁸.

La naissance d'une utopie a toujours quelque chose à dire sur l'état de la société qui l'a vue naître. Ici, le désir de reconnaissance de l'individu est directement lié à la perte de l'individualité provoquée par la concentration urbaine inhérente à la politique des grands ensembles. Mais elle est aussi le fruit d'autres facteurs. Friedman les dénonce dans la préface de son ouvrage qu'il conçoit comme une « invitation à la résistance » face à ce qu'il appelle la « mafia de l'Etat et la mafia des médias »⁵⁹. Le terme de mafia traduit bien un état de méfiance vis-à-vis de l'institution mais il décrit surtout l'incapacité de l'Etat englué dans la lourdeur de son administration à répondre aux attentes de chacun. Les médias étant, quant à eux, le relais entre l'Etat et ses administrés, vecteur d'une information au mieux partielle. Ce texte aurait tout à fait pu être considéré comme portant en lui les aspirations qui seront à l'origine des révoltes de mai 68 mais sa publication plus de sept ans après n'est pas un hasard. Après une brève période d'espoir et de confiance en un renouveau certain, la société et la machine de l'Etat sont retombées dans une routine et des modes de fonctionnement proches de ceux de la période pré-68. *Utopies réalisables* est donc le résultat d'une déception sociale. La prise directe de Friedman avec son environnement est d'ailleurs confirmée par une lettre qu'il reproduit dans l'un de ses ouvrages et dans laquelle il prédit de manière troublante les événements de 1968, preuve qu'il ressent au fond de lui les aspirations de ses concitoyens.

Après trois décennies de concentration exclusive de la population française sur l'effort de reconstruction du pays, la période de croissance formidable des Trente Glorieuses

⁵⁷ FRIEDMAN Yona, *Utopies réalisables*, Paris, Union générale d'éditions, 1976. Page 97.

⁵⁸ *ibidem*, page 100.

⁵⁹ *ibidem*, page 7.

s'essouffle. On n'entre pas pour autant dans une période de crise aiguë mais la pression qui retombe permet à tous de regarder autour et notamment vers les pays du tiers-monde. Le décalage avec le mode de vie occidentale apparaît alors et il faut trouver des solutions, notamment au problème de la bombe P... comme « population » dénoncés par Ehrlich en 1968 et à celui de la nécessité de nourrir les futurs six milliards d'habitants de la planète. Friedman en fait donc un volet de son *Utopies réalisables*. Il part du constat que les terres cultivables capables de fournir de la nourriture sont situées principalement au nord de la planète, là où la concentration de population est la plus importante, tandis que les espaces vides sont situés de part et d'autre de l'équateur, où les terres sont incultivables. Il émet donc l'idée d'une concentration des populations, dans ces zones difficilement cultivables, en habitats urbains mais non concentrés, tandis que l'espace libéré par les constructions au nord et au sud seraient rendues aux cultures acheminées ensuite par avions ou par pipe-lines. Cette urbanisation, respectant les groupes critiques, devra être réalisée selon un mode de construction qui est l'objet de son premier ouvrage *L'Architecture mobile* de 1959 augmenté et réédité en 1970. Selon l'éditeur de cette seconde version, « ce livre constitue le plus important manifeste de l'architecture depuis la Charte d'Athènes de Le Corbusier ». Comme pour *Utopies réalisables*, ce qui nous intéresse le plus dans ce texte ce ne sont pas tant les solutions développées que les constats et les prises de conscience que la recherche de solutions nouvelles traduit.

La première de ces constatations est que la destruction des bâtiments tels qu'ils sont construits actuellement est très coûteuse et laisse des traces indélébiles rendant les terrains inutilisables, notamment à cause des réseaux nécessaires à l'alimentation de ces bâtiments. Il faut donc trouver des solutions « techniques permettant de déplacer les réseaux sans détériorer le terrain et sans causer les pertes représentées par la démolition »⁶⁰.

Cette prise en compte de la totalité du cycle de vie d'un bâtiment, jusqu'à sa destruction, est tout à fait nouvelle. Elle sera un élément important de l'architecture environnementale moderne.

D'autre part, Friedman pense qu'il est nécessaire de donner de la mobilité à l'habitat. Pour cela il faut pouvoir le démonter et le déplacer en fonction des besoins, et réduire au maximum son emprise au sol. Celui-ci, une fois libéré, pourra répondre à d'autres utilisations. Il faut donc créer des bâtiments sur pilotis qu'il appelle « structures de l'enjambée »⁶¹, **(III.28)** « libérés de [leurs] attaches aux réseaux et aux voiries »⁶². Pour arriver à ce résultat, Friedman fait référence aux toutes premières recherches en matière d'habitations autonomes : « Les laboratoires américains et européens ont mis au point depuis quelques années une maison type équipée de "services indépendants" (General Electric). Cette maison est alimentée en énergie par une pile photoélectrique, elle est reliée à l'extérieur par un téléphone sans fil, les résidus sont éliminés par incinération et évaporation ; l'alimentation en eau est le seul réseau encore nécessaire » **(III.29)**.

Une autre des préoccupations de Friedman en tant qu'architecte est la prise en compte de la volonté de l'habitant. Sur ce point, il n'est pas tendre avec ses collègues. Il critique le mépris des architectes pour ceux qu'ils appellent les « usagers » et s'insurge contre la définition du client type, de l'utilisateur moyen. Il évoque un changement nécessaire dans le rôle de l'architecte qui doit être chargé « d'établir les infrastructures (réseaux, etc.) vers les habitats individualisés par l'habitant lui-même ». Il devient ainsi un « conseiller de l'industriel ou de l'habitant »⁶³. L'architecte ne doit plus être un « artiste ou "preneur de décisions" mais

⁶⁰ *L'Architecture mobile*, 1959, page 16.

⁶¹ *ibidem*, page 3.

⁶² *ibidem*, page 5.

⁶³ FRIEDMAN Yona, *L'Architecture mobile, vers une cité conçue par ses habitants*, Paris, Casterman, 1970. Page 16.

seulement [un] serviteur public ; les habitants ne doivent pas être considérés comme des consommateurs mais comme des professionnels et experts en matière d'habitat »⁶⁴.

Cette plus grande prise en compte des désirs de l'habitant et son intégration dans le processus de conception de son habitat est censée favoriser son bien-être en limitant les conflits entre une architecture bien adaptée à la moyenne et donc mal adaptée à chacun et à l'individualité de celui qui vit dans le bâtiment. C'est pour cette raison que l'architecture mobile de Friedman est toujours modulaire. Il assiste l'habitant, par son métier d'architecte, dans sa démarche d'autoconstructeur.

Dans ce livre, l'auteur aborde également le problème de la pollution et de la santé de l'habitant en soulignant les problèmes posés par « les troubles dus aux radiations et à l'usage de l'électricité, les réactions à l'air rendu vicié par les industries »⁶⁵. La question des effets des champs magnétiques sur le corps est également posée dans *Alternatives énergétiques*⁶⁶. Dès 1959, Friedman prend également en compte le problème de la consommation d'énergie de l'habitat en proposant de climatiser (soit chauffer, soit refroidir) l'intégralité de la ville plutôt que chaque habitation. Pour lui, « maintenir un niveau fixe de conditions climatiques, nécessite une énergie trois, quatre fois moins importante pour une ville entière que pour l'ensemble des appartements de la même ville »⁶⁷. Il est à noter que pour réaliser cette idée, discutable par ailleurs, l'auteur propose de faire appel, entre autres, aux dômes climatiques de Buckminster Fuller afin de couvrir toute la ville.

Cependant, il faut bien avouer que l'économie d'énergie n'est souhaitée ici que comme un moyen de baisser les coûts de chauffage d'un logement. Le problème de l'énergie vu sous l'angle de la pénurie prochaine n'apparaît que quelques années plus tard chez Friedman.

- Énergie, pauvreté et tiers-monde.

Deux des ouvrages de Yona Friedman s'intéressent particulièrement au problème de la pénurie d'énergie. Il s'agit d'abord de *L'Architecture de survie* sous-titré *Où s'invente aujourd'hui le monde de demain* publié en 1978 puis réédité en 2003 avec comme sous-titre *Une Philosophie de la pauvreté*. Le deuxième ouvrage arrive en toute fin de période, il s'agit d'*Alternatives énergétiques ou la civilisation paysanne modernisée*, sous-titré *Pour une réelle économie des ressources, comment désindustrialiser l'énergie* publié en 1982.

Ces deux ouvrages sortent un temps de l'utopie pour se plonger dans la réalité et tirer la sonnette d'alarme. C'est sous sa casquette d'homme attentif aux problèmes de la planète que l'auteur s'exprime ici.

Dans le premier des deux ouvrages, on peut ainsi lire que « les bouleversements, révolutions, etc. ne se produisent pas à la suite de la découverte d'une injustice, mais bien plutôt lorsque l'on prend conscience du fait que les stocks sont épuisables (et c'est là le moteur de la révolution écologique actuelle) »⁶⁸ ou même « chacun sait désormais que les matières nécessaires à notre survie, surtout les ressources non renouvelables, existent en quantités insuffisantes par rapport aux besoins d'une humanité dont le nombre s'accroît sans cesse. Par ailleurs, cette consommation en grande quantité ne fait pas qu'épuiser les ressources ; elle

⁶⁴ FRIEDMAN Yona, *L'Architecture mobile, vers une cité conçue par ses habitants*, Paris, Casterman, 1970. Page 7.

⁶⁵ *ibidem*, page 54.

⁶⁶ FRIEDMAN Yona, *Alternatives énergétiques ou la civilisation paysanne modernisée : pour une réelle économie des ressources, comment désindustrialiser l'énergie*, Saint-Jean-de-Braye, Dangles, 1982, Page 132.

⁶⁷ FRIEDMAN Yona, *L'Architecture mobile, vers une cité conçue par ses habitants*, Paris, Casterman, 1970. Page 131.

⁶⁸ FRIEDMAN Yona, *L'Architecture de survie : une philosophie de la pauvreté*, Paris, Éditions de l'Éclat, 2003. Page 13.

produit en outre de plus en plus de déchets dont une grande partie n'est pas renouvelable »⁶⁹. Cette prise de conscience de la pénurie prochaine va de pair avec la découverte par tous du décalage entre pays riches et pays du tiers-monde ; « une société riche croit dans "l'inépuisable" des stocks nécessaires à la survie et n'attribue souvent la pauvreté des pauvres qu'à la paresse ou à l'incompétence. Ainsi les riches tranquilisent leurs consciences par la conviction qu'il y a suffisamment de ressources pour tout le monde, que les pauvres ne sont qu'en retard et qu'ils se rattraperont plus tard (personne ne réalise que plus tard les stocks seront épuisés)»⁷⁰.

L'épuisement des ressources est donc une des causes de la pauvreté : « dans le processus d'appauvrissement, il y a deux facteurs essentiels : le premier incontestable et généralement reconnu est le fait que nos principales ressources [...] n'existent qu'en quantités strictement limitées. Ce sont des quantités relativement importantes, mais ces ressources ne sont pas renouvelables pour la plupart et seront donc tôt ou tard épuisées »⁷¹.

Si le ton est alarmiste, il n'est cependant pas pessimiste car pour l'auteur, « la pénurie est la mère de l'innovation sociale ou technique »⁷².

Cependant Friedman ne tombe pas dans le piège qui consiste à considérer que la technologie trouvera à temps la solution à ces problèmes. Il sait que « notre siècle a connu quelques surprises qui ont ébranlé l'hypothèse selon laquelle l'industrialisation amènerait la fin de la pauvreté »⁷³. Plus clairement encore, Friedman prévient que « les promesses de l'industrialisation ne peuvent donc être tenues, surtout dans les deux domaines vitaux que sont le toit et la nourriture »⁷⁴, « en effet, il est évident que personne n'a aujourd'hui la moindre idée de la manière dont on pourra assurer à 4 milliards d'êtres humains, une maison à l'occidentale (même rudimentaire), une voiture ou même la quantité de nourriture habituelle dans les pays industrialisés »⁷⁵.

La baisse de la pauvreté dans le monde est un idéal auquel tient fortement l'auteur, mais le problème de l'énergie rend cette disparition irréductible par la hausse du niveau de vie des pays pauvres. La solution passe donc par une baisse généralisée du niveau de vie. « La baisse de la pauvreté ne passera pas par la hausse de la richesse de tous mais par la baisse de cette richesse, s'il n'y a plus de riches, il n'y a plus de pauvres non plus »⁷⁶.

Comme Friedman est architecte, c'est bien sûr par l'architecture que l'on peut régler le problème de la pauvreté. C'est ce qu'il a appelé l'architecture de survie. Les quelques solutions techniques données par l'auteur ne sont pas du plus grand intérêt mais ce sont les principes donnés de cette nouvelle forme d'architecture qui en revanche nous intéressent au plus haut point.

Elle passe d'abord par une critique farouche de la charte d'Athènes du C.I.A.M. « habiter, travailler, circuler et se cultiver (ce qui peut se résumer par "dodo, boulot, métro et Beaubourg") » à quoi il oppose « une charte vieille de dix mille ans "manger, dormir, se protéger et communiquer avec les autres " »⁷⁷. « La charte du C.I.A.M. constituait l'idéal d'une génération qui croyait à l'expansion économique, elle a été remplacée par la

⁶⁹ FRIEDMAN Yona, *L'Architecture de survie : une philosophie de la pauvreté*, Paris, Éditions de l'Éclat, 2003. Pages 78/79.

⁷⁰ *ibidem*, page 14.

⁷¹ *ibidem*, page 97.

⁷² *ibidem*, page 15.

⁷³ FRIEDMAN Yona, *L'Architecture de survie : une philosophie de la pauvreté*, Paris, Éditions de l'Éclat, 2003. Page 78.

⁷⁴ *ibidem*, page 81.

⁷⁵ *ibidem*, page 80.

⁷⁶ *ibidem*, page 80.

⁷⁷ *ibidem*, page 82.

"protocharte" qui est une charte de survie »⁷⁸. En ce qui concerne l'architecture en général, la chose est entendue : « les objectifs de l'architecture du vingtième siècle sont irréalisables à l'échelle mondiale alors pourquoi perdre son temps à la critiquer ? »⁷⁹.

L'architecture de survie se définit donc comme suit : « si l'architecture classique se définissait comme une discipline qui permet la production de certains objets ou constructions, l'architecture de survie peut être définie comme une discipline qui cherche à produire des écosystèmes artificiels ou bien tout au moins, à améliorer et à rendre habitables les écosystèmes existants »⁸⁰. Les questions que doit se poser son concepteur sont donc : « comment peut-on habiter un écosystème sans le détruire ? Comment le faire au prix d'un effort moindre ? Comment une collectivité peut-elle atteindre ce but ? Quel est l'écosystème qui demande la plus petite intervention ? »⁸¹. Une architecture est une architecture de survie si « elle favorise la production de nourriture, la collecte d'eau, la protection climatique (se protéger du climat), la protection des biens, l'organisation des rapports sociaux et la satisfaction esthétique de chacun »⁸². Cette définition d'une architecture qui favorise « la coexistence pacifique entre l'homme et son environnement »⁸³ pourrait être considérée comme la première définition de l'architecture environnementale.

Mais un des paramètres importants de cette architecture de survie est l'autoplanification, c'est-à-dire la planification par l'habitant de son habitat. Elle seule peut conduire à « un objet architectural viable en se libérant de l'expert et (jusqu'à un certain point) de la technique ». « Pour se libérer de la technique, un principe simple : la différenciation entre l'ossature (fixe : fondations, structures porteuses, etc. qui sont une prolongation du sol) et le remplissage (mobile : panneaux de toitures, murs, etc.) »⁸⁴ ce qui nous fait revenir aux principes du cheval de bataille de Friedman, l'architecture mobile.

Il n'y a pas que chez cet auteur que l'on peut remarquer les liens entre architecture environnementale et pauvreté, la quasi-totalité des exemples précoces ou des solutions mises en place et qui peuvent avoir inspiré les constructeurs français sont issus de recherches visant à solutionner le problème de l'habitat dans le tiers-monde. Cela a même été un frein au développement de certaines techniques. Ainsi lorsque IZARD parle d'architecture environnementale dans les années 1960, il parle d' « une époque où l'on considérait que de telles études ne pouvaient présenter d'intérêt que pour les territoires d'outre-mer »⁸⁵.

Shelter, (III.30) également, évoque une technique de climatisation développée par Kelly Jon Morris au Togo. Celui-ci avait mixé des techniques européennes et locales pour mettre au point un faux plafond sous sa hutte au toit de paille. Ce faux plafond favorisait la circulation d'air et permettait de garder une chaleur supportable à l'intérieur du logement⁸⁶.

⁷⁸ FRIEDMAN Yona, *L'Architecture de survie : une philosophie de la pauvreté*, Paris, Éditions de l'Éclat, 2003. Page 83.

⁷⁹ *ibidem*, page 210.

⁸⁰ *ibidem*, page 104.

⁸¹ *ibidem*, page 109.

⁸² *ibidem*, page 103.

⁸³ *ibidem*, page 116.

⁸⁴ FRIEDMAN Yona, *L'Architecture de survie : une philosophie de la pauvreté*, Paris, Éditions de l'Éclat, 2003. Page 32.

⁸⁵ IZARD Jean-Louis, *L'Homme, l'architecture et le climat* Paris, Éditions du Moniteur, 1978. Page 17.

⁸⁶ GAC Pierre, *Shelter, Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, Paris, éditions Alternative et parallèles, 1977. Page 20.

- Énergie et pénurie.

En 1982, Friedman se penche à nouveau sur le problème de l'énergie mais cette fois, il en fait le centre même de sa réflexion, sans en faire un facteur d'un autre problème. Il traite le problème de l'énergie pour lui-même et propose des solutions génériques encore plus proches de celles qui sont, aujourd'hui, mises en application.

L'ouvrage débute, dès la préface, par une critique virulente de l'utilisation de l'énergie dans le mode de vie occidentale. Le terme de « gaspillage » est utilisé pour la première fois. « Nous utilisons l'énergie pour peu de choses, [...] nos conceptions de vie, d'organisation sociale, notre science même sont les sources de notre gaspillage »⁸⁷. « Nous –habitants des pays industrialisés– considérons que la consommation d'énergie d'un pays est la mesure du degré de civilisation de ses habitants »⁸⁸ **(III.31)**.

L'industrie des pays industrialisés est, pour une bonne part, responsable de ce gaspillage à cause de son inadéquation avec la situation du moment. « Notre technologie de transformation a été conçue en fonction d'une énergie à bon marché, et cela depuis le commencement de l'industrialisation moderne »⁸⁹. Friedman va plus loin en posant clairement, pour la première fois, le problème de sa branche professionnelle, l'industrie du bâtiment, et de son fonctionnement. « La production d'équipement (bâtiment) n'implique pas des activités consommant éternellement de l'énergie, contrairement aux autres branches productives de la civilisation industrielle. Une fois que l'équipement est réalisé, sa production pourrait pratiquement cesser si la bonne marche de cette branche de l'industrie n'était pas liée à notre organisation sociale et à la politique économique nationale (son arrêt provoquerait immédiatement une hausse du chômage). "Quand le bâtiment va, tout va" est un raisonnement politique plus qu'une vérité économique abstraite»⁹⁰. La critique de l'immobilisme politique du pays en matière d'énergie va même plus loin : « économiser l'énergie en matière de consommation domestique, c'est une bataille gagnée d'avance, et c'est la raison pour laquelle les politiciens s'efforcent d'exhorter les usagers à restreindre leurs consommations domestiques chaque fois qu'il s'agit de faire des économies »⁹¹. L'auteur a très bien compris que « la consommation domestique de l'énergie représente une consommation dont l'utilisateur est maître et s'il fait des économies, c'est lui-même qui en profite »⁹².

Friedman invite donc à « repenser le rôle de l'énergie dans notre civilisation, dans la vie quotidienne de l'homme de la rue »⁹³ et affirme que « le changement ne passe pas par la technique mais par un changement de mentalité »⁹⁴.

Ce changement de mentalité doit avoir lieu chez l'homme de la rue, bien sûr, qui peut réduire son chauffage de deux degrés par exemple⁹⁵ mais il doit bien plus encore être présent chez les tenants du pouvoir décisionnaire en matière de constructions.

Ainsi « une meilleure isolation des bâtiments, une meilleure conception architecturale, de meilleurs appareils de chauffage et d'éclairage, etc. pourraient permettre une grande amélioration du bilan énergétique »⁹⁶. Friedman pose le problème des ponts thermiques **(III.32)** qui occasionnent d'énormes déperditions. Pour les stopper, il fait appel à une solution

⁸⁷ FRIEDMAN Yona, *Alternatives énergétiques ou la civilisation paysanne modernisée : pour une réelle économie des ressources, comment désindustrialiser l'énergie*, Saint-Jean-de-Braye, Dangles, 1982. Page 7.

⁸⁸ *ibidem*, page 10.

⁸⁹ *ibidem*, page 21.

⁹⁰ *ibidem*, page 24.

⁹¹ *ibidem*, page 42.

⁹² *ibidem*, page 42.

⁹³ *ibidem*, page 7.

⁹⁴ *ibidem*, page 45.

⁹⁵ *ibidem*, page 90.

⁹⁶ *ibidem*, page 43.

qui deviendra très importante dans la conception des constructions environnementales, le local ou le volume-tampon. Il est constitué par des serres, placards ou jardins d'hiver, etc. qui permettent de réduire les différences de températures sur la surface de contact entre l'intérieur et l'extérieur. L'efficacité de cet ajout serait encore renforcée par une meilleure isolation des bâtiments⁹⁷.

L'auteur reprend même le concept de ville couverte développé dans *Architecture mobile* de 1970 en le rendant plus facile à mettre en œuvre. C'est le concept de rue-tampon. Les rues seraient couvertes par des verrières, elles deviendraient ainsi un volume-tampon pour les deux bâtiments qui la bordent. La couverture en verre permettant de profiter des apports solaires qui réchauffent l'espace-tampon grâce à l'effet de serre⁹⁸.

Dans *Architecture mobile*, l'idée que « l'habitat pour une population de trois milliards d'âmes ne pourrait être réalisé qu'en utilisant l'énergie nucléaire ou solaire »⁹⁹ était déjà évoquée. Mais dans *Alternatives énergétiques*, l'auteur semble plus frileux vis-à-vis du solaire photovoltaïque qu'il juge « trop coûteux et utile que dans les régions chaudes car on a besoin de chauffage en hiver, quand l'ensoleillement diminue »¹⁰⁰. Ce jugement est sans doute dû au prix exorbitant des capteurs photovoltaïques de l'époque et à leur rendement très médiocre. Depuis l'amélioration des performances de ces capteurs, des calculs montrent qu'ils sont, au contraire, plus rentables dans les régions froides où les besoins en chauffage sont plus importants car ils couvrent une plus grande proportion des besoins.

En ce qui concerne le chauffe-eau solaire, Friedman considère en revanche que c'est une alternative très intéressante et il propose même de le coupler à des dispositifs permettant de tempérer l'eau « pour réduire la différence entre la température initiale de l'eau et celle souhaitée »¹⁰¹. Ces dispositifs permettant de tempérer l'eau prendraient la forme de systèmes de « préchauffage par des convertisseurs (radiateurs inversés) placés soit dans une pièce chauffée, soit dans un conduit de cheminée »¹⁰². C'est à peu de choses près le système de la pompe à chaleur utilisée aujourd'hui dans de nombreux bâtiments de conception environnementale.

L'éclairage, même si c'est un poste de consommation assez faible, n'est pas oublié non plus et l'auteur propose des solutions comme les conduits de lumière ou les réflecteurs extérieurs pour augmenter l'éclairage naturel¹⁰³.

Un dernier aspect très important des réflexions de Friedman concerne l'urbanisme. Ce point, déjà très développé dans ses précédents ouvrages, fait ici l'objet d'une attention toute particulière, notamment concernant le problème d'énergie lié au transport. Il propose de rationaliser mathématiquement les moyens de transport tout en étudiant scientifiquement les déplacements de chacun des habitants pour disposer au mieux les équipements. Ces solutions permettent ainsi de réduire la place du véhicule privé dans la ville¹⁰⁴. Le problème du transport fait également l'objet d'un chapitre dans *Techniques douces, habitat et société*¹⁰⁵.

⁹⁷ FRIEDMAN Yona, *Alternatives énergétiques ou la civilisation paysanne modernisée : pour une réelle économie des ressources, comment désindustrialiser l'énergie*, Saint-Jean-de-Braye, Dangles, 1982. Page 91.

⁹⁸ *ibidem*, pages 94/95.

⁹⁹ FRIEDMAN Yona, *L'Architecture mobile, vers une cité conçue par ses habitants*, Paris, Casterman, 1970. Page 51.

¹⁰⁰ FRIEDMAN Yona, *Alternatives énergétiques ou la civilisation paysanne modernisée : pour une réelle économie des ressources, comment désindustrialiser l'énergie*, Saint-Jean-de-Braye, Dangles, 1982. Page 96.

¹⁰¹ FRIEDMAN Yona, *Alternatives énergétiques ou la civilisation paysanne modernisée : pour une réelle économie des ressources, comment désindustrialiser l'énergie*, Saint-Jean-de-Braye, Dangles, 1982. Page 97.

¹⁰² *ibidem*, page 98.

¹⁰³ *ibidem*, page 100.

¹⁰⁴ *ibidem*, pages 29 à 39.

¹⁰⁵ BACZKO Malgorzata, SACHS Ignacy, VINAVER Krystina, ZAKRZEWSKI Piotr, *Techniques douces, habitat et société*, Paris, Éditions Entente, 1977. Pages 41 à 51.

D'autres ouvrages évoquent le problème de l'énergie : *Habitats : constructions traditionnelles et marginales* par exemple, dans les pages duquel on peut lire « nous venons de vivre une ère de prospérité sans précédent [...] reposant sur l'utilisation illimitée de matières premières [...] alimentées dans les faits que par des réserves d'énergies limitées »¹⁰⁶. Ou encore « le combustible se raréfie »¹⁰⁷.

Techniques douces, habitat et société participe lui aussi à cette volonté de faire prendre conscience à tous de l'urgence du problème. « La recherche d'une nouvelle civilisation s'impose à nous d'une façon impérieuse, absolument urgente car la civilisation actuelle nous mènerait tous à une mort prochaine [...] par épuisement des ressources naturelles non renouvelables. La disette en énergie étant la plus menaçante »¹⁰⁸.

Le mode de production d'énergie choisie par le gouvernement pour pallier aux problèmes de la fourniture de pétrole inquiète également ces auteurs. Comme le dit Matagne¹⁰⁹, l'humanité entre dans l'ère écologique après les deux explosions nucléaires provoquées par les Américains au Japon. Or « sous le nucléaire civil, sommeille le nucléaire militaire »¹¹⁰. On s'en doute, les tenants de ces discours sont souvent des pacifistes convaincus. Le problème des déchets nucléaires est en revanche assez peu abordé. Mais ce qui fait le plus réagir, ce sont les problèmes posés par la centralisation de la production. Chareyre s'en fait très nettement l'écho dans *La Maison autonome (III.33)* où l'on peut lire « on peut se demander si dans l'état actuel de nos connaissances il n'y a pas un certain divorce entre électricité et écologie [...] car] dans le cadre du système actuel [...] les lois de l'économie marchande imposent [...] deux principes], consommation maximum et centralisation maximum »¹¹¹ ou encore « La prise de courant E.D.F. n'est-elle pas assimilable à un cordon ombilical ? »¹¹². Pour lui, une structure aussi centralisée ne peut, pour être rentable, que pousser à la consommation. Ainsi on n'essaie pas de faire baisser la consommation en mettant en place des solutions mais on laisse les choses telles qu'elles sont en se contentant de substituer un problème par un autre. « Une facture d'électricité est divisée en deux tranches en 1977, une première avant 120 KWh à 54 centimes le kilowatt et la seconde après cette quantité, à 19 centimes le KWh. Le tarif est dégressif, ce qui est une façon d'encourager la consommation [...] avant d'envisager le "retour à la bougie" de nombreux pas peuvent être faits mais les marchands veillent »¹¹³.

L'idéologie anticapitaliste est souvent très étroitement associée au développement de l'architecture environnementale.

- Bon sens et vernaculaire.

Friedman le dit clairement, « notre architecture actuelle viole le bon sens »¹¹⁴ mais tous le constatent. La défiance vis-à-vis de l'Etat est un des ferments importants de ce

¹⁰⁶ GAC Pierre, *Shelter, Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, Paris, éditions Alternative et parallèles, 1977. Page 5.

¹⁰⁷ *ibidem*, page 79.

¹⁰⁸ BACZKO Malgorzata, SACHS Ignacy, VINAVER Krystina, ZAKRZEWSKI Piotr, *Techniques douces, habitat et société*, Paris, Éditions Entente, 1977. Page 2.

¹⁰⁹ MATAGNE Patrick, *Comprendre l'écologie et son histoire : les origines, les fondateurs et l'évolution d'une science*, Paris, Delachaux et Niestlé, 2002.

¹¹⁰ BACZKO Malgorzata, SACHS Ignacy, VINAVER Krystina, ZAKRZEWSKI Piotr, *Techniques douces, habitat et société*, Paris, Éditions Entente, 1977. Page 8.

¹¹¹ CHAREYRE Robert, *La Maison autonome. 1*, Paris, Éditions Alternatives, 1980. Page 100.

¹¹² *ibidem*, page 8.

¹¹³ *ibidem*, page 100.

¹¹⁴ FRIEDMAN Yona, *L'Architecture de survie : une philosophie de la pauvreté*, Paris, Éditions de l'Éclat, 2003. Page 104.

mouvement mais la chose va plus loin. Les pionniers de l'architecture environnementale veulent tenter de s'affranchir des spécialistes en lesquels ils n'ont aucune confiance. Les architectes sont, bien sûr, la première cible mais les ingénieurs sont également visés. Pierre Gac affirme même que c'est là l'un des buts de son livre de « démontrer qu'il est possible de se passer de spécialistes pour construire sa maison et faire évoluer les options imposées par la société dominante »¹¹⁵.

Cette idéologie dominante, c'est la construction des grands ensembles. « Ce livre traite d'une architecture sauvage parce que brute, naturelle mais aussi fondamentalement opposée à l'architecture de cages à lapin imposée par l'idéologie dominante »¹¹⁶.

Ce type de bâtiments n'est pas le seul à être visé, ce sont tous les procédés de construction qui, selon ces auteurs, sont à revoir à cause du fait qu'ils sont menés en dépit du bon sens. L'orientation des ouvrages, les techniques, les matériaux, rien n'est à repêcher.

Friedman explique pourquoi ce problème se pose : « l'architecture a perdu son rôle d'outil en devenant une discipline »¹¹⁷. C'est-à-dire que les architectes ne se préoccupent plus de construire des bâtiments adaptés à leurs fonctions mais ils créent des chefs-d'œuvre complètement décontextualisés.

Izard, architecte lui-même, s'en émeut : « les relations de l'architecture avec l'environnement sont à l'ordre du jour, elles concernent l'impact écologique et visuel, mais aussi les échanges entre le climat et les ambiances intérieures. Cet aspect a été particulièrement négligé ces dernières années »¹¹⁸. Et il ajoute que les « conditions climatiques estivales sont partout susceptibles en France de rendre les locaux de travail ou d'habitation inadaptés voire invivables pour peu que l'architecture soit mal conçue, souvenons-nous de l'été 1976 dans la moitié nord de la France »¹¹⁹.

Rudofsky (III.34) a des mots très durs pour exprimer ce manque de bon sens : « au fur et à mesure de sa prolifération, l'architecture a perdu de son intégrité, elle a succombé, en partie, à la fatalité du progrès et ne s'en est jamais remise »¹²⁰. Pour lui « l'architecture a été prise en charge par une profession agressive dont les produits sans attraits nous envahissent aujourd'hui et nous frappent par leur arrogance »¹²¹. Il cite ainsi une épître de Sénèque à Lucilius : « vivre est un don des dieux immortels ; bien vivre est le don de la philosophie. Est-ce la philosophie qui a érigé ces constructions tout en hauteur, si dangereuses pour ceux qui les habitent ? Crois-moi, heureux fut le temps qui précéda celui des architectes, celui des bâtisseurs »¹²².

Le mode de construction est également critiqué, « les abeilles ont résolu un problème complexe en ce sens qu'elles forment leurs alvéoles de façon à y emmagasiner le plus de miel possible, tout en utilisant le moins possible de cire précieuse à leur construction. On souhaiterait que nos architectes obéissent aux mêmes principes d'économies »¹²³.

Izard poursuit dans son propre ouvrage : « "l'archi bio" c'est peut-être aussi un nouveau et énorme débouché pour l'architecture et les architectes qui voudront bien faire l'effort de

¹¹⁵ GAC Pierre, *Shelter, Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, Paris, éditions Alternative et parallèles, 1977. Page 4.

¹¹⁶ *ibidem*, page 5.

¹¹⁷ FRIEDMAN Yona, *L'Architecture de survie : une philosophie de la pauvreté*, Paris, Éditions de l'Éclat, 2003. Page 16.

¹¹⁸ IZARD Jean-Louis, *L'Homme, l'architecture et le climat*, Paris, Éditions du Moniteur, 1978. Page 17.

¹¹⁹ IZARD Jean-Louis, *L'Homme, l'architecture et le climat*, Paris, Éditions du Moniteur, 1978. Page 18.

¹²⁰ RUDOFISKY Bernard, *L'Architecture insolite : une histoire naturelle de l'architecture concernant, en particulier, ses aspects le plus souvent négligés ou totalement ignorés*, Paris, Tallandier, 1979. Page 10.

¹²¹ *ibidem*, page 10.

¹²² *ibidem*, page 9.

¹²³ *ibidem*, page 61.

renouer ainsi avec une certaine tradition de bâtir que les techniques actuelles peuvent parfaitement servir au lieu de battre en brèche comme on a eu trop tendance à le faire »¹²⁴. Les auteurs de *Techniques douces, habitat et société* dénoncent, comme Friedman, la standardisation inspirée par la charte d'Athènes de Le Corbusier. Pour eux, la réponse passe par l'ethno-architecture. C'est dans la non-prise en compte de l'environnement dans lequel va se situer le bâtiment que le manque de bon sens est le plus évident. Ces mêmes auteurs s'appuient quant à eux sur Vitruve et son *De architectura* pour le dénoncer. Ils citent « pour bien disposer une maison, il faut avoir égard au pays et au climat où on la veut bâtir ; car elle doit être autrement construite en Egypte qu'en Espagne, autrement encore au royaume de Pont qu'à Rome et ainsi toujours en raison des pays, parce qu'il y en a qui sont proches du cours du soleil, d'autres qui en sont éloignés, et d'autres qui sont entre ces extrémités »¹²⁵. Ces problèmes d'orientation, de concentration des populations, de construction de passoires thermiques ou de bâtiments non satisfaisants pour certains sur le plan de l'esthétique, amènent donc à une prise en mains, par les habitants mêmes, de l'architecture. Ces problèmes d'orientation, sont à l'origine du développement des réflexions bioclimatiques. Mais ce qui caractérise aussi fortement cette période, c'est la recherche d'alternatives à l'architecture du moment, dans le passé ou dans d'autres endroits du globe. On assiste à un véritable regain d'intérêt pour le vernaculaire qui est la base des deux livres de Rudofsky, et qui constitue la base de *Habitats : constructions traditionnelles et marginales*. Le vernaculaire est aussi très largement évoqué par Izard. Ce phénomène nous intéresse, et Friedman, qui cherche aussi dans l'habitat du tiers-monde, en explique le pourquoi : « dans certaines régions, l'architecture est moins la création de l'homme que l'habile utilisation des ressources naturelles »¹²⁶.

Les recherches menées sur l'architecture vernaculaire et les publications qui s'en suivent ont donc pour but de faire connaître au grand public l'existence d'alternatives possibles à l'architecture occidentale qui donne de nombreux motifs d'insatisfaction.

Pour Rudofsky, l'incontournable spécialiste (III.35), « l'architecture vernaculaire [...] est pratiquement immuable [...] puisqu'elle répond parfaitement à son objet »¹²⁷. « Il semble [...] qu'une architecture qui travaille pour l'homme et non contre lui ne peut pas se démoder »¹²⁸. Pour lui, l'architecture vernaculaire « nous libère du carcan conceptuel de l'architecture officielle et commerciale »¹²⁹. Il passe ainsi en revue tous les styles d'habitat de la planète, de la grotte au troglodyte en passant par l'habitat enterré jusqu'aux constructions en paille, en terre, les habitats flottants, les greniers. Chaque cas est l'occasion de disserter sur ses avantages. Il s'intéresse même à l'habitat des animaux. Il va chercher du côté des habitations préhistoriques qu'il commente comme suit : « notre noble ancêtre primitif [...] possédait plus de sagesse pratique que l'homme moderne, car sa demeure que nous qualifions de "primitive" était régie par des facteurs écologiques »¹³⁰.

¹²⁴ IZARD Jean-Louis, *Archi bio*, Roquevaire, Éditions Parenthèses, 1979. Page 5.

¹²⁵ BACZKO Malgorzata, SACHS Ignacy, VINAVER Krystina, ZAKRZEWSKI Piotr, *Techniques douces, habitat et société*, Paris, Éditions Entente, 1977. Page 51.

¹²⁶ FRIEDMAN Yona, *L'Architecture de survie : une philosophie de la pauvreté*, Paris, Éditions de l'Éclat, 2003. Page 104.

¹²⁷ RUDOFSKY Bernard, *Architecture sans architectes : brève introduction à l'architecture spontanée*, Paris, Chêne, 1977. Page 1.

¹²⁸ RUDOFSKY Bernard, *L'Architecture insolite : une histoire naturelle de l'architecture concernant, en particulier, ses aspects le plus souvent négligés ou totalement ignorés*, Paris, Tallandier, 1979. Page 8.

¹²⁹ RUDOFSKY Bernard, *Architecture sans architectes : brève introduction à l'architecture spontanée*, Paris, Chêne, 1977. Page 2.

¹³⁰ RUDOFSKY Bernard, *L'Architecture insolite : une histoire naturelle de l'architecture concernant, en particulier, ses aspects le plus souvent négligés ou totalement ignorés*, Paris, Tallandier, 1979. Page 11.

IZARD lui aussi s'intéresse de près aux exemples vernaculaires, il parle notamment des maisons du Queyras en France¹³¹ mais reprend souvent les mêmes exemples que Rudofsky. D'une part chacun des bâtiments décrits est en symbiose parfaite avec son environnement, que ce soit dans sa forme ou dans sa conception, et répond parfaitement au programme pour lequel il a été construit. Son emplacement est conçu pour profiter au mieux des apports du soleil ou au contraire pour s'en protéger. D'autre part, l'habitat vernaculaire est toujours construit avec les matériaux disponibles aux alentours, pour réduire les coûts de transport qui se résumaient d'ailleurs souvent à des efforts importants.

Dans *Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, on retrouve le même type de réflexions et les mêmes exemples avec également un détour par le règne animal. Un leitmotiv permanent traverse le livre, une phrase qui se retrouve à quatre ou cinq reprises dans l'ouvrage : « demandez conseil aux vieux qui habitent près de chez vous »¹³². On entend par là que les anciens ont une expérience importante de la construction dans un endroit donné. Les techniques utilisées ou les choix qu'ils ont faits ne sont pas dus au hasard mais à des années d'observations et d'expériences afin de rationaliser au mieux le confort et les performances de leur habitat. On reconnaît donc la qualité de leur savoir-faire : « quand les gens viennent me demander conseil, je leur dis d'aller étudier les bâtiments de ferme proches »¹³³.

- Retourner à la nature et travailler de ses mains.

Les années post-68 sont témoins de l'amplification d'un phénomène que l'on pourrait appeler « exode urbain ». Les citadins quittent les villes pour s'installer à la campagne. La maxime populaire en a retenu le fameux « je pars élever des chèvres dans le Larzac ». La civilisation qui tourne peu à peu le dos à la nature, la vie urbaine avec le stress qu'elle engendre ainsi que d'autres éléments déjà évoqués sont à l'origine de ce phénomène. Le livre de Robert Chareyre est d'ailleurs uniquement construit dans le but de faciliter ce retour à la nature. L'auteur lui-même a tenté l'expérience et c'est cette expérience qu'il fait partager. Pour lui, c'est l'occasion de « fuir la vie citadine absurde »¹³⁴, « d'éviter une aliénation »¹³⁵. Ces gens qui fuient la ville produisent donc généralement les premiers exemples d'architecture environnementale, non pas par souci de protection de l'environnement mais tout simplement par souci politique d'éviter les grands circuits de production du bâtiment. Par souci d'économie également car ils n'ont généralement pas les moyens de se lancer dans un programme de construction standard. Leur volonté de vivre près de la nature les invite également à bâtir en fonction de ce souhait pour ne pas reproduire les schémas qui ont provoqué leur départ des centres urbains. Enfin, ils n'ont généralement aucune notion d'architecture ou de construction, ils n'ont donc pas d'idées préconçues et se mettent, par mimétisme ou en écoutant les conseils des anciens, à reproduire l'architecture vernaculaire.

Ce retour à la nature s'accompagne généralement de la volonté de s'accomplir par le travail manuel. Faire sa maison, choisir et créer son lieu de vie, devient un enjeu très important du retour à la nature. C'est sans doute l'une des principales explications du fort taux d'autoconstruction dans l'architecture environnementale. On pourrait même considérer que

¹³¹ IZARD Jean-Louis, *Archi bio*, Roquevaire, Éditions Parenthèses, 1979. Pages 109 à 111.

¹³² GAC Pierre, *Shelter, Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, Paris, éditions Alternative et parallèles, 1977. Page 4.

¹³³ *ibidem*, page 59.

¹³⁴ CHAREYRE Robert, *La Maison autonome. I*, Paris, Éditions Alternatives, 1980. Page 4.

¹³⁵ *ibidem*, page 4.

c'en est un des principes. *Habitats : constructions traditionnelles et marginales* n'a ainsi cesse de vanter ces bienfaits. « Ce livre s'adresse aux gens qui souhaitent construire de leurs mains »¹³⁶, son but « est de prendre confiance en ses capacités manuelles »¹³⁷. Il prône un « renouveau du travail manuel »¹³⁸ et c'est pourquoi chacun des habitats qu'il décrit est « à base de matériaux naturels et d'énergie humaine »¹³⁹. Pour Pierre Gac, « Construire de ses mains en n'utilisant que des matériaux naturels et locaux sera source d'harmonie entre la maison et le paysage »¹⁴⁰ et donc de bien-être. Les exemples pourraient être multipliés, on vante ainsi la satisfaction du travail accompli par de petits poèmes :

« Fini de poser le papier goudronné,
posé les joints
mis le foin
en meule et la mâche pour les chevaux ; rangé
les grains dans un endroit sec, les outils et le fourrage
mis la porte en place
que la pluie batte les vitres.»¹⁴¹

Techniques douces, habitat et société n'est pas en reste, on peut y lire que « se faire une maison aussi modeste soit elle, c'est aussi s'engager dans une activité qui comporte un élément de créativité et par là de réalisation de la personne humaine »¹⁴². L'autoconstruction crée également du lien social par l'entraide qu'elle impose. Si l'effort « d'autoconstruction se déploie dans le cadre d'une organisation regroupant [...] les habitants [...] il a de fortes chances de contribuer à une nette amélioration de l'environnement social en créant des liens de coopération et de convivialité »¹⁴³.

La pratique de l'autoconstruction impose également des principes qui ont une empreinte sur la forme des habitations. Il s'agit de réaliser des formes simples avec des assemblages simples et n'utilisant que des matériaux ayant une grande facilité de mise en œuvre.

Habitats : constructions traditionnelles et marginales comporte ainsi des schémas d'assemblages simples de pièces de bois de petites sections (**III.36**) et milite pour l'usage de formes simples. « Trop de gens jugent la beauté d'une construction d'après le degré de complexité qu'elle atteint alors que l'inverse est souvent plus proche de la réalité »¹⁴⁴. Pour Bob Easton il ne faut « élaborer des formes originales et des assemblages inhabituels que si l'idée en vient par la contemplation »¹⁴⁵. On va même jusqu'à prôner l'absence de plans ou de schémas directeurs.

La réflexion sur les matériaux naturels quant à elle n'en est qu'à ses débuts. On ne recherche pas encore des matériaux pour leur innocuité, pour leurs performances ou parce qu'ils sont écologiques mais parce qu'ils sont faciles à mettre en œuvre et peu coûteux. On assiste ainsi à un plaidoyer pour le recyclage des matériaux principalement en raison de leur faible coût¹⁴⁶.

¹³⁶ GAC Pierre, *Shelter, Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, Paris, éditions Alternative et parallèles, 1977. Page 4.

¹³⁷ *ibidem*, page 4.

¹³⁸ *ibidem*, page 5.

¹³⁹ *ibidem*, page 5.

¹⁴⁰ *ibidem*, page 88.

¹⁴¹ Lewis Mac Adams in *Shelter, Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, Paris, éditions Alternative et parallèles, 1977. Page 57.

¹⁴² BACZKO Malgorzata, SACHS Ignacy, VINAVER Krystina, ZAKRZEWSKI Piotr, *Techniques douces, habitat et société*, Paris, Éditions Entente, 1977. Page 28.

¹⁴³ *ibidem*, page 28.

¹⁴⁴ GAC Pierre, *Shelter, Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, Paris, éditions Alternative et parallèles, 1977. Page 198.

¹⁴⁵ *ibidem*, page 59.

¹⁴⁶ *ibidem*, page 59 ou 88.

I.I.II.II.) Techniques et matériaux.

- Techniques douces et bioclimatisme.

Les premiers constructeurs environnementaux l'ont bien compris, « une maison c'est autre chose qu'un toit sur nos têtes »¹⁴⁷ et tant qu'à réaliser l'œuvre de sa vie, autant qu'elle soit à l'image de celui qui l'habitera. Or on commence à mieux cerner maintenant la personnalité des gens qui habitent ces maisons dans les années 1970. Il s'agit de personnes politiquement marquées et attentives à la nature. Les techniques de construction qu'elles utilisent commencent alors à être érigées en principes que l'on peut étudier. Ces années sont donc marquées sinon par la naissance, du moins par le développement de deux grands principes, le bioclimatisme et les techniques douces.

Nous avons déjà évoqué, dans notre introduction, la définition du bioclimatisme que donne Izard, l'un de ses grands défenseurs. Il ne s'agit donc pas d'une technique de construction à proprement parler mais d'un principe de construction visant à utiliser au maximum les apports naturels du site en termes de chauffage, d'éclairage, etc. en pensant l'emplacement de la maison, la taille et la place des ouvertures et la distribution intérieure. Ceci afin de réduire au maximum les consommations énergétiques de la maison. *Habitats : constructions traditionnelles et marginales* est l'un des premiers ouvrages à se faire l'écho de ce principe, « c'est l'environnement naturel où l'on crée son habitat qui doit déterminer les lignes et la structure de cet habitat »¹⁴⁸. C'est dans *Archi bio* que ces principes sont le mieux définis. Le bioclimatisme c'est poser la question suivante : « comment peut-on, en n'utilisant que des dispositions purement architecturales, fournir aux occupants des bâtiments que l'on construit aujourd'hui, des ambiances intérieures confortables en utilisant le minimum d'énergie ? C'est tout le problème de l'utilisation de l'énergie solaire par des voies "passives", mais aussi celui de l'adaptation réelle de cette architecture au climat de son site qui est posé dans cette question »¹⁴⁹. Par « adaptation réelle au site », on entend également le dosage suffisant de l'isolation, dans le cas d'une maison située dans une zone plutôt froide par exemple, ou une conception adaptée de la ventilation dans une zone humide.

L'isolation est une habitude nouvelle de ces années. *Habitats : constructions traditionnelles et marginales* attire, par exemple, l'attention de ses lecteurs sur un problème qui paraît évident aujourd'hui : « toutes les ouvertures doivent être hermétiques »¹⁵⁰. Izard, quant à lui, affirme la meilleure efficacité de l'isolation par l'extérieur pour supprimer les ponts thermiques dus aux nez de dalles ou aux murs de refend¹⁵¹. C'est d'ailleurs dans ces années que se répand le concept de ponts thermiques.

L'isolation, pratiquée avec les matériaux de l'époque qui sont totalement imperméables (polystyrène ou laines minérales nécessitant la pose de pare-vapeur) et la nécessité de rendre les ouvertures hermétiques font surgir un problème nouveau. Il faut ventiler les habitations pour renouveler l'air vicié (CO₂) et éviter les problèmes d'humidité due notamment aux rejets de vapeur d'eau par la respiration des habitants.

¹⁴⁷ GAC Pierre, *Shelter, Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, Paris, éditions Alternative et parallèles, 1977. Page 128.

¹⁴⁸ GAC Pierre, *Shelter, Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, Paris, éditions Alternative et parallèles, 1977. Page 60.

¹⁴⁹ IZARD Jean-Louis, *Archi bio*, Roquevaire, Éditions Parenthèses, 1979. Page 5.

¹⁵⁰ GAC Pierre, *Shelter, Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, Paris, éditions Alternative et parallèles, 1977. Page 79.

¹⁵¹ IZARD Jean-Louis, *Archi bio*, Roquevaire, Éditions Parenthèses, 1979. Page 59.

Cependant l'architecture bioclimatique ne se limite pas à l'utilisation maximale de l'énergie du soleil. IZARD précise qu'il s'agit également « de prendre en compte [...] tous] les paramètres et données relatifs au climat (soleil et vent en particulier) de manière à ce que les résultats soient corrects vis-à-vis des conditions climatiques plutôt que de sacrifier à la mode des modèles architecturaux venus d'ailleurs et totalement inadaptés »¹⁵². « Le vent est un facteur climatique que l'on ne peut négliger [...] mais aujourd'hui il faut bien constater que les constructions contemporaines ignorent cet aspect du climat »¹⁵³.

La difficulté est donc de construire des habitations qui se chauffent toutes seules en hiver, tout en ne devenant pas des fours invivables en été. Toute la recherche bioclimatique portera sur ce problème.

L'architecture bioclimatique est aussi le moment où l'on commence à concevoir le bâtiment de manière scientifique, « la prise en compte effective de tous les paramètres évoqués jusqu'ici rend nécessaire le recours à des aides à la conception [...] sous forme graphique »¹⁵⁴. C'est la rencontre de la météorologie et de l'architecture. Les ordinateurs qui se développent permettent d'effectuer des prévisions et des calculs d'ensoleillement complexes, d'établir des cartes de vents dominants, de calculer les angles d'incidence des rayons du soleil selon les périodes de la journée ou le moment de l'année, etc.

Techniquement, les espaces-tampons évoqués par Friedman, par exemple, sont issus de cette approche bioclimatique¹⁵⁵.

Les termes d'architecture passive ou solaire désignent sensiblement la même approche. L'éco design est également à rapprocher du bioclimatisme. Défini par l'architecte Eduardo Neira, le terme est employé pour « signifier l'harmonisation de la forme architecturale au milieu naturel et plus particulièrement l'adaptation de l'habitat au climat, à l'environnement ainsi qu'à certaines traditions régionales »¹⁵⁶.

Cette approche n'est pas nouvelle, au contraire, elle se lit depuis la nuit des temps dans les différences que l'on remarque entre une maison bretonne, basse et ramassée pour faire face au vent, et un mas provençal ouvert sur l'extérieur pour profiter de l'ensoleillement. Ce qui est nouveau ce sont les recherches et la théorisation dont elle fait l'objet dans ces années. La majeure partie des publications concernant l'architecture environnementale des années 70 a pour objet le bioclimatisme, la maison solaire ou autonome. Les publications qui font état des avancées des recherches ne sont pas à la portée du grand public à cause de l'importante culture technique nécessaire à leur lecture. C'est le cas par exemple du volet bioclimatique d'*Archi bio* ou de *L'Homme, l'architecture et le climat* de Givoni.

L'intérêt pour cette manière de concevoir les bâtiments semble venir des Etats-Unis, relayé par la maison que se construit Steve Baer en 1971 (III.37). Cette maison est présente dans de nombreux ouvrages dont *Habitats : constructions traditionnelles et marginales*¹⁵⁷.

Les technologies douces apparaissent également à ce moment. Elles aussi sont issues des expériences millénaires en matière de construction mais cela dépasse la simple technique de construction. Le projet d'habitation de Chareyre utilise ces technologies qui font une place moindre à l'industrie et à la machine. Cependant, il précise très vite que son projet repose « sur les technologies douces qu'il faut qualifier tout de suite de technologies modernes »¹⁵⁸.

¹⁵² IZARD Jean-Louis, *Archi bio*, Roquevaire, Éditions Parenthèses, 1979. Page 5.

¹⁵³ *ibidem*, page 21.

¹⁵⁴ *ibidem*, page 39.

¹⁵⁵ FRIEDMAN Yona, Alternatives énergétiques ou la civilisation paysanne modernisée : pour une réelle économie des ressources, comment désindustrialiser l'énergie, Saint-Jean-de-Braye, Dangles, 1982. Page 91.

¹⁵⁶ BACZKO Malgorzata, SACHS Ignacy, VINAVER Krystina, ZAKRZEWSKI Piotr, *Techniques douces, habitat et société*, Paris, Éditions Entente, 1977. Page 51.

¹⁵⁷ GAC Pierre, *Shelter, Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, Paris, éditions Alternative et parallèles, 1977. Page 176/177.

¹⁵⁸ CHAREYRE Robert, *La Maison autonome. I*, Paris, Éditions Alternatives, 1980. Page 4.

Nous ne sommes pas dans la nostalgie de l'âge de pierre, bien au contraire. Ces techniques sont souvent fondées sur d'importantes avancées technologiques. C'est le cas du solaire photovoltaïque par exemple ou de l'hydroélectrique qui sont des énergies millénaires mais qui sont sans doute les dernières que la technologie ait permis de capter.

Ces techniques sont le sujet de l'ouvrage *Techniques douces, habitat et société*. Les auteurs en donnent tous les tenants et aboutissants. Pour eux, « les techniques douces sont celles qui s'inscrivent dans le cycle écologique, elles doivent utiliser des sources d'énergies renouvelables, être non polluantes, économiser les ressources non renouvelables et être recyclables. Elles sont produites par de petites unités de production qui doivent pouvoir être gérées par des non-spécialistes afin de créer de nouvelles formes d'organisation sociale communautaire, une plus grande participation de tous, d'apporter la décentralisation, l'égalité et des conditions de vie non aliénantes »¹⁵⁹. Il semble évident que l'on se rapproche grandement de l'utopie mais ceci est une définition idéale, la réalité est souvent plus prosaïque tout en respectant au mieux l'esprit énoncé ci-dessus. Le plus important est que « le concept de techniques douces rejette [...] la position selon laquelle la dégradation de l'environnement est une conséquence inévitable du développement économique »¹⁶⁰.

Les auteurs développent également les inspirations du concept de techniques douces, « il s'agit des thèses et dénonciations écologiques de ces dernières années sur l'épuisement des ressources et la destruction de l'équilibre écologique. Mais aussi de la pensée anarcho-utopiste classique et contemporaine, de la philosophie des tenants de l'agriculture biologique et de certaines expériences vécues dans le tiers-monde »¹⁶¹ bref de tous les éléments déjà évoqués jusqu'ici.

Concrètement, les techniques dont il s'agit sont toutes celles que nous allons brièvement évoquer maintenant.

- Des aides à la conception.

Le principal axe défendu par les publications que nous venons d'étudier ne concerne pas vraiment l'approche technique de l'architecture mais vise plutôt à se faire l'écho d'une idéologie. Les auteurs d'*Habitats : constructions traditionnelles et marginales* affirment ainsi « que [leur] livre n'est pas un outil de travail, la partie technique n'est pas suffisante pour construire une maison »¹⁶². Aucun des autres ouvrages ne donne les recettes nécessaires à la construction d'un bâtiment, des fondations à la pose du conduit de cheminée. Il n'est nulle part question d'expliquer en détail comment monter un mur en paille ou comment dimensionner une charpente. Mais comme pour l'évocation de l'habitat vernaculaire national ou étranger, il s'agit d'ouvrir les yeux du lecteur sur d'autres possibilités constructives qui fourniraient d'excellentes alternatives à l'utilisation du béton par exemple. Il s'agit d'amener celui qui souhaite construire à réfléchir à la manière dont il va le faire.

Certains ouvrages comme le *Catalogue des ressources* donnent en revanche les adresses des professionnels ou les références des ouvrages qui seront à même de fournir au futur constructeur de plus amples informations. Ces ouvrages sont donc plus des aides à la conception que des manuels de construction.

¹⁵⁹ BACZKO Malgorzata, SACHS Ignacy, VINAVER Krystina, ZAKRZEWSKI Piotr, *Techniques douces, habitat et société*, Paris, Éditions Entente, 1977. Page 14.

¹⁶⁰ *ibidem*, page 15.

¹⁶¹ BACZKO Malgorzata, SACHS Ignacy, VINAVER Krystina, ZAKRZEWSKI Piotr, *Techniques douces, habitat et société*, Paris, Éditions Entente, 1977. Pages 14/45.

¹⁶² GAC Pierre, *Shelter, Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, Paris, éditions Alternative et parallèles, 1977. Page 4.

Un phénomène attire cependant notre attention, il s'agit de l'explication au grand public par certains auteurs, de calculs mathématiques préalables à la construction réservés jusqu'ici aux seuls architectes.

Izard ou Chareyre y consacrent de larges chapitres et c'est sans doute chez ce dernier que ces outils mathématiques sont expliqués de la manière la plus compréhensible, *L'Archi bio* étant tout de même réservé à un public plus averti.

Parmi ceux-là, quelques-uns méritent d'être évoqués ici¹⁶³ tant ils sont incontournables dans l'architecture environnementale. Il s'agit d'outils servant à analyser les performances des matériaux ou des ensembles de matériaux formant un mur.

Ces calculs doivent s'accompagner de la connaissance de certaines notions, concernant la diffusion de la chaleur notamment.

La chaleur voyage toujours d'un corps chaud vers un corps froid, ce qui veut dire par exemple, contrairement à ce que disent les mots, qu'un réfrigérateur ne refroidit pas un pot de yaourt mais en extrait la chaleur. Cette chaleur est quantifiable, elle peut s'exprimer en calories. La calorie est la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température d'un gramme d'eau d'un degré Celsius. Ces calories, donc la chaleur, voyagent de trois manières différentes, par conduction, convection ou rayonnement.

Le transfert par conduction est un échange d'énergie avec contact, l'énergie se diffuse dans un milieu et la température augmente au sein de ce milieu. Par exemple, si une cuillère est plongée dans un plat chaud et que sa queue en dépasse, la chaleur se transmet à la queue de la cuillère par conduction. C'est le transfert par conduction qui est à l'origine du transfert de chaleur à travers une paroi.

La convection est un transfert d'énergie qui s'accompagne du mouvement de molécules dans un fluide. Elle peut être naturelle (ou libre), dans ce cas l'échange de chaleur est responsable du mouvement : c'est le principe bien connu du thermosiphon, l'air chaud monte.

La convection peut également être forcée ; il y a projection par un dispositif mécanique des molécules sur le dispositif chauffant. Le mouvement provoque le transfert de chaleur, c'est ce qui permet le refroidissement d'une tasse de café chaud en soufflant dessus.

Enfin, la chaleur peut se transmettre par rayonnement (ou radiation). C'est un transfert d'énergie sans matière. Le transfert se fait par rayonnement électromagnétique (infrarouge par exemple). Le transfert peut donc se réaliser dans le vide. L'exemple caractéristique de ce type de transfert est le rayonnement du soleil dans l'espace.

Voici pour les trois principes de diffusion de la chaleur, cependant, le transfert de chaleur se réalise généralement par une combinaison de plusieurs modes. C'est le cas du chauffage central, qui combine la convection, en général forcée, pour chauffer le fluide dans la chaudière, la conduction pour chauffer les parois du radiateur et la convection, généralement naturelle, pour chauffer l'air autour du radiateur.

Une fois ces notions établies, il convient de maîtriser les unités qui permettent de mettre en équations ces phénomènes et tout ce qui les entoure.

Les watts et les kilowatts, tout d'abord, sont des unités de puissance. Les calories, joules et kilojoules, tout comme le kilowatt-heure, sont des unités d'énergie. Une puissance est le rapport d'une énergie sur un temps et caractérise la vitesse avec laquelle une énergie est produite, transférée ou absorbée.

Les calculs qui nous intéressent sont au nombre de sept¹⁶⁴.

¹⁶³ Sauf mention contraire, l'intégralité des éléments développés ici est issue de CHAREYRE Robert, *La Maison autonome. 1*, Paris, Éditions Alternatives, 1980.

¹⁶⁴ Le choix de l'évocation de ces calculs a été réalisé en fonction de leur aptitude à faciliter l'analyse des performances des matériaux ou des bâtiments évoqués plus tard dans cette étude.

Il s'agit de la capacité calorifique, de la conductivité thermique, de la conductance, de la résistance thermique et du coefficient de déperdition volumique, auquel on peut ajouter la notion de degré jour et d'inertie thermique. Tous ces calculs, avec d'autres encore, déterminent les qualités quantifiables d'un matériau ou valident les choix de combinaisons de ces matériaux ou de conception d'un bâtiment en matière de performance énergétique (**Doc.2**). Cependant, certains choix peuvent satisfaire à ces exigences de performance sans pour autant satisfaire à des critères moins facilement quantifiables de respect de l'environnement ou de bien-être intérieur.

La capacité calorifique désigne la quantité de chaleur qu'un matériau peut emmagasiner par unité de volume (c'est la capacité calorifique volumique) ou de masse (il s'agit alors de la chaleur spécifique). Elle est exprimée en joules par unité de masse (ou de volume) par degré de température : $\text{J/kg } ^\circ\text{C}$. Ce calcul permet par exemple d'établir que l'eau, qui a une capacité calorifique de quatre virgule cent-quatre-vingt-trois $\text{kJ/kg } ^\circ\text{C}$, est un meilleur stockeur de chaleur que le fer, par exemple, qui n'a une capacité calorifique que de zéro virgule quatre-cent-quarante-quatre $\text{kJ/kg } ^\circ\text{C}$. Cette grandeur intervient dans le calcul de l'inertie thermique d'une paroi.

La conductivité thermique indique la propriété d'un matériau à conduire la chaleur pour une longueur unitaire, elle est exprimée en watt par mètre par degré de température : $\text{W/m } ^\circ\text{C}$. Plus un matériau a une conductivité thermique basse plus il est un bon isolant.

La conductance, ou coefficient U (anciennement K) ou encore coefficient de transmission surfacique, indique la propriété d'une paroi à conduire la chaleur pour une surface unitaire. Il s'exprime en watt par mètre carré par degré de température : $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Plus ce coefficient est grand plus la chaleur transmise est grande et donc moins la paroi est isolante.

La résistance thermique, ou coefficient R , est l'inverse du coefficient U , elle indique la propriété d'une paroi à s'opposer à l'écoulement de la chaleur et s'exprime en mètre carré par degré de température par watt : $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$. Logiquement, plus il est grand plus la paroi est isolante.

Le coefficient de déperdition volumique, ou coefficient G , est sans doute le plus important de tous les calculs permettant de valider les choix envisagés. Il s'agit du quotient des déperditions totales par degré d'écart entre l'intérieur et l'extérieur d'un local, par le volume de ce local. Il s'exprime donc en watt par mètre cube par degré de température : $\text{W/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$. Plus il est élevé et plus le local est perméable. Pour effectuer ce calcul on est obligé de se référer à des simulations des déperditions (**III.38**).

La notion de degré-jour permet également d'affiner ce genre de calcul. Il s'agit des écarts cumulés pendant une période de n jours entre la température de base intérieure et la température extérieure moyenne d'une paroi. Ces chiffres sont généralement disponibles pour chaque région au moins et permettent donc de se faire une meilleure idée des écarts de température que devra affronter une habitation.

La notion d'inertie thermique vient compléter cet ensemble. Il s'agit d'une grandeur introduisant un décalage dans la transmission de la chaleur par une paroi, souvent représentée par la capacité thermique des matériaux constituant cette paroi. Plus sa valeur est importante plus la paroi sera capable de stocker de la chaleur mais plus elle mettra de temps à se réchauffer ou à se refroidir. L'inertie est un phénomène important à prendre en compte dans la conception d'une habitation environnementale car plus une paroi a d'inertie plus elle sera capable de limiter les pics de température journaliers. L'énergie emmagasinée pendant un moment de chaleur est rendue dans un moment de fraîcheur et vice versa.

Attention cependant à ne pas confondre inertie et isolation. Une paroi à forte inertie rendra systématiquement la chaleur emmagasinée tandis qu'une paroi isolante empêchera la chaleur de la traverser.

L'inertie d'une paroi est fournie par la capacité calorifique des matériaux qui la composent et le volume de ces matériaux qui ont été mis en œuvre.

- Matériels, matériaux, et mise en œuvre¹⁶⁵.

Les ouvrages de cette période, pour la plupart, n'ont donc pas d'ambitions techniques très développées, sauf peut-être *La Maison autonome* et *Techniques douces, habitat et société*¹⁶⁶. L'évocation de nouveautés est donc essentiellement destinée « à montrer que cela existe » et à faire évoluer les habitudes constructives. On évoque donc brièvement les techniques et les matériaux.

Au premier plan de ces matériaux, le bois est plébiscité, à la fois pour ses qualités d'isolant mais aussi en tant que matériau de construction. Le bambou par exemple est présenté sous la forme de poutre-sandwich dont l'enveloppe (coffrage perdu) en bambou est remplie de mousse polyuréthane renforcée au soufre et collée à l'époxy. Le rapport solidité/poids de ce matériau est très favorable. À ce moment-là, la mousse polyuréthane est considérée comme un matériau miracle, elle subira de très fortes critiques quelques années après.

La terre mélangée à des stabilisants comme le ciment, la chaux, la résine, l'asphalte ou même les déchets végétaux puis compressée, ou en briques séchées ou cuites, est également évoquée.

La balle de riz fait son entrée dans la cour des matériaux. Mélangée au ciment et formée en brique, elle est un excellent isolant et a l'avantage d'être réfractaire en raison de sa très forte teneur en silice. Sa résistance à la compression en fait un matériau de construction intéressant. D'autres possibilités sont évoquées comme le béton de soufre qui a un taux de compression égal à celui du béton. Ces derniers matériaux ne sont finalement que des alternatives à la charge en gravier du béton. Pourtant, le problème du béton est plutôt dans le liant, le ciment. On parle aussi de construction en boîtes ou en cannettes liées par de la terre ou du ciment. Contrairement à tous les procédés constructifs brièvement développés dans les chapitres concernant l'architecture vernaculaire, ces solutions sont présentées comme de réelles alternatives, la paille, le jonc ou la pierre sèche semblent encore trop exotiques.

L'isolation, poste dont l'importance est soulignée par tous, est cependant encore largement assurée par le polystyrène ou la mousse polyuréthane.

Les principales nouveautés se trouvent en fait dans le domaine de la production d'énergie ou d'eau chaude pour le chauffage. Le solaire est en bonne place dans les deux cas, mais on trouve également les premières cheminées à récupérateur de chaleur ou les chaudières au biogaz. Les auteurs évoquent également l'éolien et l'énergie hydraulique. Ils commencent surtout à s'intéresser de près à la géothermie par l'intermédiaire des pompes à chaleur. Le problème est de trouver des solutions pour stocker au mieux cette chaleur. L'idée de réservoirs d'eau ou de bacs remplis de galets est émise. En ce qui concerne le matériel de diffusion de la chaleur, les planchers chauffants basse température font leur apparition. En fait c'est dans la recherche et la conception de moyens de captation de l'énergie solaire que les constructeurs ont le plus d'imagination. Les bassins d'eau sur les toits, les murs avec serres, les capteurs en béton sont évoqués. Mais le mur sud reste le meilleur moyen car il est

¹⁶⁵ Cette partie a pour but de recenser les techniques, les matériaux et le matériel nouveau qu'évoquent les auteurs mais en raison du peu de détails fournis par ces ouvrages, nous nous contenterons d'en dresser une liste sommairement commentée qui sera complétée par une étude plus attentive dans les chapitres concernant la période actuelle. La comparaison des deux fera ressortir les idées des années 70 qui n'ont pas eu un grand succès.

¹⁶⁶ Sauf mention contraire, l'intégralité des éléments développés ici est issue de ces deux ouvrages et de celui de GAC Pierre, *Shelter, Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, Paris, éditions Alternative et parallèles, 1977.

naturellement le mieux orienté par rapport à la course du soleil, on cherche donc à optimiser ses performances. Le principal problème du mur sud, c'est que c'est un mur, et qu'il ne peut être mobile. Il est donc d'autant plus exposé au soleil que celui-ci est fort, ce qui devient problématique en été lorsque les besoins en chaleur sont moindres. Il s'agit donc de diminuer la chaleur qu'il produit durant la belle saison. C'est le procédé Trombe (III.39) qui semble le plus abouti. Il consiste en une double-peau en verre. Une lame d'air circule entre les deux parois, cet air est réchauffé par le rayonnement solaire combiné à l'effet de serre, et, grâce au principe du thermosiphon ou par l'ajout d'une ventilation, l'air monte. La prise d'air est donc située en bas du dispositif, puis un volet, en haut du mur, oriente l'air soit vers l'intérieur de la maison, soit le rejette vers l'extérieur. L'hiver, l'air chaud chauffe la maison, l'été l'air refroidi par son déplacement évite que le mur ne monte trop en température.

Reste le problème des rejets de l'habitat et principalement des eaux usées. Partant du principe que la majorité de l'eau utilisée par l'habitation l'est comme vecteur de déchets (toilettes par exemple) l'idée des toilettes sèches ou du *clivus multrum* est très en vogue (III.40). Il s'agit de favoriser la décomposition des excréments pour en faire de l'engrais. Il en va de même pour les déchets ménagers, la fabrication de biogaz à l'échelle d'un ménage n'étant pas rentable. Pour éliminer les eaux usées, certains auteurs proposent de passer par le lagunage, c'est-à-dire le rejet contrôlé de l'eau en milieu naturel planté où elle est filtrée naturellement par l'action des plantes et des micro-organismes.

L'eau peut tout à fait provenir de la captation des eaux de pluie.

Ces solutions qui semblent simples au premier abord sont en fait souvent complexes à mettre en place. Elles sont toutes intéressantes mais elles restent assez compliquées à généraliser.

De fait, c'est sur la conception même de l'habitation que les auteurs insistent le plus. Il s'agit de réaliser des maisons les plus confortables qui soient, tout en les rendant les moins nocives possibles pour leur milieu. Ce sont les principes de base trouvés pour répondre à ce cahier des charges qui sont les plus importants dans cette première période de la littérature sur l'architecture environnementale. Les solutions sont donc d'obéir aux principes du bioclimatisme, de donner de l'inertie à certaines parois, d'isoler, ceci afin de réduire au maximum les consommations. Ces solutions répondent parfaitement au problème que se pose la société du moment, celui de l'énergie. Tant pis si l'on généralise l'utilisation de l'amiante (dont on ne réalise pas tout de suite les dangers), tant pis si l'on utilise le béton, la mousse polyuréthane pourvu qu'on aboutisse à des performances thermiques correctes et que l'habitant se sente bien chez lui.

Ce n'est que bien plus tard que l'on se posera la question des effets des matériaux sur la santé et que surgiront, de façon plus présente, les problèmes de gestion des autres ressources et de pollution de l'environnement.

I.II.) Des années 1990 à nos jours.

I.II.I.) Des fondamentaux qui ne se démodent pas mais de nouvelles motivations qui apparaissent.

I.II.I.I.) Auteurs et ouvrages.

À part l'ouvrage de Yona Friedman¹⁶⁷ et le quatrième volume du *Catalogue des ressources* publié en 1983 et consacré à l'énergie et à l'habitat, les années 1980 sont marquées par une curieuse absence de la littérature sur l'architecture environnementale. Deux causes probables à cela : les années 1980 sont un moment où l'économie semble repartir après le tassement des années 1970. D'une part, la nécessité de trouver des solutions urgentes pour assurer la survie de tous semble moins pressante. D'autre part, après le bouillonnement de la décennie précédente, le mouvement s'essouffle. Il faut faire de nouvelles expériences pour relancer la machine. La publication du *Catalogue des ressources n°4 (III.41)* montre bien que la préoccupation de bâtir en symbiose avec la nature n'a pas disparu. On a peut-être simplement moins à dire dessus. L'idéologie qu'il fallait défendre dans les années 1970 s'est aussi bien implantée dans les mentalités et il est peut-être moins nécessaire de la diffuser. « Ce qui démarque ces années (1977-1983) c'est d'abord une nette victoire idéologique des idées d'écologie et de protection de l'environnement »¹⁶⁸.

On assiste donc à une période de reconcentration du mouvement avant l'explosion réelle des publications dans les années 1990/2000. À ce moment, ces publications changent de but et de public ; si nous avons considéré les ouvrages des années 1970 que nous avons étudiés comme grand public, ils restent tout de même destinés à un public particulier, politiquement marqué et leur contenu est lui-même très politique. Les ouvrages plus techniques de cette période sont également nombreux mais tout à fait confidentiels. Pourtant si leur lecture nécessite des connaissances déjà bien affûtées, ils ne semblent pas destinés en priorité aux architectes mais principalement aux autoconstructeurs qui cherchent des manuels de construction.

Les choses changent dans les années 1990. Les ouvrages sont moins destinés à défendre une idéologie (qui reste tout de même présente) qu'à se faire l'écho de nouvelles possibilités constructives, notamment dans les matériaux employés. Ce ne sont toujours pas des manuels de construction. Ils sont plus techniques dans la mesure où, si les ouvrages précédents donnaient des alternatives possibles en cherchant du côté de l'architecture vernaculaire, ceux-ci renforcent l'idée que construire autrement passe aussi par des matériaux différents.

De plus, l'attention renforcée des Français pour leur maison dans les quinze dernières années, tout à fait lisible dans la vogue des magazines de décoration ou dans les émissions de télévision, ainsi que la mode du bio, donne des idées aux éditeurs. Les ouvrages de ces dernières années sont beaucoup plus nombreux et plus soignés dans leur présentation avec des illustrations plus présentes et de meilleure qualité. Leur ton est plus didactique car ils visent un public beaucoup plus large. La perte de l'idéologie est sans doute aussi un moyen de ne pas effrayer ce nouveau lectorat.

Les ouvrages de Dominique Gauzin-Muller comme *25 Maisons écologiques (III.42)* publié en 2005 ou celui de Jean-Pierre Oliva, Antoine Bosse-Platière et Claude Aubert, *Maisons écologiques d'aujourd'hui*, publié en 2002 en sont de parfaits exemples. C'est dans ces

¹⁶⁷ FRIEDMAN Yona, Alternatives énergétiques ou la civilisation paysanne modernisée : pour une réelle économie des ressources, comment désindustrialiser l'énergie, Saint-Jean-de-Braye, Dangles, est publié en 1982.

¹⁶⁸ AIMÉ Gérard, Aoust Patrice, BONE Philippe (dir.), *Le Catalogue des ressources. 4, Énergies, habitats*, Paris, Librairies Alternative et Parallèles, 1983. Page 23.

ouvrages que l'on commence à voir émerger une histoire sommaire de la construction environnementale¹⁶⁹.

Cependant, tous ces changements (et toutes ces différences entre les deux périodes) ne sont pas radicaux. On garde tout de même une certaine idéologie. On note aussi l'apparition de nouvelles préoccupations. La médecine de l'habitat fait son entrée dans le monde de l'architecture environnementale avec les docteurs Suzanne et Pierre Déoux qui publient le *Guide de l'habitat sain* en 2004.

Le bioclimatisme est toujours présent avec des ouvrages comme *La Conception bioclimatique, des maisons confortables et économes* publié en 2006 par Samuel Courgey et Jean-Pierre Oliva ou l'encyclopédie d'Alain Liébard et d'André de Herde, tous les deux architectes qui ont publié en 2005 leur *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique*. L'énergie est également un problème toujours posé par un des ouvrages les plus diffusés de cette sélection, *La Maison des [néga] Watts* publié en 1999 par les thermiciens Salomon et Bedel ou par *Le Guide des énergies vertes pour la maison* qui date de 2006 et qui est l'œuvre du journaliste Patrick Piro. Les ouvrages à caractère plus technique sont ceux de Julien Fouin, *Maisons bio* de 2005, *Éco-conception des bâtiments* de Bruno Peuportier en 2003 ou *L'isolation écologique* de Jean-Pierre Oliva en 2001. La synthèse étant l'ouvrage publié par l'association Oïkos en 2002 et qui a pour titre *Les Clés de la maison écologique*. Enfin l'ouvrage de Patrick Bouchain *Construire autrement, comment faire ?* de 2006 est un ouvrage important sur le plan de l'idéologie. Sans traiter aucunement de l'architecture environnementale, il défend des idées très proches de celles de Friedman pour repenser l'architecture.

- Architecture, individu et société.

Même si Friedman ne fait pas partie de la bibliographie de l'ouvrage de l'architecte Patrick Bouchain, on peut raisonnablement penser qu'il a lu les ouvrages de l'auteur d'*Utopies réalisables* tant sa pensée en est proche. Sans jamais rentrer dans les problèmes de rapport à l'environnement, il défend des thèses qui correspondent tout à fait à un pan des réflexions de l'architecture environnementale, notamment en ce qui concerne les rapports entre l'homme et l'architecture. Il démontre que, peu à peu, ce mode de pensée fait son chemin chez certains architectes.

On peut ainsi lire dans son ouvrage qu'il devient nécessaire que les architectes s'attachent à « produire une architecture chargée de sens et non de normes [... car] c'est en s'attachant au "petit", au "micro", à l'individu que l'on peut comprendre et agir sur l'ensemble, le "macro", la collectivité »¹⁷⁰. Pour lui « l'architecture est l'affaire de tous »¹⁷¹ ce qui va dans le sens d'une plus grande implication de l'habitant dans la conception de son environnement architecturé comme le souhaitait Friedman. Bouchain constate également l'impuissance de l'Etat que Friedman appelait l'Etat-mafia. Pour lui « l'impuissance actuelle des Etats et de leur bureaucratie est une occasion à saisir car c'est au moment où l'impuissance est la plus grande que se présente la chance unique de se sauver, c'est au moment où l'Etat trébuche pour cause de démesure, que l'individu seul doit se prendre en charge »¹⁷². On se souvient que c'est la démesure de l'Etat qui est à l'origine de la théorie du groupe critique mise en place par Friedman.

¹⁶⁹ Un ouvrage est intégralement consacré à l'histoire de ce mouvement mais il n'intéresse pas uniquement la France. Il s'agit de WINES James, *L'Architecture verte*, Paris, Taschen, 2000.

¹⁷⁰ BOUCHAIN Patrick, *Construire autrement : comment faire ?*, Paris, Actes Sud, 2006. Page 8.

¹⁷¹ *ibidem*, page 7.

¹⁷² *ibidem*, page 18.

Bouchain répond même directement à Friedman qui pense que les consultations en matière d'architecture sont truquées car l'architecte fait dire au consulté « ce qu'il a envie d'entendre de son point de vue d'architecte »¹⁷³. L'auteur de *Construire autrement, comment faire ?* charge le politique pour les mêmes raisons. « C'est le fond qui, une fois posé, fait la forme, qui est elle-même l'expression du groupe qui a réalisé l'ouvrage. Ainsi on instaurerait une vraie démocratie participative, alors que le politique, coupé de sa base a tendance à mettre en place des structures parallèles aux structures démocratiques par des voies de concertation souvent bavardes qui ne peuvent que révéler le mécontentement et installer l'habitant dans un comportement d'assisté et de consommateur »¹⁷⁴.

Là où Friedman prêchait pour l'architecture mobile, c'est-à-dire adaptable aux besoins, Bouchain parle de la nécessité d'une architecture non finie et il n'oublie pas de critiquer ses confrères. « L'ouvrage doit rester ouvert, "non fini" et laisser un vide pour que l'utilisateur ait la place d'y entrer pour s'en servir. [...] Aujourd'hui non seulement les lieux sont non personnalisés, mais ils sont fermés c'est-à-dire terminés. Les architectes tentent de faire œuvre de concepteurs avec des projets qui leur ressemblent et ils ferment ces œuvres. [...] Cette architecture est donc une architecture d'exécution, ordonnée de manière autoritaire et réalisée de manière soumise. Il en résulte généralement des conflits et une image terrible, celle d'une architecture morte avant que d'être née, car dès le moment où elle est finie, elle n'intègre plus les changements de rapports et de désirs »¹⁷⁵.

L'analogie va plus loin, quand Friedman critique la charte d'Athènes, Bouchain s'en prend au moderne : « le mouvement moderne a cru qu'il fallait créer la rupture, faire table rase du passé et tout changer »¹⁷⁶. Or il dit également « que celui qui préfère faire table rase du passé plutôt que de le transmettre est celui qui a fait une faute »¹⁷⁷.

Deux autres éléments rattachent Bouchain au mouvement environnemental, c'est la volonté de réhabiliter le travail manuel dans l'architecture : « en architecture, l'autre c'est celui qui sait construire une chose que l'on ne sait plus ou ne veut plus faire. Par exemple l'enduit du maçon, la taille du charpentier, l'étanchéité du couvreur, la laque du peintre... Est-ce là si honteux de se servir de ses mains ? Ces métiers sont nécessaires car sans eux, il n'y a pas de construction »¹⁷⁸. Il ajoute que l'on « est en présence d'une société qui construit mal, qui ne respecte pas le travail manuel, qui le paie mal et dans laquelle les constructeurs ne sont jamais en mesure de donner le meilleur d'eux-mêmes »¹⁷⁹. La main de l'homme dans le bâtiment semble être un élément important du bien-être futur de l'habitant. « C'est incroyable que l'on ait pu croire que le bâtiment était comme l'industrie, un acte répétitif accompagnant la machine [...] et qu'il n'était pas possible d'y faire entrer la culture des hommes, leur individualité, leur personnalité »¹⁸⁰. Les capacités manuelles du bâtisseur sont mises à l'honneur comme moyen de régler le conflit entre l'habitant et l'architecture.

Le dernier élément évoqué par Bouchain et qui nous intéresse plus directement encore est son évocation de la nécessité de lier bâtiment et recyclage. « Après avoir tellement construit et consommé de matière, arrive le moment où l'on va devoir recycler plutôt que jeter »¹⁸¹. Mais le recyclage dans le bâtiment n'est pas qu'un moyen de préserver la planète ou de faire des économies. « Si l'on a un trou à son pull-over, est-ce qu'il vaut mieux le repriser ou le jeter ?

¹⁷³ FRIEDMAN Yona, *L'Architecture de survie : une philosophie de la pauvreté*, Paris, Éditions de l'Éclat, 2003. Page 23.

¹⁷⁴ BOUCHAIN Patrick, *Construire autrement : comment faire ?*, Paris, Actes Sud, 2006. Pages 19/20/26.

¹⁷⁵ *ibidem*, page 32.

¹⁷⁶ *ibidem*, page 56.

¹⁷⁷ *ibidem*, page 56.

¹⁷⁸ BOUCHAIN Patrick, *Construire autrement : comment faire ?*, Paris, Actes Sud, 2006. Page 48.

¹⁷⁹ *ibidem*, page 75.

¹⁸⁰ *ibidem*, page 89.

¹⁸¹ *ibidem*, page 57.

Le reprendre c'est se l'approprier, agir sur un produit que l'on n'a pas fait c'est le transformer, le personnaliser. Aujourd'hui dans l'architecture, ce genre de chose ne se fait pas. Aujourd'hui les bâtiments doivent être "standards" : ils sont fait pour tout le monde et pour personne »¹⁸².

Il est intéressant de remarquer à quel point un architecte qui n'a aucun lien avec le mouvement de l'architecture environnementale écrit un ouvrage d'intention qui en est si proche. Les points qu'il critique sont en lien avec ce qui posait déjà problème trente ans auparavant. La question de la relation entre l'homme et l'habitat est pourtant toujours au cœur des préoccupations des constructeurs environnementaux ; ainsi quand les auteurs de *Maisons écologiques d'aujourd'hui* essaient de définir ce qu'est une telle maison, leur réponse est la suivante : « économe ? Respectueuse de l'environnement ? Sans émanations de polluants chimiques ? Une maison écologique est tout cela, bien entendu. Mais c'est aussi une maison où il fait bon vivre, où l'on se sent bien (III.43). Car la maison est plus que jamais notre "troisième peau", et elle exerce une influence déterminante sur notre bien-être, d'autant plus que nous y passons de plus en plus de temps »¹⁸³.

- Des fondamentaux qui ne se démodent pas.

La pénurie d'énergie reste l'une des problématiques centrales de cette deuxième période du mouvement. Les crises pétrolières des années 1970 sont oubliées mais les hommes des années 1990 vivent désormais en sachant pertinemment que le pétrole cessera bientôt de couler. Avec en plus l'omniprésente question du réchauffement climatique, il faut trouver des solutions à la consommation d'énergie. Les énergies renouvelables sont au cœur des préoccupations.

Les disparités dans la consommation d'énergie sont toujours mises en relief, « aujourd'hui, sur notre planète, la surconsommation la plus débridée côtoie des pénuries criantes »¹⁸⁴, une manière de critiquer la surconsommation des pays développés. Le but n'est pas de donner mauvaise conscience mais de montrer qu'il y a des efforts à faire, face à un problème grave : « Sans énergie, pas de vie, pas de développement »¹⁸⁵.

L'énergie, et c'est une nouveauté, est aussi vue sous l'angle des problèmes de pollution, « la consommation d'énergies fossiles est une des principales sources de la dégradation de l'environnement »¹⁸⁶. Les auteurs ne sont toujours pas rassurés face aux dangers du nucléaire « les déchets nucléaires issus de la production d'énergie atomique représentent un risque sans précédent [...] À l'heure actuelle, aucune solution n'a été trouvée pour les retraiter de façon satisfaisante »¹⁸⁷. En revanche, il ne semble plus être question des dangers du nucléaire militaire. La critique de la centralisation s'est également affaiblie même si elle est toujours présente.

En matière d'énergie cependant, le jugement est sans appel (« en matière d'énergie, l'état des lieux est accablant »¹⁸⁸) et les choses ne changent pas puisque cela dure depuis trente ans. Malgré ce qui a été dit plus tôt, il semble qu'il y ait encore du chemin à faire, car on parle encore d'une « indispensable prise de conscience »¹⁸⁹ concernant les problèmes énergétiques.

¹⁸² BOUCHAIN Patrick, *Construire autrement : comment faire ?*, Paris, Actes Sud, 2006. Pages 56/57.

¹⁸³ OLIVA Jean-Pierre, BOSSE-PLATIÈRE Antoine et AUBERT Claude, *Maisons écologiques d'aujourd'hui*, Mens, Terre vivante, 2002. Page 7.

¹⁸⁴ SALOMON Thierry et BEDEL Stéphane, *La Maison des [néga] watts : le guide malin de l'énergie chez soi*, Mens, Terre vivante, 2006. Page 7.

¹⁸⁵ *ibidem*, page 7.

¹⁸⁶ *ibidem*, page 9.

¹⁸⁷ *ibidem*, pages 9/ 10.

¹⁸⁸ *ibidem*, page 11.

Il existe cependant des solutions ; « de nombreuses réponses existent, simples, de bon sens, immédiatement applicables par tous, elles se fondent sur l'efficacité énergétique, c'est-à-dire réduire à la source la quantité d'énergie nécessaire pour un même service, mieux utiliser l'énergie à qualité de vie constante »¹⁹⁰. Où l'on retrouve l'appel au bon sens déjà plébiscité dans les ouvrages publiés dès 1970. Mieux utiliser l'énergie c'est donc se poser la question de la nécessité de chauffer toutes les pièces de la maison à vingt-deux degrés alors que l'on pourrait se contenter de 20° dans la pièce à vivre et de 18° dans les chambres. C'est aussi se demander s'il est nécessaire de continuer à chauffer la maison à la même température dans la journée lorsqu'elle est vide. Ces questions étaient déjà posées il y a trente ans mais les dispositifs de domotique, c'est-à-dire de gestion par ordinateur du chauffage ou même de l'abaissement ou de l'ouverture des volets pour augmenter ou diminuer les apports solaires en l'absence des habitants, qui commencent à se démocratiser aujourd'hui permettent d'apporter des solutions qui ne nuisent plus au confort des habitants. La maison retrouve une température agréable quelques minutes avant l'arrivée de ses occupants.

Les énergies renouvelables, dont les rendements souvent très bas dans les années 70 ont été beaucoup améliorés, sont également sollicitées. « Seule l'utilisation de toutes les formes d'énergies renouvelables (solaire, éolien, hydraulique, bois et biomasse) et une augmentation de l'efficacité énergétique permettront d'éviter de piller définitivement notre planète pour nos seuls besoins immédiats »¹⁹¹. L'amélioration de l'efficacité énergétique, c'est par exemple l'utilisation d'ampoules basse consommation et le recours aux principes du bioclimatisme. On parle alors de production de « NégaWatts » (III.44), c'est-à-dire de watts non consommés. « Cette démarche est triplement gagnante, pour le consommateur, qui voit ses factures d'énergie diminuer, pour l'emploi, par la diffusion de nouveaux équipements plus performants et le développement décentralisé de tous les métiers de l'énergie et pour l'environnement, car l'énergie la moins polluante est celle que l'on n'a pas besoin de produire »¹⁹².

Enfin le problème de la climatisation fait son apparition. Si elle existait déjà dans les années 1970 elle n'était qu'extrêmement peu utilisée dans l'habitation particulière ou elle se généralise aujourd'hui. Or la climatisation consomme énormément d'énergie. De plus, les gaz réfrigérants qui sont utilisés sont des gaz à effet de serre et les fuites de ces gaz favorisent le réchauffement climatique. Cette attention au gaz émis par les fuites de fluides réfrigérants est révélatrice du glissement lent du problème de la pénurie vers celui du réchauffement climatique.

Le recours aux préceptes du bioclimatisme permettrait de réduire le recours à la climatisation pour améliorer le confort de l'habitat. « Sous nos latitudes, être obligé de climatiser une habitation est le signe d'un grave défaut de conception : un logement bien conçu, suffisamment isolé, correctement orienté et disposant des protections solaires n'a pas besoin d'être climatisé même en zone méditerranéenne »¹⁹³.

Quasiment tous les ouvrages continuent à aborder le thème de l'énergie même si ce n'est pas leur sujet principal. Les exemples sont multiples, c'est le cas du *Catalogue des ressources n°4* pourtant présenté comme « plus neutre que les précédents : plus d'informations, moins de commentaires »¹⁹⁴ qui comporte pourtant un texte incendiaire d'Hundertwasser, l'architecte autrichien, qui commence par ces mots : « il n'y a pas de crise

¹⁸⁹ SALOMON Thierry et BEDEL Stéphane, *La Maison des [néga] watts : le guide malin de l'énergie chez soi*, Mens, Terre vivante, 2006. Page 134.

¹⁹⁰ *ibidem*, page 11.

¹⁹¹ *ibidem*, page 10.

¹⁹² *ibidem*, page 12.

¹⁹³ *ibidem*, page 75.

¹⁹⁴ AIMÉ Gérard, Aoust Patrice, BONE Philippe (dir.), *Le Catalogue des ressources. 4, Énergies, habitats*, Paris, Librairies Alternative et Parallèles, 1983. Page 6.

de l'énergie, il n'y a qu'un gaspillage d'énergie pervers et sans bornes »¹⁹⁵. On note également la présence d'un texte de Friedman intitulé « De la pénurie »¹⁹⁶.

Les autres problèmes écologiques, comme la pollution de la nature, s'invitent également dans les débats mais ils sont beaucoup plus discrets car ils concernent moins la conception que la construction en elle-même. De plus, ils font implicitement partie du kit du constructeur environnemental, ils sont donc beaucoup plus discrets dans les textes d'intention avec une volonté idéologique forte. En revanche ils sont intégrés aux critères de choix des matériaux. De la même manière, un projet de construction environnementale comportera presque toujours un volet « gestion des eaux ».

- Habitat et santé, la médecine et le bâtiment.

L'arrivée de la médecine dans le domaine du bâtiment est sans doute la plus grande différence entre les deux périodes que nous avons étudiées. Il ne s'agit pas de constater qu'un logement froid et humide augmente les risques d'attraper un rhume, même si cela est vrai, mais bien plutôt de comprendre les effets d'un bâtiment sur le corps et l'esprit humains. Par les matériaux qu'il utilise, le bâtiment empoisonne, c'est le cas de l'amiante par exemple. Le scandale provoqué par ce matériau (qui n'était pas utilisé que dans le bâtiment) est sans doute à l'origine de l'intérêt de la médecine pour le bâtiment. Les matériaux choisis pour construire peuvent nuire à la santé de l'homme mais les choix de conception effectués peuvent aussi nuire à son équilibre psychique ou du moins à son bien-être. C'est le cas des recherches récentes sur le bruit par exemple.

À l'origine de cette « discipline naissante qu'est la médecine de l'environnement »¹⁹⁷, il y a les docteurs Suzanne et Pierre Déoux (III.45), deux docteurs en médecine qui s'intéressent à ce problème depuis plus de vingt ans. Ils sont experts et consultants dans le domaine de l'environnement et de la santé et, particulièrement, de la prévention des risques à l'intérieur des bâtiments.

Pour eux, « les impacts du cadre bâti sur la santé [...] se révèlent trop souvent dans des contextes de crise, par manque d'anticipation. Et l'actualité récente illustre encore l'importance des enjeux humains de la conception des bâtiments contemporains. Comme, par exemple, dans la catastrophe sanitaire de la canicule 2003 »¹⁹⁸. Ils poursuivent, « si la résorption de l'insalubrité des logements [...] s'effectue peu à peu, on a sous-estimé les conséquences des nouvelles techniques de construction, des différents matériaux et produits utilisés, de la régulation du renouvellement de l'air intérieur. Les problèmes de santé actuellement associés à l'occupation des bâtiments ne sont plus seulement microbiologiques, mais sont très polymorphes »¹⁹⁹.

Ces deux médecins sont à l'origine du concept d'Habitat, Qualité, Santé qu'ils définissent comme suit « L'H.Q.S. est un enjeu fondamental. [...] C'est l'ensemble des caractéristiques qui confèrent au bâtiment la capacité à répondre au besoin primordial d'abri tout en garantissant l'équilibre physiologique et psychique de ses occupants »²⁰⁰. Dans ce cadre aussi, l'importance de la conception est grande, « contrôler les sources de nuisances en amont est

¹⁹⁵ AIMÉ Gérard, Aoust Patrice, BONE Philippe (dir.), *Le Catalogue des ressources. 4, Énergies, habitats*, Paris, Librairies Alternative et Parallèles, 1983. Page 22.

¹⁹⁶ *ibidem*, page 40.

¹⁹⁷ DÉOUX Suzanne et Pierre, *Le Guide de l'habitat sain : habitat qualité santé : pour bâtir une santé durable*, Andorra-la-Vella, Medieco éditions, 2004. Page 9.

¹⁹⁸ *ibidem*, page 9.

¹⁹⁹ *ibidem*, page 11.

²⁰⁰ *ibidem*, page 12.

une stratégie plus efficace et moins coûteuse que de chercher ensuite à les diminuer »²⁰¹.
« Une prise en compte globale des risques sanitaires liés au bâtiment »²⁰² est donc nécessaire. Leurs arguments sont appuyés par l'extrait d'un rapport de l'O.M.S. qui affirme que « les mauvaises conditions d'habitat augmentent la prévalence de l'asthme, des allergies respiratoires et de la peau, et des autres maladies pulmonaires. L'habitation est également étroitement associée aux accidents domestiques, aux blessures, aux souffrances psychologiques et sociales tels que dépression, isolement, anxiété et peur des agressions. Le stress lié au bruit, l'exposition aux toxines, au plomb, à l'amiante ou au monoxyde de carbone peuvent encore avoir un impact très sévère sur la santé. Une conception urbaine au rabais qui oublie les arbres, les espaces verts ou les lieux de détente, de promenade est quant à elle associée au manque d'activités physiques, à l'obésité, à la pauvreté des liens sociaux et à la hausse des transports motorisés »²⁰³.

Une fois de plus, les auteurs font appel au bon sens, « malheureusement, l'habitat n'étant bien souvent que l'expression de préoccupations économiques, les critères de simple bon sens sont négligés »²⁰⁴.

Nombreux sont les éléments qui entrent dans la construction d'un bâtiment et qui peuvent avoir des effets néfastes sur la santé, surtout si l'on considère que « la santé n'est plus actuellement considérée comme l'absence de maladie, mais comme un état de bien-être physique, mental et social »²⁰⁵.

Autre nouveauté issue du scandale de l'amiante, on s'intéresse également de plus en plus près au problème de santé des professionnels du bâtiment. Certains auteurs (**III.46**) en font même un élément définissant l'architecture environnementale, qui a pour objectif « la protection de l'environnement et de la santé des professionnels de la construction et des occupants des logements »²⁰⁶.

- La localisation du bâtiment.

Au premier plan figure les problèmes en lien avec la localisation de la construction. Le vent par exemple, en frappant les habitations, produit des fréquences sonores graves, les infrasons, qui peuvent amener à des perceptions vibratoires, un état de somnolence, et une baisse des performances²⁰⁷. Cela est surtout vrai et important pour les tours de bureaux très exposées à ces phénomènes.

Moins anecdotique, la localisation d'une maison sur certains types de sol peut amener un risque sanitaire lié à la présence de radon. Le radon est un gaz radioactif provenant de la décomposition de l'uranium et du thorium ; il produit ensuite du polonium 218 et 214 en se désintégrant. Ce gaz entre dans les habitations par les failles naturelles ou provoquées des roches du sous-sol. Il peut entrer par les ouvertures pratiquées pour passer les réseaux, bref par toutes les ouvertures directes vers le sol. Il stagne ensuite, souvent dans les sous-sols mal ventilés ou se répand dans la maison. Pour éviter son apparition, il faut rendre étanche la

²⁰¹ DÉOUX Suzanne et Pierre, *Le Guide de l'habitat sain : habitat qualité santé : pour bâtir une santé durable*, Andorra-la-Vella, Medieco éditions, 2004. Page 14.

²⁰² *ibidem*, page 13.

²⁰³ Extrait d'*Habitations et santé : état des connaissances*. O.M.S. Europe Avril 2004 in DÉOUX Suzanne et Pierre, *Le Guide de l'habitat sain : habitat qualité santé : pour bâtir une santé durable*, Andorra-la-Vella, Medieco éditions, 2004. Page 16.

²⁰⁴ *ibidem*, page 19.

²⁰⁵ *ibidem*, page 107.

²⁰⁶ OÏKOS, *Les Clés de la maison écologique*, Mens, Terre vivante, 2002. Page 10.

²⁰⁷ DÉOUX Suzanne et Pierre, *Le Guide de l'habitat sain : habitat qualité santé : pour bâtir une santé durable*, Andorra-la-Vella, Medieco éditions, 2004. Page 21.

liaison au sol du bâtiment et ventiler au maximum les maisons situées sur les zones à risque. Il est particulièrement présent dans les régions granitiques, volcaniques et uranifères comme la Bretagne, le Massif Central, les Vosges et la Corse. Le radon est reconnu comme cancérigène pulmonaire²⁰⁸ par le Centre International de Recherche sur le Cancer (C.I.R.C.)²⁰⁹, il serait responsable de dix à trente pour cent des cas de cancers du poumon, c'est-à-dire qu'il en serait la deuxième cause après le tabagisme.

Les docteurs Déoux mettent également le doigt sur les problèmes dus à la pollution atmosphérique²¹⁰ qui serait à l'origine de trente-mille décès anticipés par an. On lui doit de cinq à dix pour cent des affections respiratoires et, à cause de cette pollution, la fréquence de l'asthme a été multipliée par deux en vingt ans. Ce problème ne touche pas que les centres urbains, on peut également le rencontrer dans un site isolé, situé dans une vallée non ventée par exemple.

En milieu urbain, le bruit en revanche peut causer de graves problèmes²¹¹. Il peut être un facteur de stress. Il a une action sur le système cardio-vasculaire. Il provoque une hausse du rythme cardiaque et une constriction des vaisseaux qui favorisent l'hypertension et augmentent les risques d'infarctus. Le bruit augmente également le rythme de la respiration, provoque des troubles gastro-intestinaux, influence la fécondité, perturbe le sommeil, modifie la vision, les performances et le comportement social. Bref l'exposition au bruit, même à bas volume, est très nocive, d'autant plus qu'il n'y a aucune adaptation physiologique au bruit. Le corps reste perturbé malgré l'impression d'accoutumance.

Une nouveauté fait également son apparition ces dernières années dans les préoccupations des constructeurs environnementaux, il s'agit de l'étude des champs magnétiques et électriques. Il ne s'agit pas uniquement des logements situés à proximité des lignes à haute tension et des transformateurs électriques qu'il faut de toute façon éviter à tout prix. Mais l'habitation est traversée par des câbles qui forment un réseau de perturbations électromagnétiques. Ces champs électromagnétiques sont présents au niveau des tableaux électriques mais ils sont aussi très importants près des appareils gros consommateurs d'électricité (en fonctionnement ou non) ou même des prises électriques. Les études scientifiques²¹² montrent que ces champs, pour une fréquence de cinquante hertz qui est celle du réseau français, provoquent une baisse de la neutralisation des cellules cancéreuses par les lymphocytes. Ils sont également une cause de la leucémie de l'enfant ou de la leucémie lymphoïde chronique chez l'adulte. Des études en cours montrent qu'ils sont aussi probablement une cause de maladies neuro-dégénératives type maladie d'Alzheimer ou de maladies cardio-vasculaires. Les champs électromagnétiques provoquent également une baisse de la production de mélatonine, l'hormone centrale de régulation des rythmes chrono-biologiques, et d'un certain point de vue, de pratiquement tout l'ensemble des sécrétions hormonales. Ces faits sont avérés scientifiquement, ils font l'objet d'une réglementation et sont abordés par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur²¹³. Pour être complet sur ces problèmes liés aux champs électromagnétiques, certains auteurs²¹⁴ pensent qu'il est même nécessaire de relier à la terre le ferrailage du béton armé d'une habitation. En effet, l'électricité fait partie du fonctionnement du corps humain, en quelque sorte, puisque ce sont des phénomènes électromagnétiques qui assurent la transmission des

²⁰⁸ DÉOUX Suzanne et Pierre, *Le Guide de l'habitat sain : habitat qualité santé : pour bâtir une santé durable*, Andorra-la-Vella, Medieco éditions, 2004. Page 31.

²⁰⁹ OÏKOS, *Les Clés de la maison écologique*, Mens, Terre vivante, 2002. Page 19.

²¹⁰ DÉOUX Suzanne et Pierre, *Le Guide de l'habitat sain : habitat qualité santé : pour bâtir une santé durable*, Andorra-la-Vella, Medieco éditions, 2004. Page 42.

²¹¹ *ibidem*, pages 80/81.

²¹² DÉOUX Suzanne et Pierre, *Le Guide de l'habitat sain : habitat qualité santé : pour bâtir une santé durable*, Andorra-la-Vella, Medieco éditions, 2004. Page 88.

²¹³ Organisme missionné par les Pouvoirs Publics. <http://www.air-interieur.org/>.

²¹⁴ OÏKOS, *Les Clés de la maison écologique*, Mens, Terre vivante, 2002. Page 50.

informations entre les liaisons nerveuses du corps. Or la nature produit également des champs électromagnétiques et le ferrailage d'une maison produit un effet similaire à celui d'une cage de Faraday qui perturbe le bon écoulement de ces champs magnétiques. Cependant, contrairement aux problèmes énoncés plus haut, ce phénomène et ses conséquences font encore l'objet de recherches scientifiques et ne sont pas encore confirmés.

- L'air intérieur.

Selon l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur, certains polluants se retrouvent en plus grande quantité dans l'air intérieur qu'à l'extérieur de la maison, que ce soit en zone urbaine ou en zone rurale. Ces polluants sont principalement dégagés par les matériaux de construction. Dans *Les Clés de la maison écologique*, on peut par exemple lire que «de nouveaux matériaux apparaissent sur le marché. Si les fournisseurs et les distributeurs mettent facilement en avant leurs qualités techniques, ils omettent de préciser que les constituants de base de ces produits, souvent issus de la chimie de synthèse, n'ont pas fait l'objet d'études suffisamment sérieuses en matière de risque sanitaire [...] Des informations sont disponibles pour quelques produits, elles ne présagent rien de bon»²¹⁵. C'est ce problème des matériaux qui intéresse particulièrement la santé des professionnels de la construction.

Au premier rang de ces matériaux potentiellement dangereux se trouvent les produits de traitement du bois. Si le bois est considéré, à juste titre, comme le matériau par excellence de la construction environnementale en raison de ses qualités techniques et écologiques, les produits utilisés pour son traitement sont souvent très nocifs.

Parmi ces produits, on trouve le lindane, un pesticide organochloré utilisé comme insecticide qui a été interdit en France en 1992. Il est considéré comme « extrêmement toxique »²¹⁶ pour le système nerveux, la peau et les muqueuses oculaires. Il a un caractère fœtotoxique et est classé cancérigène possible par le C.I.R.C..

Le pentachlorophénol ou P.C.P.²¹⁷ est un fongicide « très toxique »²¹⁸. Il est interdit dans certains pays depuis 1980 mais en France, s'il est interdit à la vente au particulier au-dessus d'une concentration de zéro virgule un pour cent depuis 1994, les professionnels peuvent continuer à l'utiliser plus concentré. Son utilisation est interdite pour le traitement des meubles d'intérieur et les bois doivent porter la mention de leur traitement par ce produit ou ses dérivés. On peut donc acheter du bois traité au P.C.P. et il peut être mis en œuvre dans les charpentes. Outre le fait qu'il produit, en brûlant, une grande diversité de dioxines, ce produit est dangereux en lui-même mais il peut également être mélangé avec d'autres produits toxiques comme le furane. Le P.C.P. peut provoquer une intoxication chronique car il se diffuse dans l'air si son application est récente ou s'il est exposé à la chaleur. Il irrite les voies aériennes supérieures mais peut également pénétrer dans l'organisme par voies cutanées. Il atteint alors le système nerveux, accélère le métabolisme, irrite la peau et les muqueuses et provoque des troubles gastro-intestinaux. C'est un cancérigène possible.

Viennent ensuite les sels C.C.A. (chlorure, chrome, arsenic) qui sont utilisés pour les traitements des bois extérieurs. Leur lessivage par les eaux de pluies provoque leur accumulation dans les eaux souterraines. Or ces produits sont « très toxiques »²¹⁹ à court

²¹⁵ OÏKOS, *Les Clés de la maison écologique*, Mens, Terre vivante, 2002. Page 15.

²¹⁶ *ibidem*, page 21.

²¹⁷ À ne pas confondre avec les polychlorobiphényles (P.C.B.), qui constituent une famille de molécules chimiques proches de la famille des dioxines.

²¹⁸ OÏKOS, *Les Clés de la maison écologique*, Mens, Terre vivante, 2002. Page 21.

²¹⁹ *ibidem*, page 22.

terme même à faibles doses car l'arsenic est un poison violent. Il est classé cancérigène par le C.I.R.C..

L'utilisation des insecticides en aérosols est également une source de pollution très importante notamment à cause des pyréthrinoïdes de synthèses que la plupart contiennent.

D'autres composants toxiques sont présents dans l'habitat. C'est le cas du formaldéhyde. Composé soluble dans l'eau et dans certains solvants organiques, il est utilisé par l'industrie chimique pour la fabrication de produits synthétiques (III.47). Pas toujours stable dans l'eau, il peut être lessivé ou dégagé quand il est exposé à la chaleur. À basse concentration il peut provoquer des irritations (yeux, nez, gorge, etc.) mais au-dessus d'un milligramme par mètre cube d'air, il augmente l'incidence des maladies respiratoires chroniques²²⁰. Il est considéré par l'O.M.S. comme cancérigène.

Le formaldéhyde est un composé organique volatil²²¹. Les C.O.V. sont un ensemble de composés appartenant à différentes familles chimiques. Ils sont largement utilisés dans la fabrication de nombreux produits ou matériaux d'aménagement et de décoration (peintures, vernis, colles, nettoyeurs, bois agglomérés, moquettes, tissus neufs, etc.). Ils sont également émis par le tabagisme et par les activités d'entretien et de bricolage. Leur point commun est de s'évaporer plus ou moins rapidement à la température ambiante et de se retrouver ainsi dans l'air. Compte tenu de la multiplicité des sources d'émission, ce sont eux qui sont majoritairement responsables de la plus forte concentration en polluants de l'air intérieur par rapport à l'air extérieur (Doc.3). Leurs effets sur la santé sont souvent mal connus mais on leur attribue, selon les composés, des irritations de la peau, des muqueuses et du système pulmonaire, des nausées, des maux de tête et des vomissements. Quelques composés sont associés à des leucémies ou à des cancers. D'autres sont suspectés d'atteindre le système reproductif.

D'autres matières peuvent représenter un danger pour la santé, c'est le cas du chlorure de vinyle par exemple. En lui-même il est toxique pour le système nerveux²²². On le trouve principalement sous forme de polymère, le P.V.C., extrêmement répandu dans la maison (III.48) Ce dernier est classé cancérigène par le C.I.R.C.. De plus, il peut contenir des particules de chlorure de vinyle non liées qui se diffusent dans l'atmosphère et contiennent des plastifiants qui émettent des C.O.V.. En cas d'incendie, il dégage du chlorure d'hydrogène qui, combiné à la vapeur d'eau, donne de l'acide chlorhydrique. Il libère également des dioxines et du furane, très toxiques. Le P.V.C. a également un fort potentiel électrostatique ce qui attire les poussières.

Dans les revêtements de sol, il faut également évoquer le cas des moquettes. En dehors des éléments parfois toxiques qui les composent ou qui entrent dans la composition des colles, elles sont « un réservoir de poussières, de champignons ou d'allergènes et d'électricité statique »²²³. Parmi les substances allergéniques se trouvent essentiellement les déjections des acariens et les débris de carapaces, microparticules de cinq micromètres qui pénètrent en profondeur dans les poumons. Leurs effets peuvent être multiples, asthme, rhinite, allergie oculaire ou encore conjonctivite. Il en va de même pour les poussières.

Reste à évoquer le cas des isolants, le polystyrène²²⁴ tout d'abord qui est l'un des plus utilisés. Il contient du styrène²²⁵ dont l'inhalation peut occasionner des troubles du système nerveux, tels que la dépression ou des difficultés de concentration, des faiblesses musculaires, des nausées ainsi qu'une irritation des yeux, du nez et de la gorge. Il peut également

²²⁰ OÏKOS, *Les Clés de la maison écologique*, Mens, Terre vivante, 2002. Page 24.

²²¹ C.O.V.

²²² OÏKOS, *Les Clés de la maison écologique*, Mens, Terre vivante, 2002. Pages 28/29.

²²³ *ibidem*, pages 25/26.

²²⁴ *ibidem*, page 66.

²²⁵ *ibidem*, page 27.

occasionner des dégâts au foie, aux reins, au cerveau et aux poumons²²⁶. Il est classé cancérigène possible par l'I.R.C..

Le polyuréthane, ensuite, est un polymère d'uréthane, une molécule organique. Il est utilisé sous forme de mousses isolantes dans le bâtiment ou dans l'électroménager mais aussi dans l'ameublement. Il entre dans la composition des colles, de certains éléments de décoration (fausses poutres, décors, sculptures, etc.), dans les enduits, laques, peintures et vernis. Ce produit est classé comme dangereux, il est irritant pour les yeux et l'exposition répétée peut provoquer dessèchements ou gerçures de la peau. L'inhalation des vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges. Facilement inflammables, des polybromodiphényl éthers réputés toxiques sont incorporés aux mousses de polyuréthane pour retarder leur combustion en cas d'incendie. Enfin, les polyuréthanes sous forme de mousses expansives libèrent des amines, substances dangereuses et cancérigènes.

Enfin, le cas des fibres minérales²²⁷ constituant les laines isolantes (laine de verre, de roche, etc.). Ces fibres minérales peuvent être libérées dans l'air lors des manipulations liées à leur mise en place ou à leur enlèvement. Ce sont des irritants pour la peau et les yeux et elles ont été classées comme cancérigène possible chez l'être humain.

Tous ces matériaux ont le point commun de ne pas être recyclables et d'avoir un bilan écologique très négatif car leur production nécessite énormément d'énergie.

- Le chauffage.

Le mode de chauffage participe aussi à la qualité de l'air intérieur, le chauffage au bois par l'intermédiaire d'une cheminée ouverte, par exemple, est plus polluant que l'utilisation d'un poêle ou d'un insert fermé²²⁸. Outre les dégagements possibles de monoxyde de carbone qui peuvent provoquer l'intoxication et la mort de tous les occupants de la maison, les foyers ouverts dégagent d'importantes quantités de poussières et de C.O.V.. Le tirage forcé (pulseur ou extracteur d'air) limite cependant ces inconvénients.

Pour assurer le bien-être le plus complet aux habitants de la maison, les experts ont calculé les conditions optimales de chauffage d'une habitation²²⁹. Ces conditions ne se limitent pas à une mesure de la température ambiante d'une pièce, il s'agit de l'interaction entre différents facteurs. La température des murs tout d'abord doit être de vingt-deux degrés Celsius à plus ou moins deux degrés près. Celle du sol doit se trouver entre dix-neuf et vingt-quatre degrés. L'humidité relative doit également être prise en compte, et être maintenu entre quarante et soixante pour cent. Sa régulation est effectuée par la ventilation mais la vitesse de l'air pulsé doit être inférieure à zéro virgule cinq mètre par seconde. De plus, la différence de température entre deux murs d'une même pièce doit être inférieure à dix degrés et la différence de température entre le sol et le plafond, inférieure à cinq degrés afin d'éviter l'« effet strates ». L'effet strates, comme son nom l'indique, est le résultat de la différence de température entre différentes couches d'air. C'est une source d'inconfort voire de gêne circulatoire et de problème cardio-vasculaire. Cet effet est bien connu dans le cas des premiers planchers chauffants, avant la généralisation des planchers basse température. Pour éviter ces désagréments, on estime que la différence de température entre les pieds et la tête de l'occupant ne doit pas dépasser trois degrés.

²²⁶ Etudes réalisées sur des animaux.

²²⁷ OÏKOS, *Les Clés de la maison écologique*, Mens, Terre vivante, 2002. Page 65.

²²⁸ DÉOUX Suzanne et Pierre, *Le Guide de l'habitat sain : habitat qualité santé : pour bâtir une santé durable*, Andorra-la-Vella, Medieco éditions, 2004. Page 288.

²²⁹ *ibidem*, page 287.

I.II.I.II.) Matériaux, techniques et mise en œuvre²³⁰.

Les défis auxquels il faut répondre au début des années 1990 sont les mêmes que ceux de la période précédente auxquels il faut ajouter la nécessité de construire des bâtiments sains, avec des matériaux écologiques. La prise de conscience des dégâts causés par les déchets du bâtiment²³¹ contribue à l'arrivée de matériaux issus de recherches technologiques importantes, notamment en ce qui concerne leur capacité à être retraité. On prend également davantage en compte la durée de vie complète d'un bâtiment, de sa construction à sa destruction. La conception bioclimatique²³² (III.49) est toujours plébiscitée et ses principes ne changent pas. Ils sont simplement plus faciles à appliquer grâce aux performances des nouveaux matériaux. Le terme de techniques douces a, en revanche, totalement disparu. Les préceptes qu'il décrivait se sont généralisés, nous allons en évoquer les principaux.

- Énergie et chauffage.

Se chauffer, s'éclairer, laver du linge ou faire cuire un poulet, toutes ces activités ont en commun de nécessiter de l'électricité. Alors qu'on se contentait de prévoir chauffe-eau et convecteurs ou chaudière et radiateurs lorsque l'on concevait un bâtiment traditionnel, l'énergie et le chauffage sont des composants importants de l'architecture environnementale. Actuellement en France, la production d'électricité est centralisée et assurée par des centrales nucléaires, à gaz ou au fioul. Dès le début des années 1970, certains se posent la question de la décentralisation de la production d'électricité, c'est-à-dire la production par chaque foyer de l'équivalent de sa consommation et de sa production par des moyens non polluants. Le premier qui vient à l'esprit est le solaire photovoltaïque.

La France a une durée moyenne annuelle d'ensoleillement de 1500 heures au nord et de 3000 heures au sud soit une puissance journalière moyenne disponible de 2,9 à 5 KWh par mètre carré au sol, ce qui équivaut à 400 fois la consommation française en 1983. Pour répondre à la consommation électrique du pays, il faudrait recouvrir 3% du territoire français avec des capteurs à 10% de rendement²³³. Ceci n'est pas impensable.

Les premières cellules au silicium sont utilisées par Pearson, Fuller et Chapin en 1954 puis c'est la recherche spatiale qui fait avancer la technologie et en 1978 elles deviennent la source unique de puissance des satellites. C'est alors que ce type de matériel commence vraiment à se répandre car les capteurs deviennent plus performants et un peu moins coûteux. Le retour sur investissement est donc moins long.

²³⁰ Sauf mention contraire, l'intégralité des éléments développés ici est issue de :

- PIRO Patrick, *Guide des énergies vertes pour la maison*, Mens, Terre vivante, 2006.

- FOUIN Julien, *Maisons bio*, Paris, Flammarion, 2000.

- PEUPORTIER Bruno, *Éco-conception des bâtiments, bâtir en préservant l'environnement*, Paris, les Presses de l'École des mines, 2003.

- OLIVA Jean-Pierre, *L'Isolation écologique : conception, matériaux, mise en œuvre*, Mens, Terre vivante, 2001.

- OÏKOS, *Les Clés de la maison écologique*, Mens, Terre vivante, 2002.

²³¹ OÏKOS, *Les Clés de la maison écologique*, Mens, Terre vivante, 2002. Pages 35 à 39.

²³² - AIMÉ Gérard, Aoust Patrice, BONE Philippe (dir.), *Le Catalogue des ressources. 4, Énergies, habitats*, Paris, Librairies Alternative et Parallèles, 1983

- OLIVA Jean-Pierre et COURGEY Samuel, *La Conception bioclimatique : des maisons économes et confortables : en neuf et en réhabilitation*, Mens, Terre vivante, 2006.

- LIÉBARD Alain et DE HERDE André, *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*, 2005.

²³³ AIMÉ Gérard, Aoust Patrice, BONE Philippe (dir.), *Le Catalogue des ressources. 4, Énergies, habitats*, Paris, Librairies Alternative et Parallèles, 1983. Page 134.

Un capteur photovoltaïque est donc un panneau constitué de cellules généralement en silicium qui produisent de l'électricité lorsque les cristaux qui les composent sont excités par les photons de la lumière du soleil. Les capteurs fournissent du courant continu d'une tension comprise entre 125 et 400 volts sous une intensité qui dépend de l'intensité du rayonnement solaire. Ce courant continu est ensuite transformé par un onduleur en courant alternatif régulé à 230 volts et 50 hertz, identique à celui du réseau. Cette électricité peut ensuite être utilisée de trois manières différentes. Instantanée, comme pour une calculatrice alimentée par une cellule photovoltaïque. Il n'y a alors ni stockage, ni raccordement au réseau. L'électricité produite est immédiatement consommée, le reste est perdu. S'il n'y a pas de production, la nuit par exemple, il n'y a pas d'énergie. Cette méthode n'est quasiment pas utilisée à l'échelle d'une habitation.

L'utilisation en site isolé (**III.50**), comme c'est le cas pour un chalet de montagne ou un bateau de plaisance, est en revanche plus souvent utilisée. L'énergie est captée pendant la journée, stockée dans des accumulateurs et utilisée à tout instant, même en l'absence de soleil. Reste que les batteries sont très polluantes et ont une durée de vie limitée.

Le dernier mode d'utilisation est le plus courant et le plus satisfaisant, il s'agit de la centrale photovoltaïque raccordée au réseau (**III.51**). Le courant alternatif fourni par l'onduleur est renvoyé sur le réseau E.D.F. au travers d'un premier compteur qui mesure l'électricité revendue au distributeur. Indépendamment du circuit de production, le producteur (qui est aussi un consommateur) achète au distributeur de l'électricité mesurée par un second compteur.

Par l'arrêté du 13 mars 2002 révisé le 26 juillet 2006, le distributeur est obligé de racheter l'électricité produite par les producteurs d'électricité photovoltaïque. Le producteur a le choix entre revendre le surplus d'électricité qu'il n'a pas consommée personnellement ou la totalité de sa production. Dans les deux cas le tarif de revente est d'environ trente centimes d'euros par KWh auquel il faut ajouter 25 centimes d'euros par KWh si les capteurs sont intégrés au bâti. Le prix d'achat de l'électricité est de dix centimes environ. Les frais de raccordement au réseau sont un peu plus élevés si la totalité de la production est revendue. Le contrat d'achat est conclu pour une durée de 20 ans. Cette solution est tout à fait satisfaisante car elle permet d'éviter le recours aux batteries. Il ne peut y avoir de coupures puisque le courant consommé est celui du réseau normal, le courant produit étant consommé par un autre utilisateur selon le besoin. Une centrale photovoltaïque est ainsi amortie en dix ou quinze ans. D'autre part, l'arrivée des tuiles photovoltaïques évite le problème des panneaux posés en superposition de la toiture, souvent considérés comme disgracieux.

Ce principe de la centrale particulière raccordée au réseau est tout à fait applicable pour d'autres sources d'énergie comme l'éolien ou l'hydroélectrique (**III.52**).

Ces deux derniers modes de production sont cependant beaucoup moins faciles à mettre en œuvre. Ils ne peuvent souvent pas être mis en place pour un foyer seul, en revanche, ils pourraient fournir une bonne alternative à un regroupement d'habitations. La conception d'habitat environnemental doit donc peu à peu sortir du cadre de l'architecture de la maison individuelle pour toucher à l'urbanisme et à une conception plus globale, à l'échelle du groupement de maisons ou du quartier, voire de la ville.

La dernière source de production d'électricité envisageable est le biogaz. Il s'agit du gaz produit par la fermentation de matières organiques animales ou végétales en l'absence d'oxygène. Cette fermentation, appelée aussi méthanisation, se produit naturellement, dans les marais par exemple, ou spontanément dans les décharges contenant des déchets organiques. On peut aussi la provoquer artificiellement dans des digesteurs (pour traiter des boues d'épuration, des déchets organiques industriels ou agricoles, etc.). Ce sont les digesteurs mésophiles, c'est-à-dire à une température moyenne de 38°, qui sont les plus utilisés dans les zones tempérées. Le biogaz est un mélange composé essentiellement de méthane et de gaz

carbonique, avec des quantités variables d'eau, d'hydrogène sulfuré mais l'énergie du biogaz provient uniquement du méthane.

On peut donc produire du biogaz à l'échelle d'une ferme par exemple, mais la récupération du biogaz produit par les décharges est d'autant plus intéressante que le méthane est un gaz à effet de serre bien plus puissant que le dioxyde de carbone produit par sa combustion.

Ce gaz est ensuite brûlé, soit pour fournir directement du chauffage, soit pour produire de l'électricité. Il est également possible de le brûler dans un moteur à cogénération (III.53). La cogénération, qui peut également être pratiquée par la chaudière d'une habitation particulière, vise à produire à la fois de l'électricité et de l'eau chaude à partir d'une même source d'énergie²³⁴.

Pour faire circuler l'électricité dans le bâtiment en évitant au maximum les phénomènes de pollution électromagnétique, certaines entreprises ont développé toute une gamme de câbles et de prises blindés et reliés à la terre. Les pertes sont donc immédiatement redirigées vers le sol sans polluer l'intérieur. On trouve également depuis peu des modules se branchant sur le tableau électrique et permettant de couper l'alimentation en électricité d'une tranche lorsqu'il n'y est pas détecté de consommation, pendant la nuit par exemple. Enfin pour éliminer les systèmes de veille des appareils électriques, certains autoconstructeurs ont eu l'idée de brancher la totalité du circuit des prises électriques d'une pièce sur un interrupteur. Celui-ci est placé à côté de l'interrupteur commandant l'éclairage ainsi, lorsque l'on quitte la pièce, on peut éteindre l'éclairage et les appareils dont la mise en veille n'est pas déconnectable.

La source de consommation principale d'énergie d'une habitation est le chauffage, il est donc tout à fait possible de diminuer les consommations en électricité d'un foyer en utilisant d'autres moyens de chauffage que le convecteur électrique. On pense immédiatement à la chaudière à fioul qui alimente à la fois la maison en eau de chauffage et en eau chaude domestique. Ce type de machine n'entre pas du tout dans le cadre de la réflexion sur l'architecture environnementale. Le même type d'installation peut cependant être alimenté par une chaudière à gaz naturel bien plus satisfaisante sur le plan de la pollution et des émissions de G.E.S., mais on peut faire beaucoup mieux en ayant recours au biogaz par exemple. Enfin, ces systèmes peuvent être directement alimentés par une chaudière à bois. Il en existe plusieurs types.

La chaudière à bûches est alimentée par un système qui permet aux bûches de bois de descendre automatiquement dans le foyer lorsque la précédente est entièrement consommée. On trouve également des chaudières à plaquettes ou à granulés alimentées automatiquement par des silos équipés de vis sans fin. Les granulés de bois sont réalisés à partir de sciure agglomérée par compression et les plaquettes sont des déchets de bois broyés. Ces chaudières ont un meilleur rendement que les chaudières à bûches. Les plaquettes et les granulés ont aussi l'avantage de fournir un débouché supplémentaire à l'industrie du bois et de valoriser les déchets de cette industrie. De plus, le bois est une ressource locale qui ne nécessite pas de transport sur de longues distances et l'émission de G.E.S. provoquée par sa combustion est compensée par sa capacité à stocker le CO₂ lorsqu'il est sur pied. L'amélioration continue de ce type de chaudière permet d'aboutir à des systèmes qui brûlent entièrement le carburant et minimisent les rejets de particules et de poussières dans l'atmosphère. Ce système fait de plus en plus d'émules et on commence à assister à la mise en place de circuits de production et de distribution de plaquettes ou de granulés de bois.

On peut également chauffer l'eau grâce à l'énergie solaire. On utilise alors des chauffe-eau solaires qui sont des panneaux de toiture à l'aspect similaire à celui des panneaux

²³⁴ DÉOUX Suzanne et Pierre, *Le Guide de l'habitat sain : habitat qualité santé : pour bâtir une santé durable*, Andorra-la-Vella, Medieco éditions, 2004. Page 294.

photovoltaïques. Il s'agit de panneaux vitrés dans lesquels sont installés des tuyaux où circule l'eau, soit par le procédé du thermosiphon soit par circulation mécanique. Cette eau est réchauffée, cette fois par les rayons ultra-violet du soleil. Cependant, plus les circuits alimentés par ce système nécessitent une eau à température élevée, moins le rendement des chauffe-eau solaires est intéressant. Pour redistribuer la chaleur à travers l'habitation, il faut donc agrandir les surfaces de contact entre l'eau et l'air intérieur. On utilise des planchers (ou des murs) chauffants qui fonctionnent comme un plancher chauffant classique mais, l'eau étant moins chaude, les circuits sont plus denses et les tuyaux d'un diamètre moindre. Ce sont des planchers chauffants dit à basse température qui ont, en outre, l'avantage d'éviter l'effet strates et donc de diminuer les problèmes de circulation sanguine provoqués par les planchers chauffants classiques.

Ces systèmes peuvent être directement alimentés par les chauffe-eau solaires, on parle de plancher solaire direct (P.S.D.), l'inertie du bâtiment agit alors pour maintenir la température pendant la nuit. L'eau produite par les chauffe-eau solaires peut également servir à la consommation domestique. Il faut alors en passer par un ballon de stockage car l'eau de ce type de capteur est impropre à la consommation en raison des ajouts d'antigel. En outre, la température de l'eau n'est pas suffisante (en plus du risque de développement de légionelles) pour alimenter directement les robinets. Les chauffe-eau solaires réchauffent donc l'eau qui est ensuite portée à la température adéquate par un chauffe-eau d'appoint. Elle réchauffe alors l'eau d'un second circuit et celle-ci peut être utilisée directement (**III.54 et 55**). Cette méthode permet de réduire les consommations car il est moins coûteux de porter à soixante degrés une eau qui est déjà à trente degrés que l'eau froide du réseau.

C'est ce même principe qui est utilisé par les pompes à chaleur (P.A.C.). Leur fonctionnement est simple, il s'agit de capter la chaleur du sol qui, à une certaine profondeur, est constante (environ douze degrés) pour la redistribuer dans l'habitation. Cependant, contrairement au chauffe-eau solaire, la pompe à chaleur consomme de l'électricité pour assurer le fonctionnement d'auxiliaires (ventilateurs pour les ventilo-convecteurs, pompe de circulation pour le plancher chauffant ou les radiateurs, et éventuellement pour faire circuler l'eau dans les capteurs enterrés). La performance énergétique d'une pompe à chaleur se traduit donc par le rapport entre la quantité de chaleur produite par celle-ci et l'énergie électrique consommée. Ce rapport est appelé coefficient de performance (C.O.P.).

Les P.A.C. sont de plusieurs types, à liquide frigorigène, à air, à eau et à captage horizontal ou vertical (**III.56 et 57**).

Les capteurs horizontaux sont des tubes de polyéthylène ou de cuivre gainés de polyéthylène. Ils sont installés en boucles enterrées horizontalement à faible profondeur (de soixante centimètres à un mètre vingt). Dans ces boucles circule, en circuit fermé, de l'eau additionnée d'antigel ou le fluide frigorigène de la pompe à chaleur selon la technologie employée. Les capteurs verticaux sont constitués de deux tubes de polyéthylène formant un U installés dans un forage (jusqu'à quatre-vingts mètres de profondeur) et scellés dans celui-ci par du ciment.

Les procédés diffèrent par la nature du fluide utilisé. Le procédé à détente directe utilise un fluide frigorigène qui circule dans les capteurs et le plancher chauffant. Les constructeurs parlent alors de P.A.C. sol/sol. Elles ne sont utilisables qu'avec des capteurs horizontaux. C'est le principe du réfrigérateur à l'envers (**III.58**).

Le procédé avec fluide intermédiaire utilise de l'eau additionnée d'antigel qui circule dans les capteurs. De l'eau seule circule dans les émetteurs de chauffage. Le fluide reste confiné dans la P.A.C. et sa chaleur est transmise à l'eau par l'intermédiaire d'un échangeur (ballon). On parle de P.A.C. de type eau glycolée/eau. On peut alors utiliser les deux types de capteurs.

Les deux derniers types de P.A.C. sont les pompes à chaleur sur eau de nappe (**III.59**). La chaleur du sous-sol est celle contenue dans l'eau de nappes aquifères peu profondes (moins de cent mètres) captée par forage. Dans les systèmes à un seul forage, l'eau de nappe prélevée

est rejetée dans une rivière, un plan d'eau ou un réseau d'eaux pluviales après qu'on y a prélevé les calories nécessaires. Le système à deux forages est plus coûteux mais davantage utilisé car il évite le rejet en surface de l'eau prélevée dans la nappe. Le deuxième forage sert à réinjecter l'eau dans les profondeurs.

Restent les pompes à chaleur sur air (**III.60**). Le principe est simple, les calories nécessaires au chauffage de la maison sont puisées dans l'air extérieur. Cette source de chaleur est facilement exploitable, sans capteur important ou coûteux à installer et sans autorisation spéciale. Le chauffage est assuré soit par de l'air chaud pulsé (pompe à chaleur air/air), soit par le biais d'un circuit hydraulique alimentant un plancher chauffant, des radiateurs ou des ventilo-convecteurs (pompe à chaleur air/eau). Mais contrairement à la température du sol qui reste stable tout au long de l'année, celle de l'air extérieur fluctue et peut devenir très basse. Or la performance d'une P.A.C. est directement proportionnelle à la différence entre la température du milieu où l'on prélève la chaleur et la température du chauffage. Plus cet écart est important, moins la performance est bonne. Les P.A.C. sur air sont moins performantes que les P.A.C. géothermiques²³⁵ évoquées plus haut. Dans les régions à climat rigoureux, il est nécessaire de prévoir un chauffage d'appoint qui prenne le relais de la P.A.C. lorsque la température extérieure devient trop basse.

Les P.A.C. fournissent une eau à plus basse température que les chauffe-eau solaires. Elles doivent donc également être couplées à des systèmes intermédiaires. Cependant, elles ont l'avantage d'être réversibles et peuvent rafraîchir le bâtiment en été.

Tous ces systèmes, et c'est souvent le cas pour les énergies renouvelables, ne sont pas suffisants en eux-mêmes ; il faut donc souvent en combiner plusieurs pour trouver l'équation parfaite (**Doc.4**). Le développement des systèmes de gestion informatiques, la domotique, rend l'ensemble encore plus efficace en privilégiant telle ou telle source d'énergie selon le moment où son rendement est le plus intéressant.

D'une manière générale, les consommations du bâtiment peuvent être diminuées de façon drastique grâce à l'application des principes bioclimatiques et notamment par une conception bien pensée de l'isolation.

- Gros œuvre et isolation.

De plus en plus, les industriels proposent des matériaux de gros œuvre ayant des propriétés isolantes intrinsèques intéressantes. Gros œuvre et isolation sont donc liés. Les matériaux de construction utilisés en architecture environnementale doivent répondre à plusieurs critères ; il s'agit tout d'abord de ne pas mettre en danger la santé et le bien-être des habitants mais également des ouvriers du bâtiment. Leur production doit être la moins nocive possible pour l'environnement et on doit pouvoir les trouver près du lieu de construction pour éviter des temps de transport coûteux et polluant. Enfin, ils doivent bien sûr remplir les critères de solidité et de durabilité des matériaux habituels tout en offrant des capacités d'isolation intrinsèque ou une inertie intéressante. À cela il faut ajouter qu'ils doivent rendre la déconstruction facile et être recyclables, biodégradables ou réutilisables.

Le béton de ciment n'entre pas totalement dans ces critères car même s'il est non polluant une fois en place, il nécessite énormément d'énergie à la production et est très difficile à recycler. Les isolants habituels comme le polystyrène ou les laines minérales sont également très polluantes à la production tout en représentant un danger pour la santé une fois en place. Ce sont en plus de mauvais isolants phoniques.

²³⁵ Il existe cependant des systèmes proches des pompes à chaleur à air utilisant l'énergie géothermique, c'est le système du puits canadien ou provençal qui sera évoqué dans le chapitre sur la ventilation.

La première étape de la construction d'une maison consiste en la réalisation des fondations et de la dalle d'assise. Habituellement réalisée en béton armé, il est possible d'utiliser un béton cyclopéen sans ciment pour les fondations. Le béton cyclopéen est un béton contenant de gros blocs de pierre, des moellons, etc. qu'il est possible de lier à la chaux hydraulique plutôt qu'au ciment. La chaux peut souvent avantageusement remplacer le ciment. La dalle peut être réalisée en béton de chanvre, constitué d'un mélange chènevotte (la partie ligneuse du chanvre) et de liant à base de chaux. La chènevotte sert de charge et remplace le gravier. Le béton de chanvre conjugue la capacité du chanvre et de la chaux pour stocker du carbone à long terme (la chaux combine du gaz carbonique dans la réaction de durcissement). Il présente des caractéristiques spécifiques et intéressantes : élasticité, perméabilité, résistance thermique et isolation phonique. On peut également l'utiliser comme matériau de remplissage pour les murs.

Il est souvent inutile d'isoler la dalle d'assise d'un bâtiment car on peut ainsi utiliser directement l'inertie du sol.

Vient ensuite la construction des murs qui peuvent être de deux types, soit directement porteurs soit constitués d'une structure porteuse et d'un remplissage.

Les murs porteurs peuvent être réalisés grâce à différents matériaux. La pierre que l'on peut trouver partout nécessite cependant une technique particulière de mise en œuvre et est un isolant médiocre. Il faudra donc augmenter l'épaisseur des murs ce qui peut apporter une inertie intéressante. L'isolation par l'extérieur devient indispensable.

La terre cuite est en revanche un matériau bien plus intéressant même si sa cuisson nécessite un peu d'énergie. Depuis quelques temps, la brique alvéolaire ou monomur ou encore auto-isolante se répand de plus en plus (**ILL.61**). Elle est constituée d'alvéoles verticales, on l'assemble par collage, ce qui facilite la mise en œuvre et réduit l'épaisseur des joints (point faible du mur en matière d'isolation). Elle combine l'avantage d'une bonne isolation, car les alvéoles renferment de l'air, à une inertie intéressante tout en régulant l'hygrométrie de l'air intérieur. Elle est plus chère à l'achat que des parpaings de ciment mais elle ne nécessite aucune isolation rapportée (d'où son nom de monomur) ce qui au final lui permet d'être compétitive sur le marché. Elle est totalement sans danger pour la santé. Il existe également des briques monomur en béton cellulaire.

La terre peut également être utilisée crue, tassée entre des banches : c'est le pisé ou compressé en brique (on parle de brique de terre compressée (B.T.C.)). Sa résistance est bonne à condition de la protéger du ruissellement par de larges débords de toiture et de maçonner le soubassement. On peut également lui adjoindre de la chaux. Ses propriétés isolantes sont assez faibles mais on peut donner une grande épaisseur aux murs ce qui compense ce défaut et apporte de l'inertie à l'ensemble. Un mur en terre crue régule également l'humidité intérieure. Le dernier matériau permettant la réalisation de murs porteurs est le bois. Il est résistant, souple, c'est un bon isolant et un excellent régulateur hygrométrique. Contrairement aux idées reçues, le bois de forte section brûle très lentement, sans déformation et sans dégagements toxiques. Il résiste mieux au feu que le fer par exemple.

On peut l'utiliser en rondins, la technique vient de Finlande, ou en madriers équarris et assemblés par rainures et languettes. On peut enfin utiliser le bois cordé. La technique vient du Canada, le mur se monte comme une corde de bois avec un isolant entre les bûches et du mortier aux deux bouts. Vu de face, il présente les extrémités des bûches. Pour protéger ces extrémités, on les trempe dans un mélange d'huile de lin et d'essence de térébenthine.

La construction en bois est intéressante à condition de bien choisir les essences et d'utiliser des traitements doux. Le sel de bore, un élément chimique composé d'un sel et de borax, peut servir à traiter le bois contre les xylophages et les champignons lignivores. C'est également un retardateur de combustion. S'il est nocif à la pose, il a l'avantage de ne dégager aucune toxine

une fois sec. On peut également traiter le bois par oléothermie (trempage dans de l'huile à haute température), par réification (traitement thermique), etc.²³⁶.

Le bois est également utilisé comme structure dans le cadre de murs à ossature porteuse. Le remplissage peut ensuite être effectué grâce à divers matériaux comme la bauge par exemple. La bauge est un mélange de terre et de paille, banché. On praline (imbibe) la paille dans de la terre assez argileuse et liquide puis on laisse reposer avant de tasser dans les banches. Cette technique combine les avantages de la terre et de la paille (meilleure isolation) mais sa résistance mécanique est moindre. En revanche, sa résistance au feu est importante car la terre ne brûle pas. Elle évite également la présence de rongeurs.

On peut également assurer le remplissage des parois à l'aide de panneaux-sandwichs constitués d'isolants naturels et de panneaux de bois.

La paille en botte peut également remplir ce rôle et les avantages sont très nombreux²³⁷.

Pour la toiture, on préférera naturellement l'ardoise ou la tuile (en terre cuite). Enfin, les finitions intérieures peuvent être réalisées en bois (parquets, lambris) ou en revêtements naturels comme le jonc de mer, ou le véritable linoléum, mélange de caoutchouc et de liège qui est également un très bon isolant. Des peintures sans solvants ou à base d'ingrédients naturels sont également disponibles.

Les alternatives au mode de construction traditionnel sont donc nombreuses, mais les artisans sachant les mettre en œuvre restent assez peu nombreux encore. C'est la raison pour laquelle ces recherches sont souvent entreprises par les autoconstructeurs.

La conception de l'isolation est sans aucun doute la priorité de toute construction environnementale. Les matériaux sont nombreux mais, davantage que la matière en elle-même, c'est la mise en œuvre qui importe. Il faut donc parfaitement connaître les caractéristiques des matériaux choisis. Pour Samuel Courgey « il vaut mieux un pavillon en parpaings de ciment parfaitement isolé par de la laine de roche qu'une passoire thermique en matériaux écologiques »²³⁸. Pour réaliser une bonne isolation, il faut « coupler un matériau lourd qui, grâce à sa densité, aura une bonne inertie thermique et un matériau léger qui, grâce à l'air contenu dans ses fibres, sera isolant »²³⁹. Il faut ensuite se poser la question de la pertinence d'une isolation par l'extérieur qui permet de profiter de l'inertie du mur, évite les ponts thermiques (nez de dalles, etc.) mais augmente la durée de chauffage nécessaire. Cette technique permet tout de même de donner aux murs une température proche de celle de la pièce.

Le doublage intérieur, en revanche, est moins cher, moins difficile à mettre en place notamment au niveau des ouvertures et ne modifie pas l'aspect extérieur du mur.

Le problème de la régulation hygrométrique et des échanges gazeux se pose également. Les isolants imperméables ne régulent pas du tout l'humidité et la plupart des doublages nécessite l'ajout d'un pare-vapeur qui évite le point de rosée (lorsque la vapeur se transforme en gouttelettes qui mouillent l'isolant et diminue ses performances). Il faut ensuite comparer l'efficacité de chacun des matériaux, sans oublier de s'inquiéter de leur provenance (**Doc.5 et 6**).

En ce qui concerne les matériaux, on peut les trouver soit en vrac, à souffler ou répandre, soit en panneaux agglomérés rigides ou semi-rigides selon l'utilisation. Parmi ceux-là on trouve le

²³⁶ DÉOUX Suzanne et Pierre, *Le Guide de l'habitat sain : habitat qualité santé : pour bâtir une santé durable*, Andorra-la-Vella, Medieco éditions, 2004. Pages 201/202.

²³⁷ Cette technique fait l'objet d'un traitement plus approfondie dans la deuxième partie de cette étude.

²³⁸ Conférence du 3/12/2006, *La conception bioclimatique, pour un habitat économe et agréable à vivre*. Salon Bâtir Écologique, Espace Condorcet, Cité des Sciences et de l'Industrie, La Villette, Paris.

²³⁹ OÏKOS, *Les Clés de la maison écologique*, Mens, Terre vivante, 2002. Page 60.

chanvre qui « présente des qualités d'isolant thermique et acoustique indiscutable »²⁴⁰. On utilise alors la partie non ligneuse.

La ouate de cellulose, qui est issue du recyclage du papier trié et broyé, est aussi une alternative une fois ignifugée au sel de bore, tout comme les panneaux de fibres de bois, le liège, la fibre de coco ou le lin.

On trouve également des isolants d'origine animale comme la laine ou la plume de canard ou à base de matière minérale (argile) soufflée (comme du pop-corn).

Enfin, pour l'isolation de la toiture, la végétalisation semble être pleine d'arguments. La couche végétale retient l'air et régule la température, elle évite également le rayonnement solaire directe et la couche de substrat nécessaire est également un bon isolant (III.62).

Les solutions sont donc très nombreuses et, conscients des débouchés, les laboratoires des entreprises se penchent de plus en plus sur ce type de matériaux.

- La ventilation.

L'isolation la plus hermétique possible recherchée pour limiter les déperditions d'énergie rend l'aération indispensable pour évacuer les polluants, les odeurs, l'humidité et le CO₂ rejeté par la respiration.

L'aération peut être de plusieurs types. L'aération par ouverture des fenêtres est la plus ancienne de toutes. Le logement ne comprend aucun système de ventilation, il n'est aéré que par les ouvrants (fenêtres, portes...) et par les défauts d'étanchéité de l'enveloppe. Ce mode d'aération fut le plus utilisé jusque dans les années 60. À partir de 1969, il a été interdit par la réglementation dans les logements neufs. Un tel mode d'aération ne peut être qu'intermittent et ne permet pas de contrôler le débit d'air renouvelé, donc la qualité de l'air. Il génère en hiver des gênes dues aux courants d'air froid ; cet inconfort peut être renforcé par les nuisances dues au bruit extérieur. Ce procédé étant fortement consommateur d'énergie, les utilisateurs ont tendance à maintenir les fenêtres fermées ce qui peut nuire à la qualité de l'air.

La ventilation par conduits à tirage naturel est le plus courant, la ventilation naturelle, comme son nom l'indique, ne nécessite aucun dispositif mécanique pour fonctionner. La circulation de l'air est induite par le tirage thermique, dû aux différences de température entre l'intérieur et l'extérieur, et les pressions du vent sur l'enveloppe du bâtiment et notamment au débouché de conduits en toiture. Chaque pièce de service du logement possède une sortie d'air raccordée à un conduit d'évacuation fonctionnant par tirage naturel. Dans les logements récents, chaque pièce principale est équipée d'un orifice d'entrée d'air neuf de type autoréglable (ajustement de la section de passage de l'air en fonction du vent). Les sorties d'air sont fixes ou réglables manuellement. En habitat collectif, les conduits d'évacuation à tirage naturel peuvent être soit individuels, c'est-à-dire ne desservir qu'une pièce de service, soit collectifs c'est-à-dire desservir plusieurs pièces. Un conduit collectif doit comporter un conduit collecteur et des raccordements individuels de hauteur d'étage, chacun de ces derniers ne desservant qu'une pièce (conduit shunt). Le renouvellement de l'air d'un logement ventilé naturellement varie en fonction des conditions climatiques. Pour une efficacité maximale, le circuit emprunté par l'air doit d'abord desservir les pièces sèches avant les pièces humides pour ne pas apporter d'humidité dans ces pièces sèches.

La ventilation mécanique simple flux par extraction d'air, communément appelé V.M.C., utilise des entrées d'air neuf dans les pièces principales, des bouches de sortie d'air vicié dans les pièces de service, des conduits et un groupe d'extraction pour évacuer l'air à l'extérieur du logement. Ce type de ventilation met le logement en légère dépression par

²⁴⁰ *Cahier technique du bâtiment*. N° 207, mai 2000.

rapport à la pression extérieure. Les entrées d'air utilisées sont couramment de type autoréglable. Les bouches d'extraction sont parfois autoréglables, parfois fixes. Les bouches autoréglables permettent d'extraire un débit d'air à peu près constant quelle que soit la dépression en aval de la bouche. Le débit de pointe en cuisine est généralement obtenu soit par une commande manuelle agissant sur l'ouverture d'un volet de la bouche d'extraction, soit, en maison individuelle, par une commande électrique agissant sur la vitesse de rotation du ventilateur. En habitat individuel, le groupe d'extraction est généralement placé dans les combles ; l'air vicié refoulé par le ventilateur étant évacué à l'extérieur par l'intermédiaire d'un conduit débouchant en toiture. En habitat collectif, l'installation de V.M.C. comprend généralement plusieurs conduits collecteurs verticaux reliés entre eux, en toiture de l'immeuble, par un réseau de conduits horizontaux de collecte aboutissant à l'extracteur. La ventilation hygroréglable module automatiquement les débits d'air extrait en fonction du taux d'humidité de l'air intérieur du logement, par ajustement de la section de passage d'air en fonction d'un capteur d'humidité. Les entrées d'air sont soit de type autoréglable, soit de type hygroréglable. Les procédés de ventilation hygroréglable font l'objet d'un Avis Technique délivré par le Centre scientifique et technique du bâtiment (C.S.T.B.).

Enfin, la ventilation mécanique double flux avec échangeur. La V.M.C. double flux est un système de ventilation par insufflation et extraction mécanique centralisé comprenant un groupe de ventilation et de récupération de chaleur, un réseau d'insufflation d'air neuf, un réseau d'extraction d'air vicié. L'air neuf, capté par une prise d'air extérieur située en dehors de toute zone de pollution, passe à travers l'échangeur de chaleur avant d'être insufflé dans les pièces principales par l'intermédiaire d'un réseau de conduits. L'air vicié est extrait des pièces de service par le ventilateur d'extraction puis refoulé dans le caisson comprenant l'échangeur avant d'être rejeté à l'extérieur du logement. C'est le système le plus satisfaisant pour éviter les déperditions de chaleur dues à l'extraction d'air. L'échangeur thermique peut également être court-circuité pour extraire l'air chaud intérieur et laisser entrer l'air frais de l'extérieur.

Reste à aborder le sujet du puits canadien (**III.63**), système proche de celui d'une P.A.C. et très en vogue dans la construction environnementale. Il s'agit de faire passer la conduite d'arrivée d'air frais par un échangeur enterré dans le sol. Cet échangeur est constitué d'un tuyau qui court à une profondeur où la température du sol est constante. L'air frais y circule, s'y réchauffe et est donc pulsé à une température moyenne dans le bâtiment. Il peut être couplé à une V.M.C. double flux pour en améliorer encore les performances. Le puits canadien a l'avantage d'être réversible, il peut donc injecter de l'air frais dans la maison lorsque l'air extérieur est plus chaud que le sol. Il devient alors puits provençal.

I.II.II.) Lois, normes, labels et certificats.

Avant de se lancer plus avant dans l'étude des moyens mis en œuvre pour encadrer ou promouvoir la construction environnementale en France, il convient de tenter de démêler le complexe écheveau que constitue l'enchevêtrement de lois, de normes, de labels et de certificats en tentant de donner une définition précise de chacun.

En ce qui concerne la loi au sens générique, c'est assez simple puisque nul n'est censé l'ignorer. Elle émane de la puissance publique, c'est-à-dire de l'Etat, doit être connue de tous, et propose un cadre à l'exercice des libertés individuelles tout autant qu'elle les garantit. Ce que la loi affirme ne peut être contourné ou aboli que par le biais d'une autre loi. La loi est donc un ensemble de règlements. Les règlements thermiques, dans le cas qui nous occupe, sont des lois, leur respect a donc un caractère obligatoire qui peut être opposable, ce qui signifie que leur non-respect peut donner lieu à sanctions.

En ce qui concerne les normes et les labels, les choses se compliquent.

Selon l'I.S.O. et le C.E.I.²⁴¹, une norme est un « document établi par consensus et approuvé par un organisme reconnu, qui fournit, pour des usages communs et répétés, des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques, pour des activités ou leurs résultats garantissant un niveau d'ordre optimal dans un contexte donné »²⁴². La norme est donc un document de référence sur un sujet donné. Il indique l'état de la science, de la technologie et des savoir-faire au moment de la rédaction. Pour être considéré comme une norme, ce document doit décrire des moyens et des méthodes reproductibles en utilisant et en respectant les conditions qui y figurent et avoir reçu la reconnaissance de tous, c'est-à-dire être le résultat d'un consensus, élaboré par un processus dit de normalisation. Le texte devient alors un référentiel incontestable, commun, proposant des solutions techniques et commerciales, utilisées pour simplifier les relations contractuelles. Dans le cas général, un fabricant ou un prestataire de service n'est pas obligé de suivre une norme. Elles peuvent cependant être imposées par un donneur d'ordres pour la signature d'un contrat. Dans certains cas, et c'est ici que les choses se compliquent, le droit peut imposer l'utilisation d'une norme (pour les installations électriques ou les jouets pour enfant, par exemple). Un certain nombre de normes, notamment en matière de santé, de sécurité ou d'environnement, ont ainsi été adoptées par plusieurs pays dans le cadre de leurs réglementations, ou en tant que références dans leur législation dont elles constituent la base technique. Le respect d'une norme n'est donc pas obligatoire, sauf quand il le devient par le biais d'une loi. Le législateur sous-traite alors, en quelque sorte, le contrôle d'un processus ou d'un produit à un organisme de certifications.

Le plus célèbre des organismes édictant ces normes est l'I.S.O. qui a élaboré plus de 17000 normes internationales sur des sujets très variés et qui publie en moyenne 1100 nouvelles normes chaque année²⁴³. Ces normes sont identifiables par les initiales I.S.O. suivi d'un chiffre. La série des normes I.S.O. 14000 concerne, par exemple, le management environnemental. Publiée en décembre 2004, cette série de normes aide les organisations de toutes sortes à améliorer leurs performances environnementales tout en exerçant un impact positif sur leurs résultats.

Il faut préciser qu'en ce qui concerne le bâtiment, il existe des normes pour les matériaux, ou les procédures d'installations électriques par exemple. Ces normes ne concernent pas le

²⁴¹ L'organisation internationale de normalisation et la commission électrotechnique internationale qui lui est complémentaire ne font qu'élaborer des normes mais ne sont pas des organismes de contrôle ou de certification.

²⁴² Directives ISO/CEI, partie 2, *Règles de structure et de rédaction des Normes internationales*, cinquième édition, 2004 (§ 3.1.)

²⁴³ Chiffres I.S.O., disponibles sur <http://www.iso.org/> (dernière consultation le 14/05/08).

bâtiment dans son ensemble mais chacun des domaines de la construction. Cela est bien traduit par l'expression « bâtiments aux normes » ou « norme » est au pluriel.

Reste les labels. Généralement, ils apportent une valeur ajoutée par rapport aux procédures réglementaires ou contractuelles. Pour qu'un produit soit labellisé, il faut qu'il soit conforme à tous les critères établis pour sa catégorie. Les labels sont attribués aux industriels qui souhaitent les obtenir, après instruction de dossier, audit et contrôle par des organismes tiers, généralement impartiaux. Ils sont identifiables par une marque (au sens propre) dont l'apposition est soumise à l'accord de l'organisme qui la détient par le biais de l'organisme certificateur. A l'échelle de la France, le label le plus connu est délivré par A.F.N.O.R.²⁴⁴

Certification. Il s'agit de la marque N.F. dont dépend, entre autres, la marque N.F. environnement. Cette marque volontaire de certifications créée en 1991 distingue des produits qui ont un impact environnemental réduit. Elle est la certification écologique officielle française et offre une double garantie, la qualité d'usage et la qualité écologique. N.F. environnement assure la prise en compte des impacts environnementaux sur tout le cycle de vie du produit. Son pendant européen est l'écolabel européen, créé en 1992 et reconnu dans les 27 pays de l'Union Européenne (III.64).

Une plaquette du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie tente de clarifier cet ensemble d'autant plus complexe qu'une grande confusion est entretenue dans l'utilisation des termes. La marque N.F., par exemple, qui signifie « norme française » est un label. « La certification est une procédure par laquelle une tierce partie, l'organisme certificateur, donne une assurance écrite qu'un système d'organisation, un processus, une personne, un produit ou un service est conforme à des exigences spécifiées dans une norme ou un référentiel. La certification est un acte volontaire qui peut procurer aux entreprises un avantage concurrentiel. C'est un outil de compétitivité qui établit la confiance dans leurs relations avec leurs clients. Elle est délivrée par des organismes certificateurs indépendants des entreprises certifiées ainsi que des pouvoirs publics »²⁴⁵. « On peut rencontrer des démarches de type "label" ou "contrôlé par un organisme indépendant". Elles ne constituent pas toujours des certifications. Ces pratiques ne sont pas encadrées par des dispositions réglementaires mais sont licites tant qu'elles n'induisent pas de confusion avec une véritable certification dans l'esprit du public »²⁴⁶.

Pour résumer, une norme n'est pas un signe distinctif de qualité mais de conformité à des critères préalablement établis permettant une homogénéisation du produit ou du service. On peut parler de qualités objectives (taille, solidité, etc.). Elle n'a pas de caractère obligatoire autre que contractuel, sauf lorsque le respect de la norme est imposé par la loi. Le grand public y a rarement affaire directement.

Le label, quant à lui, peut se surimposer à la norme. Il distingue un produit pour sa qualité, que l'on qualifiera pour simplifier de subjective (goût, provenance X parce qu'elle est jugée meilleure qu'une autre, etc.) et touche le grand public. Ce produit peut répondre aux critères d'une norme et les dépasser pour atteindre ceux d'un label. Il peut alors prétendre au droit de porter le signe distinctif du label, droit qui lui sera donné par l'organisme de certifications après examen de conformité. Cet organisme peut être déclaré d'intérêt public ou reconnu par l'Etat. Le label est alors, en quelque sorte, adoubé par l'Etat. Cependant, rien n'empêche le quidam de créer son label. C'est donc la simple notoriété qui fait la différence entre un bon label et un label dont la création répond à des buts moins nobles. Lorsque la norme a pour but d'établir un certain nombre de critères qui permettront à deux interlocuteurs de savoir qu'ils parlent bien de la même chose, le label a surtout un but promotionnel ou de développement.

²⁴⁴ L'association française de l'assurance qualité est devenue l'association française de normalisation.

²⁴⁵ Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, *La certification des produits industriels et des services en 7 questions*, novembre 2004. Disponible sur <http://www.cstb.fr>.

²⁴⁶ *ibidem*.

Parmi ces labels, 4 nous intéressent directement car contrairement aux normes, un label peut toucher un bâtiment dans son ensemble. Il s'agit des labels H.Q.E. et Effinergie qui sont des labels français qu'il faut mettre en relation avec 2 labels étrangers qui sont depuis peu décernés sur le territoire national, Minergie et Passivhaus.

Avant d'examiner les labels, il faut se pencher sur ce que préconise la loi en matière de construction environnementale et qui tient presque exclusivement dans la désormais célèbre R.T. 2005.

I.II.II.I.) Loi et construction environnementale, de 1974 à la R.T. 2005²⁴⁷, l'histoire d'une prise de conscience.

Cette histoire de la prise de conscience, que l'on peut qualifier de tardive, du législateur concernant la nécessité d'encadrer les consommations énergétiques des bâtiments vient tout à fait appuyer l'histoire telle que nous l'avons retracée jusqu'à présent. Il faut noter que cette législation, qui fait suite au premier choc pétrolier, n'a concerné et ne concerne encore aujourd'hui que le volet énergétique de l'architecture, le reste étant laissé à la discrétion de la maîtrise d'œuvre et d'ouvrage.

Cette histoire de la loi débute donc en 1974. Suite au choc pétrolier de 1973 et uniquement dans le but de répondre rapidement à l'augmentation du prix de l'énergie, une isolation thermique performante pour les parois et une bonne gestion de la ventilation sont préconisées pour la première fois pour les logements neufs. Les exigences d'isolation relatives au chauffage électrique sont actualisées à un niveau plus élevé dans les années qui suivent. La première réglementation pour le secteur non résidentiel n'arrive qu'en 1976. En 1980, le premier label, le label haute isolation, est lancé par l'Etat pour inciter à dépasser l'exigence réglementaire et préparer les évolutions suivantes. Ce label sera tout de même décerné à 140000 logements mais on ne peut s'empêcher de penser qu'il est déjà trop tard puisque les grandes vagues de constructions, notamment des grands ensembles s'achèvent au début des années 1970.

La deuxième étape débute en 1982. Les niveaux d'isolation du label haute isolation deviennent obligatoires pour tous les logements et pour la première fois, les apports solaires sont déduits des déperditions pour calculer les besoins de chauffage. En fait ce mécanisme est un peu pervers puisqu'il permet de faire entrer des bâtiments dans le cadre des nouvelles réglementations sans pour autant que ceux-ci n'aient bénéficié d'efforts particuliers. Il a cependant pour avantage majeur de donner une existence reconnue à certains principes du bioclimatisme et les sortir de l'anonymat.

L'année 1983 voit le lancement des labels haute performance énergétique et haute performance solaire. Quatre niveaux de performance sont proposés pour donner davantage de lisibilité aux efforts d'amélioration des performances du secteur de la construction. Le programme H.2.E.85 (Habitat Économe en Énergie à l'horizon 1985) en est l'aboutissement.

A la fin des années 80, en 1988 précisément, la 3^{ème} étape de cette montée en puissance se traduit par le premier renforcement de la réglementation pour le secteur non résidentiel et la

²⁴⁷ La R.T. 2005 est définie par les articles L.111-9, R.111-6 et R.111-20 du Code de la construction et de l'habitation et leurs arrêtés d'application. Elle est l'objet du décret n°2006-592 du 24 mai 2006 et de l'arrêté de la même date, relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions publié au Journal Officiel en date du 25 mai 2006.

La consultation des textes évoqués, dans leur intégralité, est possible sur le site <http://www.logement.gouv.fr>, ou sur <http://www.legifrance.gouv.fr>.

progression des labels H.P. Energétique et Solaire. Les performances exigées correspondent désormais au niveau 2 du label H.P.E. et l'exigence réglementaire porte désormais sur la consommation énergétique globale et non plus sur le seul poste du chauffage. Pour le secteur tertiaire, certaines exigences sont ajoutées en matière de régulation-programmation, de ventilation et de climatisation.

Enfin, 4^{ème} étape, la mise en application des engagements de la France au niveau international (accords de Rio et de Kyoto) amène un renforcement de la R.T.1988 dans la R.T. 2000. On y introduit des exigences en termes de confort d'été. Pour satisfaire à la réglementation, le bâtiment doit désormais répondre à trois exigences fondamentales en terme d'économie d'énergie, de confort d'été et de performances minimales des composants (certifiés par normes). Les acteurs de la construction ont à leur disposition deux modalités d'action pour faire respecter ces exigences, ils peuvent effectuer des calculs, c'est-à-dire faire un effort de conception (en utilisant la bioclimatique par exemple) ou appliquer des solutions techniques c'est-à-dire surdimensionner certains éléments sans réflexion globale.

La dernière étape en date est la R.T. 2005, largement médiatisée à cause des nouvelles exigences qu'elle apporte, notamment au particulier lors de la cession d'un bien immobilier²⁴⁸.

Les pouvoirs publics se sont également engagés à réactualiser les exigences réglementaires tous les 5 ans, ce qui n'était pas le cas auparavant puisqu'il s'est écoulé plus de 10 ans entre la R.T. 1988 et la R.T. 2000. L'accélération du processus de maîtrise des consommations d'énergie et de réduction des émissions de gaz à effet de serre au niveau international, notamment grâce à l'élargissement des accords de Kyoto et à la préparation de Kyoto II, y est sans doute pour quelque chose. L'objectif de maîtrise du réchauffement climatique fait son apparition pour la première fois dans la R.T..

Cependant, d'autres facteurs ont provoqué la promulgation de la R.T. 2005. La contrainte de réduction par 4 des émissions de CO₂ du secteur du bâtiment à 2050 inscrite dans la loi de programme n° 2005-781 du 13 juillet 2005 qui fixe les objectifs de la politique énergétique, par exemple, se traduit par l'obligation d'une diminution par 6 des émissions ramenées au m², compte tenu de l'augmentation du parc de bâtiments. En supposant que la relation entre les quantités de CO₂ émises et les quantités d'énergie primaire reste identique, ces objectifs nécessiteraient de parvenir à une consommation moyenne d'énergie primaire par an et par m² chauffé ou climatisé de moins de 70 kWh, dont environ 35 kWh pour le chauffage ou la climatisation et la production d'eau chaude sanitaire²⁴⁹. Il faut donc agir pour faire baisser les consommations.

D'autre part, le chapitre bâtiment et écohabitat du plan climat 2004, qui concerne plus particulièrement les intervenants dans le domaine de la construction, décrit entre autres les mesures transposant la directive européenne du 16 décembre 2002 qui traite de la performance énergétique des bâtiments aussi bien neufs qu'existants. L'objectif de la réglementation thermique des constructions neuves y est clairement spécifié, à savoir une amélioration de la performance de la construction neuve d'au moins 15% pour atteindre moins 40% en 2020, une limitation du recours à la climatisation et la maîtrise de la demande en électricité. Ces chiffres correspondent d'ailleurs aux objectifs affichés de la R.T.2005.

La R.T. nouvelle mouture est donc applicable à toutes les constructions neuves dont le permis de construire a été déposé à partir du 1er septembre 2006. Elle s'adresse aux constructions

²⁴⁸ C'est en fait la loi de simplification du droit du 9 décembre 2004, qui a introduit l'obligation d'un diagnostic de performance énergétique à la construction, à la vente et à la location. La R.T. 2005 n'en est que le relais médiatique.

²⁴⁹ Source : ministère du logement et de la ville. (<http://www.logement.gouv.fr/>)

neuves ou extensions de constructions, des bâtiments résidentiels et non résidentiels (tertiaires, bâtiments industriels, etc.).

La nouvelle réglementation fixe une limite de consommation énergétique de référence appelée $Cep_{réf}^{250}$. Pour respecter cette exigence, la R.T. détermine des repères qui sont des niveaux de référence pour tous les matériaux relatifs au bâti et pour les équipements.

Pour la première fois, elle prend explicitement en compte les déperditions dues aux ponts thermiques.

Pour justifier du respect de l'exigence réglementaire, il faut obligatoirement vérifier 3 modalités. Premièrement, les consommations énergétiques doivent être limitées, le coefficient Cep^{251} du projet doit être inférieur au droit à consommer ou coefficient Cep de référence ($Cep \leq Cep_{réf}$ exprimé en $kWh/m^2.k / SHON$) qui varie selon les catégories de bâtiment.

Ensuite, les exigences minimales réglementaires pour les éléments intervenant dans le bilan énergétique devront être respectées. Il s'agit de l'isolation thermique des parois et des baies, des équipements de chauffage et de refroidissement, de ventilation, d'eau chaude sanitaire, d'éclairage et des protections solaires. Cette obligation montre que les seuils réglementaires certifiés par norme n'étaient pas toujours respectés avant.

Enfin, les constructions relevant de la nouvelle R.T. devront prendre en compte des exigences de confort d'été réévaluées. La température intérieure conventionnelle devra être inférieure à la température intérieure conventionnelle de référence ($T_{ic} \leq T_{ic,réf}$ exprimée en °C)

Ces exigences à respecter, les références ou réf., dépendent de la zone climatique où se situe le projet et de la catégorie du bâtiment. La R.T. définit 8 zones au total correspondant à des limites de département et qui combinent températures extérieures et ensoleillement.

La R.T. 2005 exige également que les rejets de CO_2 soient déterminés (exprimés en $kg/m^2 SHON$). D'autre part, le maître d'ouvrage devra remettre une synthèse d'étude thermique avant la fin des travaux.

Quelques changements importants ont donc eu lieu entre les deux dernières R.T.. Les objectifs de performances thermiques des parois ont été renforcés d'environ 10 %, et ceux des pertes par ponts thermiques abaissés d'environ 20 %. Une nouvelle zone climatique a été créée (la R.T. 2000 n'en comptait que 7) afin de mieux représenter la réalité du territoire au niveau des données climatiques (**III.65**). Les bâtiments ont également été séparés en 2 catégories, CE1 et CE2, en fonction de leur activité, de leur exposition au bruit, de leur zone climatique, et de l'altitude à laquelle ils sont construits. La différence se situe dans la prise en compte des consommations de refroidissement, en plus des autres, dans le calcul du $Cep_{réf}$ des bâtiments CE2. La climatisation est donc mise sous surveillance. D'autre part, les consommations dues à l'éclairage seront prises en compte quelle que soit l'activité du local, les logements seront donc concernés, ce qui n'était pas le cas avant.

Enfin, la nouvelle R.T. tient davantage compte des principes du bioclimatisme et des énergies renouvelables. Les installations solaires photovoltaïques, par exemple, pourront être prises en compte dans le calcul du Cep . L'énergie électrique produite par les modules photovoltaïques est calculée, affectée d'un coefficient de conversion égal à celui de l'électricité puis intégralement soustraite du coefficient Cep du bâtiment c'est-à-dire que les consommations couvertes par l'énergie solaire ne sont pas comptées dans le calcul des consommations. La protection solaire des baies, la ventilation nocturne par ouverture des fenêtres, la valorisation des apports solaires, la production d'eau chaude sanitaire bi-énergie, les toitures végétalisées, les nouvelles répartitions des orientations, etc., auront un impact sur les résultats à obtenir (Cep , T_{ic} , etc.).

²⁵⁰ Coefficient C en énergie primaire de référence.

²⁵¹ Consommation d'énergie primaire, soit la consommation des systèmes de chauffage, de ventilation ou de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et d'éclairage.

Pour être complet, il faut ajouter que le principe de labels haute performance énergétique déjà présent depuis 1980 est reconduit. Les labels H.P.E. et T.H.P.E. seront distribués aux constructions dont les consommations conventionnelles sont respectivement inférieures de 10% et 20% aux consommations de référence. Les labels H.P.E. énergies renouvelables et T.H.P.E. énergies renouvelables ont été créés pour les constructions dont les consommations conventionnelles sont respectivement inférieures de 10% et 20% aux consommations de référence et dont les consommations de chauffage ou d'eau chaude sanitaire sont assurées par une production par énergie renouvelable. Un label basse consommation, le label B.B.C., fait également son apparition pour les constructions dont la consommation conventionnelle est inférieure à un seuil entre 30 et 50 kWh/m²/an. Ces labels ont un fort objectif incitatif mais ils permettent également de tester les solutions techniques qui seront mises en œuvre dans la réglementation de 2010.

Pour préparer cette échéance, le gouvernement a mis en place un programme de recherches sur les économies d'énergie dans le bâtiment. Le protocole instituant ce programme de recherches dénommé Prebat a été signé le 25 avril 2006. Il prévoit de mobiliser des financements à hauteur de 62 millions d'euros sur trois ans. Il s'agit de développer des solutions techniques permettant la réalisation de bâtiments neufs consommant moins de 50 kWh/m², la rénovation banalisée de bâtiments avec une performance énergétique aussi proche que possible de celle des bâtiments neufs et la réalisation de bâtiments à énergie positive²⁵².

Au fil de ces réglementations, la consommation énergétique des bâtiments neufs aura donc baissé de plus de 50%, mais cela aura pris 35 ans. Aujourd'hui encore, les performances énergétiques imposées lors de la construction de logements neufs sont loin de celles obtenues dès le début des années 1970 par des constructeurs considérés alors comme marginaux mais qui avaient déjà développé des solutions très performantes en matière d'économie d'énergie. Cependant, la colossale inertie que représente le parc ancien, les vieilles habitudes et les enjeux économiques énormes expliquent cette lenteur. Ces enjeux économiques ne sont d'ailleurs pas absents du texte qui « répond à la stratégie énergétique nationale énoncée par la loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique du 13 juillet 2005 : elle permet d'une part de contribuer à l'indépendance énergétique nationale et d'autre part de favoriser la compétitivité économique de l'ingénierie, des techniques et des produits français sur le marché intérieur et à l'exportation »²⁵³. Cet objectif économique est celui qui préside à la réalisation d'économie d'énergie. L'énergie est donc le seul domaine traité car il est le seul à avoir une épaisseur financière visible et immédiate. Il est tout à fait dommage que la loi ne se soit pas intéressée de plus près aux autres problématiques de l'architecture environnementale.

²⁵² Source : Dossier de Presse du Ministère de l'Emploi, de la Cohésion Sociale et du Logement, « Amélioration de la performance énergétique des bâtiments : une nouvelle réglementation pour tous les bâtiments neufs, la RT 2005 » en date du 29 Mai 2006.

²⁵³ Direction générale de l'Urbanisme de l'Habitat et de la Construction, « Réglementation thermique 2005 : des bâtiments confortables et performants », 2006. Page 2.

I.II.II.I.) Les labels étrangers importés en France, Minergie et Passivhaus (Doc.7).

Les labels étrangers, notamment ces deux là, ont joué un rôle important dans la définition des labels français et continuent à jouer un rôle moteur tant ils sont synonymes de qualité et d'excellence. Ils ont donc tout à fait leur place au sein de cette étude, d'autant plus qu'ils ont été apposés, en particulier Minergie, sur de nombreuses constructions sur le territoire français,.

- Le label Passivhaus²⁵⁴.

Le concept de maison passive a été élaboré en 1988 par l'institut « Wohnen und Umwelt » (habitat et environnement) de Darmstadt, en Allemagne, avec la collaboration de l'université de Lund, en Suède. Le premier prototype de maison passive fut réalisé à Darmstadt-Kranichstein, en 1991. Il fait, depuis lors, l'objet d'une surveillance approfondie. Depuis, le label s'est très largement développé en Europe germanique, Allemagne et Autriche en tête et l'on compte déjà plus de 6000 bâtiments labellisés Passivhaus depuis 1988. Aujourd'hui, le label est toujours décerné par l'institut de Darmstadt en Allemagne, mais cette certification n'est pas reconnue en France. Pourtant, le terme de « maison passive » issu directement du label est si célèbre qu'il fait totalement partie du langage de l'écoconstructeur, même s'il ne renvoie pas toujours au label. Début 2008, deux maisons construites sur le sol français, à Formerie dans l'Oise, ont même pour la première fois bénéficié du label Passivhaus.

Le Label obéit à deux principe simple, réduire au maximum les pertes de chaleur et maximiser les gains de chaleur.

Pour diminuer les pertes, il faut d'abord diminuer les déperditions thermiques par transmission. Pour ce faire, le coefficient de transmission surfacique des parois extérieures de la construction (coefficient U) doit être inférieur à 0,15 W/m²K, voire 0,10 W/m²K pour des maisons de type unifamilial. Le coefficient de transmission des fenêtres, constituées du vitrage, de son intercalaire et du châssis, doit être inférieur à 0,8 W/m²K. Le facteur solaire du vitrage doit être supérieur à 50% afin de pouvoir encore bénéficier des gains d'énergie solaire en hiver.

Il faut ensuite veiller à diminuer les déperditions thermiques par ventilation.

L'approvisionnement en air frais est assuré par une V.M.C. à double flux. L'alimentation et l'extraction mécanique permettent d'optimiser la ventilation suivant les besoins, et ce, indépendamment des conditions climatiques extérieures. Pour réduire les déperditions liées à la ventilation, la maison passive sera obligatoirement équipée d'un récupérateur de chaleur (système double flux). Le taux de récupération de l'échangeur doit être au moins égal à 80%. Pour respecter l'objectif d'efficacité énergétique, il est impératif que l'énergie de ventilation soit inférieure ou égale à 0,4 Wh par mètre cube de volume d'air acheminé. L'efficacité thermique du système de ventilation peut être améliorée par l'usage d'un échangeur air/sol (puits canadien ou puits provençal) qui préchauffe l'air neuf en hiver et le prérafraîchit en été. Il supprime aussi totalement les risques de gel de l'eau condensée dans l'échangeur/récupérateur.

²⁵⁴ Sauf mention contraire, tous les chiffres cités ici émanent de document provenant du label Passivhaus, directement ou par le biais de ses relais en France. Voir également les sites www.passiv.de/ et www.lamaisonpassive.fr/spip/index.php.

Les pertes de chaleur par transmission de l'enveloppe sont très réduites grâce à une isolation thermique renforcée si bien que les pertes calorifiques par « infiltration » d'air peuvent devenir prépondérantes et constituer la principale cause de perte de chaleur. C'est pourquoi, une attention toute particulière doit être portée à la réalisation de l'étanchéité du bâtiment, murs, portes et fenêtres. Il est donc indispensable d'utiliser une VMC afin de renouveler l'air consommé par les habitants. Dans une maison étanche il faut renouveler l'oxygène et évacuer dioxyde de carbone et vapeur d'eau, ainsi que toutes les odeurs et émissions créées à l'intérieur du bâtiment. La ventilation permet donc d'empêcher l'accumulation d'éléments toxiques dans l'air qui rendraient l'intérieur particulièrement malsain.

Une fois ces précautions prises, le besoin en chaleur devient alors si faible (inférieur à 10W/m^2) qu'il peut être comblé par les simples apports métaboliques, les appareils de cuisson de la cuisine, les équipements électriques (hifi, ordinateur, télévision rejettent de la chaleur par le biais de leur système de refroidissement propre) et la récupération de chaleur de la ventilation (si l'échangeur de la VMC récupère les $4/5^{\text{ème}}$ de la chaleur qui sort, il suffit que les habitants et les appareils de la maison produisent l'équivalent du cinquième restant pour que la température reste stable). Une source supplémentaire n'est même pas nécessaire. C'est le deuxième principe, visant à maximiser les gains, qui joue alors pleinement son rôle. Pour être labellisée Passivhaus, une construction neuve doit donc respecter les quatre conditions suivantes : des besoins de chauffage inférieurs à $15\text{ kWhep/m}^2\text{a}^{255}$ en énergie primaire, des consommations d'énergie globale inférieures à $120\text{ kWhep/m}^2\text{a}$, et une étanchéité de l'enveloppe telle que les fuites soient inférieures à $0,6\text{ V/h}^{256}$ pour une différence de pression de 50 Pa entre l'intérieur et l'extérieur. Enfin, le label Passivhaus n'est attribué qu'à des constructions dont les calculs ont été effectués avec l'outil diffusé par l'institut et l'étanchéité de la construction vérifiée in situ par un test Blower Door (mesure de la pression différentielle).

Avec des consommations annuelles de chauffage inférieures à 15 kWhep/m^2 , une maison passive consomme environ 8 fois moins qu'une maison conforme à la R.T. 2005 en France. Ce qui se traduit par des coûts de chauffage de l'ordre de 10 à 20€ TTC/mois seulement, selon le volume. Le coût de construction de ces logements passifs est suffisamment maîtrisé pour que la démarche se justifie par un calcul actualisé sur 30 ans, avant prise en compte des divers avantages fiscaux. Pour l'expérience de Formerie, on estime même qu'une augmentation actuelle du prix de l'énergie de 4% , ce qui est plus que raisonnable, abaisserait la durée d'amortissement du surcoût à 15 ans.

Il faut cependant noter que contrairement à Minergie par exemple, le label allemand n'exige rien en terme de qualité environnementale des matériaux ou des procédés de construction. Seulement en Allemagne, on peut estimer que ces préoccupations font partie du package de la construction labellisée Passivhaus même si rien n'est imposé, tant elle fait partie de la culture des constructeurs qui sont à même de bâtir une maison susceptible de recevoir ce label.

²⁵⁵ Kilowatt heure d'énergie primaire par mètre carré et par an. L'énergie primaire correspond par exemple à :
- pour le fioul et le gaz, 1 kWh d'énergie finale = 1 kWh d'énergie primaire ;
- pour l'électricité, 1 kWh d'énergie finale = $2,58\text{ kWh}$ d'énergie primaire ;
- pour le bois, 1 kWh d'énergie finale = $0,6\text{ kWh}$ d'énergie primaire.

²⁵⁶ Taux de renouvellement de l'air, le renouvellement ne doit pas dépasser $0,6$ fois le volume d'air intérieur par heure.

- Le Label Minergie²⁵⁷.

Minergie est un label créé il y a plus de 10 ans en Suisse, largement inspiré de son cousin allemand dont il reprend la philosophie. Il garantit le confort et la performance énergétique des bâtiments. Il est applicable à tout type de bâtiment (individuel, collectif, tertiaire, commercial, industriel, hôpital, école, hôtel/restaurant, entrepôt, etc.) en neuf ou en rénovation et ne comporte aucune restriction architecturale. A ce jour plus de 8600 bâtiments, soit une surface construite totale supérieure à 8,5 millions de m², sont labellisés Minergie. Ce label associatif, qui compte de nombreux partenaires spécialistes, des architectes, des bureaux d'étude conseils et assistants à maîtrise d'œuvre, des entreprises du bâtiment et des constructeurs, des fabricants et des installateurs, garantit un contrôle du dossier technique incluant la modélisation thermique du bâtiment et une optimisation technique et financière en phase de conception puis assure un ou plusieurs contrôles qualité sur chantier ainsi que le suivi des consommations et l'accompagnement aux comportements d'utilisation sur 3 ans. En France, Minergie est certifié par l'association indépendante Prioriterre basée près d'Annecy. Depuis 25 ans, Prioriterre sensibilise et informe sur les solutions concrètes de passage à l'acte au service du développement durable.

Plusieurs labels sont disponibles, Minergie-Standard avec une exigence de performance de 42 kWh/m².an²⁵⁸ en neuf et 80 kWh/m².an en rénovation, Minergie-P pour passif qui garantit une dépense maximale en énergie primaire de 30 kWh/m².an (dont une consommation chauffage inférieure à 15 kWh/m².an), et Minergie-Eco pour écologique. Rappelons que pour Passivhaus les exigences sont des consommations inférieures à 15 kWh/m².a en énergie primaire pour le chauffage et des consommations d'énergie globale inférieures à 120 kWh/m².a. Minergie est donc plus exigeant dès le niveau Minergie-Standard en ce qui concerne les consommations globales.

Le label Minergie-Standard (**Doc.8**) est attribué à des bâtiments dont la conception permet de réduire la consommation d'au moins un facteur deux (soit 42 kWh/m².an en neuf et 80 kWh/m².an en rénovation) par rapport aux exigences légales actuelles, mais en général, les immeubles neufs labellisés Minergie-Standard consomment 4 à 5 fois moins d'énergie que la plupart des bâtiments existants tant on a vu que le parc existant était gourmand en énergie. Trois principes simples permettent d'atteindre ces résultats : une enveloppe étanche à l'air et munie d'une excellente isolation thermique, une aération douce et automatisée et une production de chaleur adaptée et efficace favorisant les énergies renouvelables. Ces dernières sont privilégiées dans le calcul de consommation. En revanche, l'électricité est comptée double pour tenir compte des pertes de production, en particulier celles des centrales électriques utilisant des énergies non renouvelables (pétrole, charbon).

En ce qui concerne l'isolation renforcée, le terme étanchéité à l'air peut faire peur. Cependant, les bâtiments labellisés ne connaissent pas de problèmes d'effet Thermos car ils disposent d'un renouvellement d'air contrôlé qui évite tout risque de moisissures et garantit un air de qualité. Ce dispositif, isolation renforcée, vitrages à haute performance et enveloppe étanche a, en outre, l'avantage de supprimer l'inconfort dû aux parois froides et aux courants d'air. Evidemment les pertes de chaleur sont également limitées. L'ouverture des fenêtres reste toujours possible et est même nécessaire en été pour rafraîchir le bâtiment pendant la nuit. Cependant, la qualité de l'air étant assurée en tout temps, les fenêtres peuvent rester closes pour se protéger des bruits extérieurs, des différences de température gênantes ou des courants d'air. Bien que le label n'impose pas de solutions techniques aux concepteurs, l'association a

²⁵⁷ Minergie est une marque déposée. Sauf mention contraire, tous les chiffres cités ici émanent de document provenant directement de l'association Minergie. Voir également www.minergie.ch et www.minergie.fr.

²⁵⁸ Energie utilisée pour le chauffage du bâtiment, l'E.C.S., la ventilation, et éventuellement la climatisation.

constaté que dans 90% des cas, le système adopté est une aération avec récupération de chaleur à très faible flux d'air (V.M.C. double flux).

Minergie-S n'impose qu'une obligation de résultats et laisse toute liberté aux architectes en n'imposant ni les techniques, ni les matériaux, ni les énergies utilisées, ni l'aspect des bâtiments. En revanche, il est clair que pour l'habitat, une architecture assez vitrée au sud (environ 50% de la façade) avec des protections solaires adéquates, c'est-à-dire le respect de quelques principes bioclimatiques de base, favorise la réduction des besoins de chauffage et par conséquent l'obtention du label.

Minergie-S fixe donc des objectifs réalistes que des techniques et des matériaux actuels éprouvés permettent d'atteindre sans difficulté et à des coûts raisonnables, d'autant plus que le label comporte un volet d'optimisation financière du chantier qui permet de lisser les surcoûts. Dans les faits, on constate que l'investissement supplémentaire moyen des maisons labellisées est d'environ 6% (moins de 5% pour les immeubles). Minergie-Standard représente une assurance contre l'augmentation du prix de l'énergie d'autant que ré-isoler et ventiler un bâtiment après sa construction est beaucoup plus compliqué et coûteux.

Il faut ajouter que les frais annuels moyens sur 20 ans sont inférieurs à ceux des bâtiments conventionnels et que, selon une étude de la banque cantonale de Zürich, après 30 ans, un bâtiment Minergie devrait se négocier à une valeur 12% plus élevée qu'un bâtiment conventionnel.

Pour aller encore plus loin, Minergie a développé Minergie-Passif (**Doc.9**) qui reprend le même type d'exigences que Minergie-S mais de manière plus poussée. Ce deuxième label existe pour 3 catégories d'ouvrages, habitat collectif, habitat individuel et administration. Un bâtiment conçu selon ce standard constitue un système à part entière. Il est entièrement conçu, construit et optimisé en phase d'exploitation dans l'objectif de satisfaire ces exigences mais il ne se résume pas à une couche supplémentaire d'isolant thermique.

Les constructions Minergie-Passif et le standard lui-même sont porteurs d'innovation. Ce concept de bâtiment met l'accent sur le développement technologique, aussi bien en ce qui concerne le gros œuvre que les installations techniques. Les dernières technologies en matière d'efficacité énergétique, d'utilisation des énergies renouvelables et de construction sont mises à profit pour réaliser un bâtiment à la fois confortable et économe en énergie. Il constitue une plate-forme d'innovation pour les concepteurs, les maîtres d'ouvrage et les entrepreneurs. Avec ces deux standards, Minergie répond donc aussi bien aux besoins de la technologie de pointe, qui sert de vitrine d'un savoir faire, qu'à ceux de la commercialisation à grande échelle.

Pour Minergie-Passif, l'exigence de consommation maximum est poussée, pour le neuf, à 30 kWh/m².an pour les habitations et 25 kWh/m².an pour les autres bâtiments. Comme pour Minergie-S, aucune solution technique ou architecturale n'est imposée, seulement, outre l'exigence de consommations énergétiques, 4 autres exigences font leur apparition : une puissance thermique (énergie de chauffage à ne pas confondre avec la consommation due au chauffage) inférieure à 10 W/m², un besoin en chauffage inférieur à 20 % de la valeur limite fixée par la norme SIA 380/1²⁵⁹ soit entre 15 et 20 kWh/m².an, une étanchéité à l'air de 0,6/h pour une différence de pression de 50 Pa. Enfin Minergie-P impose l'utilisation d'appareils ménagers de catégorie A voire A+ pour les réfrigérateurs. Dix dispositions principales qui reprennent en grande partie celles de Minergie-S sont également à respecter : une excellente

²⁵⁹ La norme d'isolation thermique SIA 380/1 est obligatoire en Suisse. Entrée en vigueur en 2002 dans le canton de Vaud, en 2003 en Valais, il s'agit d'une norme à respecter pour toute construction de bâtiments. Elle vise à réduire et à optimiser la consommation d'énergie. La norme ne concerne pas uniquement l'isolation thermique, mais également les gains solaires par les vitrages. Ainsi, la consommation maximale d'énergie d'une nouvelle construction ne doit pas dépasser 100 kilowattheures par m² par an.

isolation thermique des éléments de l'enveloppe, des fenêtres d'efficacité énergétique élevée (cadre et vitrage), un nombre minimal de ponts thermiques, une enveloppe étanche à l'air, une optimisation de l'utilisation passive de l'énergie solaire, une masse suffisante pour le stockage thermique, un renouvellement efficace de l'air avec récupération de chaleur, le recours aux énergies renouvelables, des appareils ménagers, un système d'éclairage et des équipements de bureau peu gourmands en énergie et l'utilisation des rejets thermiques des installations frigorifiques. Ces dispositions constituent en fait une liste de points indispensables pour obtenir des performances aussi basses.

Jusqu'ici, ces deux sous-labels ne s'intéressaient qu'à la quantité d'énergie consommée et au confort intérieur produit par un renouvellement correct de l'air. Le troisième sous-label, Minergie-Eco (**Doc.10**), va plus loin. Il reprend toutes les caractéristiques de Minergie-P en ajoutant des impératifs concernant la santé et l'écologie du bâtiment. C'est-à-dire qu'avant de prétendre à la labellisation Eco, une construction doit d'abord pouvoir prétendre à la certification Minergie-P.

Minergie-Eco est issue du partenariat entre l'association Minergie et l'association Eco-bau. Pendant des années, l'association Eco-bau a développé des outils de planification destinés aux modes de constructions durables et les a testés sur des ouvrages de collectivités publiques. Ils servent à l'optimisation lors de la planification, la réalisation, l'exploitation et la déconstruction. Ces outils de planification et donc d'optimisation en phase de conception constituent, plus encore que pour les deux précédents sous-labels, la base d'une réalisation Minergie-Eco. Actuellement, ce label n'est disponible que pour les bâtiments administratifs, les écoles et les bâtiments locatifs neufs. Pour la maison d'habitation individuelle et les rénovations, une offre correspondante est à l'étude.

En ce qui concerne la spécificité Minergie-Eco, le premier critère concerne la santé et le bien-être suivant trois thèmes, lumière, bruit et air intérieur. La proportion de lumière du jour doit ainsi être la plus élevée possible. Des mesures de protection contre le bruit, réduisant ses effets néfastes, doivent être mises en place entre les unités d'affectation différentes et contre les provenances extérieures. En ce qui concerne l'air intérieur, sa qualité est d'une importance primordiale pour la santé. Elle peut être améliorée par la réduction maximale des émissions de polluants. De plus, les textes du label stipulent que l'effet du rayonnement ionisant lié au radon doit être limité au moyen de mesures appropriées.

Viennent ensuite les critères relatifs à l'écologie du bâtiment qui mettent en évidence les impacts sur l'environnement de l'extraction et la fabrication des matériaux, et des systèmes nécessaires pour l'exploitation, la modernisation et la déconstruction du bâtiment.

Le besoin en matière première devra tout d'abord être couvert par des matières premières locales et largement disponibles. Ensuite, une forme compacte des bâtiments et des matériaux de construction à faible impact sur l'environnement doivent permettre des économies importantes d'énergie grise. Les polluants nuisibles à l'environnement doivent être évités. La prise en compte de la déconstruction du bâtiment et de son coût environnemental est également une des grandes qualités de ce label. Le volume total des ouvrages cache un potentiel énorme de matériaux de construction recyclables qui sont utilisables après la déconstruction du bâtiment. La valorisation de ces matériaux dépend largement de l'aptitude à la déconstruction et de la possibilité de séparer les matériaux, faciliter le tri est donc un objectif important pour chaque chantier.

Enfin, les coûts de projet constituent un critère incontournable de Minergie-Eco. Les matériaux et modes de construction, les composants et les systèmes doivent être disponibles à des prix raisonnables. Selon le règlement, les surcoûts ne sont admissibles que dans la limite où ils représentent moins de 10 % du prix de la construction.

Pour être complet, il faut noter que Minergie-Eco comporte des critères d'exclusion pure et simple dans chacun des deux domaines qu'il traite. Pour l'aspect santé, l'utilisation de biocides et de produits chimiques de protection du bois dans les locaux, de produits spécifiques contenant des solvants ou de grandes surfaces de dérivés du bois émettant du formaldéhyde sont immédiatement disqualificatifs. Pour l'écologie du bâtiment, les matériaux de construction contenant des métaux lourds (plomb et utilisation à l'extérieur de grandes surfaces de tôles en cuivre, en zinc-titane et en acier zingué), la non utilisation de béton de recyclage, l'utilisation de bois extra-européen, sans label confirmant le respect du développement durable, l'utilisation de vitrages antibruit avec remplissage de gaz polluants et enfin l'utilisation de mousses de montage et de remplissage (type mousse de polyuréthane) sont des critères d'exclusion absolue.

Ce dernier label, montre que des solutions tout à fait réalistes existent et sont envisageables pour obtenir des conditions d'habitat environnementalement très satisfaisantes et ce sans surcoût rédhibitoire. La très haute exigence de ce label suisse, qui bénéficie d'une très grande notoriété et d'un appui très fort de l'Etat et des organismes de financement notamment, tire tout un pays vers l'excellence environnementale. Ceci est à mettre en relation avec les dispositifs législatifs français, nettement moins exigeants, (même si Minergie n'a aucunement force de loi en Suisse), pour s'apercevoir qu'une action puissante soutenue par une volonté forte au niveau gouvernementale permettrait de réduire considérablement les délais pour arriver à un niveau correct de performance environnementale à l'échelle de l'architecture de tout un pays.

I.II.II.I.) Les labels français, Effinergie(Doc.7) et H.Q.E..

- Le label Effinergie²⁶⁰.

Effinergie est la marque de promotion du label bâtiment basse consommation énergétique BBC, mis en place par les pouvoirs publics par arrêté au mois de mai 2007²⁶¹. Cet arrêté ministériel définit les exigences réglementaires des 5 niveaux de performance énergétique des constructions neuves déjà évoqués, HPE, HPE EnR, THPE, THPE EnR et BBC. La marque vise donc à identifier les bâtiments dont les très faibles besoins énergétiques contribuent à atteindre les objectifs fixés pour 2050, à savoir la réduction des émissions de gaz à effet de serre d'un facteur 4. Le moins que l'on puisse dire c'est qu'Effinergie est très largement inspiré de son cousin suisse avec quelques adaptations, notamment à cause des différences de climat entre les deux pays. Cette filiation est d'ailleurs tout à fait assumée, « les personnes qui se sont retrouvées dès 2005 autour du groupe de travail national qui donne naissance au collectif Effinergie se sont rapidement données l'objectif de reproduire en France le succès du standard suisse Minergie, mais en l'adaptant aux particularités constructives, réglementaires, normatives et climatiques du marché français. Au contraire des pays du centre et du nord de l'Europe, il est impossible en France de soutenir un standard unique sans prendre en compte les différences climatiques propres à l'hexagone. Une construction sur la côte d'Azur ne peut avoir les mêmes standards énergétiques que dans le

²⁶⁰ Effinergie est une marque déposée. Sauf mention contraire, tous les chiffres cités ici émanent de document provenant directement de l'association Effinergie. Voir également www.effinergie.org.

²⁶¹ Arrêté du 3 mai 2007 publié au J.O. du 15 mai 2007.

Nord ou dans les Alpes. L'isolation ne se fera pas sur les mêmes exigences d'économie d'énergie ou d'isolation »²⁶².

L'objectif d'Effinergie est de promouvoir de façon dynamique les constructions à basse consommation d'énergie en neuf et en rénovation et de développer en France un référentiel de performance énergétique des bâtiments neufs ou existants. Pour cela, elle tente de fédérer les acteurs impliqués dans l'optimisation énergétique des bâtiments, maîtres d'œuvre, entreprises du bâtiment, industriels, banques, pouvoirs publics nationaux et locaux, etc. Son but est également de mutualiser les initiatives locales, de mettre en avant les projets remarquables et les acteurs de terrain. Elle a également mis en place une démarche de labellisation qui permettra d'évaluer et de qualifier la performance des bâtiments mais surtout de la rendre lisible et identifiable par tous. La reconnaissance du niveau Effinergie a ainsi été officialisée par la signature, le 19 juin 2007, de conventions de partenariat entre l'association et les certificateurs agréés par l'Etat pour la délivrance de la mention B.B.C.. Les constructions neuves peuvent donc être labellisées sur la base des certifications et des mêmes méthodes de calculs que pour la R.T. 2005. Effinergie disposant d'une véritable assise juridique, le label ouvre droit aux avantages liés aux labels de performance énergétique, comme la réduction de la taxe foncière, l'extension du C.O.S.²⁶³, les subventions pour la mise en place d'énergies renouvelables, etc.. Comme l'association suisse, l'association Effinergie ne délivre pas elle-même le label basse consommation mais s'appuie sur les certificateurs officiels. Il s'agit de 4 organismes certificateurs reconnus par l'Etat, CEQUAMI pour les maisons individuelles en secteur diffus, PROMOTELEC pour les maisons individuelles, les logements individuels groupés et les logements, CERTIVEA pour les bâtiments tertiaires et CERQUAL pour les immeubles collectifs et les logements individuels.

Le lien étroit avec l'Etat passant par le biais des certificateurs officiels permet au label d'offrir de très importants avantages financiers. Les bâtiments labellisés ne craignent donc pas la comparaison de coût avec les constructions traditionnelles même s'il faut généralement compter avec un surcoût initial de 5 à 7 %.

Pour obtenir le label Effinergie, l'objectif de consommation maximale en énergie primaire pour les constructions résidentielles neuves est fixé à 50 kWh/m².an²⁶⁴, ce qui représente une exigence moindre que le moins exigeant des sous-labels Minergie (Minergie-S demande 42 kWh/m².an à condition égale), d'autant plus que cette exigence est à moduler selon les régions.

Pour les bâtiments à autre usage que l'habitation, il faut justifier d'une consommation inférieure à 50% de la consommation exigée par la R.T. 2005. Pour obtenir le label, une mesure de perméabilité à l'air du bâtiment (blower door) sera également réalisée par un organisme agréé.

Comme pour Minergie, aucune solution technique ou architecturale n'est imposée, mais les préconisations de base restent les mêmes : une excellente isolation thermique des parois vitrées et opaques, une enveloppe parfaitement étanche à l'air, une ventilation mécanique contrôlée optimisée (hygroréglable ou double flux), des équipements de chauffage performants et l'introduction des énergies renouvelables. Les avantages sont donc également les mêmes que ceux décrits pour Minergie.

²⁶² Rapport d'activités 2007 de l'association collectif Effinergie publié suite à l'assemblée générale qui s'est tenue à Paris le 7 avril 2008.

²⁶³ En France, le coefficient d'occupation des sols détermine la densité de construction admise sur une propriété foncière en fonction de sa superficie. Il est défini par l'article R 123-9 alinéa 1 du Code de l'urbanisme, « le coefficient d'occupation du sol qui détermine la densité de construction admise est le rapport exprimant le nombre de mètres carrés de plancher hors œuvre nette (S.H.O.N.) ou le nombre de mètres cubes susceptibles d'être construits par mètre carré de sol ». L'extension du C.O.S. permet donc de construire plus grand sur un terrain donné.

²⁶⁴ Pour les 5 usages, chauffage, E.C.S., auxiliaires de chauffage et de ventilation, éclairage et climatisation.

D'autre part, l'association planche actuellement sur un référentiel énergie positive pour le neuf (bâtiments produisant plus d'énergie qu'il n'en consomme) et un autre pour la rénovation qui devrait proposer le même niveau d'exigence dans l'existant que dans le neuf. Le niveau a été fixé à 80 kWh/m²/an (soit la même exigence que Minergie à condition égale). Cette mention dont le niveau a été établi en étroite relation avec la direction générale de l'urbanisme de l'habitat et de la construction et le ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable, pourra servir de point de repère pour la législation sur les rénovations performantes.

Le Grenelle de l'environnement a d'ailleurs abouti à une série de propositions²⁶⁵ reprenant les exigences d'Effinergie. Dans la perspective d'une baisse de 38% des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020, tous les bâtiments publics et privés tertiaires neufs devront être à basse consommation (R.T. 2005 moins 50%) à partir de 2010. Pour l'ensemble des bâtiments neufs, la R.T. 2010 sera égale à R.T. 2005 moins 20%, la R.T. 2012 à R.T. 2005 moins 50% et la R.T. 2020 devra rendre obligatoire les bâtiments à zéro énergie ou à énergie positive. L'annonce est très impressionnante mais pour l'instant rien n'est réellement entériné. Cette volonté affichée pourrait donc faire passer Effinergie pour le fer de lance de l'exigence en matière de basse consommation énergétique.

Cependant, avec 10 ans de retard, la construction du label Effinergie est, on l'a vu, très largement inspirée du label Minergie au point que certaines phrases présentes sur le site internet de Minergie sont reprises intégralement sur le site d'Effinergie. La seule chose qui ne soit pas reprise concerne le cœur du label à savoir son exigence chiffrée en matière de consommation énergétique qui est plus large chez Effinergie et cela sans parler de Minergie-P, même si un Effinergie énergie positive devrait voir le jour. On peut également regretter l'absence d'un projet équivalent au Minergie-Eco. Effinergie traite de la consommation énergétique mais ne cible aucunement la qualité des matériaux, le coût environnemental du chantier ou d'autres thèmes à prendre en compte dans la réalisation d'un bâtiment réellement environnemental. Aucune trace non plus de ces préoccupations dans le Grenelle de l'environnement d'ailleurs. La seule réponse qu'Effinergie est susceptible d'apporter à ce manque important est que le label Effinergie est complémentaire avec le label H.Q.E. qui, lui, comporte ce type d'exigence dans certaines de ses 14 cibles. Cependant, comme son obtention n'est pas conditionnée par le traitement de chacune de ces cibles, nous y reviendrons, les véritables préoccupations environnementales restent tout à fait absentes du paysage de la labellisation française. C'est d'autant plus grave que ces pratiques ne sont pas, chez nous, aussi profondément ancrées que chez nos voisins, Allemands en tête.

D'autre part, on peut se poser la question du rôle pervers de l'implication financière de l'Etat dans la construction environnementale, soutien très largement mis en valeur par Effinergie. La construction environnementale coûte un peu plus cher, certes, mais le financement de l'Etat qui compense artificiellement ce surcoût à la construction, crée une bulle qui éclatera logiquement lorsque ce type d'exigence deviendra plus répandu. Le temps que la bulle aura mis à éclater aura ainsi été perdu alors qu'il aurait pu permettre au circuit de distributions, aux constructeurs, bref aux acteurs du bâtiment de mettre en place des solutions visant à éliminer ces surcoûts. Cet éclatement de la bulle pourrait alors devenir un frein important retardant la mise en place d'une législation exigeante mais nécessaire.

²⁶⁵ Source : www.effinergie.org.

-La H.Q.E..

Parler d'architecture environnementale en France ces 30 dernières années sans évoquer l'association H.Q.E.²⁶⁶ paraît impossible. Pourtant la tentation est grande tant le problème est complexe et qu'il déchaîne les passions.

C'est à la demande de Marie-Noëlle Lienemann, alors ministre déléguée au logement et au cadre de vie, que les premiers travaux sur l'environnement dans le bâtiment ont été lancés en 1992²⁶⁷. Ce sont les travaux du plan construction et architecture²⁶⁸ qui ont démarré en 1993 qui ont donné naissance à la H.Q.E.. L'association est née en 1996, pour prolonger et développer les travaux du P.C.A. et les ouvrir à tous les maîtres d'ouvrage ou acteurs des professions concernés. Reconnue d'utilité publique le 5 janvier 2004, l'association H.Q.E. est constituée de personnes morales, publiques ou collectives, et de membres d'honneur, regroupés en cinq collèges, représentant les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre, les entreprises et les industriels, les experts, les organismes de conseil et de soutien. Ce sont tout de même majoritairement des ingénieurs du bâtiment qui sont à l'origine de cette création. Selon ses propres termes, « l'ambition de l'association H.Q.E. est d'œuvrer dans une perspective de développement durable, à la réalisation de bâtiments sains et confortables dont les impacts sur l'environnement, évalués sur l'ensemble de leur cycle de vie, soient aussi favorables que possible. Pour atteindre cet objectif de qualité environnementale des bâtiments, l'association préconise la mise en place d'une démarche H.Q.E. c'est-à-dire d'une approche structurée visant à coordonner l'action de tous les acteurs concernés pour atteindre les objectifs de qualité environnementale fixés par le maître d'ouvrage. Cette démarche H.Q.E. concerne aussi bien le secteur de la construction publique que privée, le logement, que le tertiaire, le neuf que la réhabilitation »²⁶⁹. Pour cela, l'association s'est lancée dans un double processus de normalisation et de certification. La normalisation poursuit un objectif précis : « fournir des documents de référence comportant des solutions à des problèmes techniques et commerciaux concernant les produits, biens et services qui se posent de façon répétée dans des relations entre partenaires économiques, scientifiques, techniques et sociaux »²⁷⁰. Il s'agit donc de mettre au point dans un premier temps, un langage commun, de manière à ce que les acteurs se comprennent, que des comparaisons puissent avoir lieu sur des bases fiables. La normalisation n'apportant en soi aucune garantie sur le résultat comme le fait la certification. C'est pourquoi l'association s'est également attelée à la mise au point d'une certification adaptée aux différents types de bâtiments. La certification n'est pas une obligation : pour l'association, elle doit être vue comme un outil à disposition des acteurs, auxquels il est possible de recourir en cas de besoin comme dans le cadre d'une démarche commerciale, en réponse aux exigences d'investisseurs, ou pour accéder à des aides publiques. C'est ainsi que les premiers mois de 2005 ont vu la naissance officielle de la certification N.F. Bâtiments tertiaires – Démarche H.Q.E., puis N.F. Maison Individuelle – Démarche H.Q.E. et N.F. Logement – Démarche H.Q.E. entre autres, valables en neuf comme en rénovation.

²⁶⁶ H.Q.E. pour haute qualité environnementale, est une marque déposée. Sauf mention contraire, tous les chiffres cités ici émanent de document provenant de l'association H.Q.E.. Voir www.assohqe.org.

²⁶⁷ BIDOUE Dominique, *livre vert de l'écologie urbaine dans l'habitat et la construction*, rapport ministériel, mars 2003.

²⁶⁸ P.C.A. : plan construction et architecture, devenu depuis le P.U.C.A., plan urbanisme construction architecture.

²⁶⁹ Association H.Q.E., *La certification Démarche HQE, La position de l'Association HQE en 10 Questions / Réponses*, avril 2005

²⁷⁰ Décret n° 84-74 du 26 janvier 1984 fixant le statut de la normalisation modifié par les décrets n° 90-653 du 18 juillet 1990, n° 91-283 du 19 mars 1991, n° 93-1235 du 15 novembre 1993, et n° 2005-1308 du 20 octobre 2005

La H.Q.E. est un sujet complexe qui demanderait un traitement que nous ne pouvons nous permettre dans le cadre de cette étude. C'est pourquoi nous ne nous attarderons pas davantage sur son histoire et son fonctionnement. D'autre part, ce travail a déjà été mené puisque la H.Q.E. est actuellement, entre autres, le sujet d'une thèse de doctorat à l'université Paris I²⁷¹. Nous nous contenterons d'en reproduire les cibles et sous-cibles²⁷² (**Doc.13**).

En revanche, la H.Q.E. ne cesse de faire débat et de nombreuses voix se sont élevées pour en faire une critique acerbe. La plus célèbre est sans doute celle de Rudy Ricciotti qui a le premier jeté un pavé dans la mare par le biais d'un petit livre intitulé *H.Q.E.*. D'autre part, le Conseil national de l'ordre des architectes qui faisait partie de l'association depuis ses débuts en a bruyamment claqué la porte, tout comme l'Union Nationale des Syndicats Français d'Architectes. C'est donc par le biais des critiques que l'on en fait qu'il s'agira d'évoquer la H.Q.E. pour comprendre si l'on critique l'architecture environnementale ou seulement le système H.Q.E..

La charge contre la H.Q.E. commence par une critique virulente de ses objectifs mêmes. Pour Perrault, la H.Q.E. « va normaliser les projets et surtout les banaliser. C'est une façon d'exclure poliment la modernité, tout en gardant bonne conscience »²⁷³. Cette dictature de la bonne conscience est également épinglée par Ricciotti pour qui la H.Q.E. est « de nature à prendre en otage l'énergie démocratique au travers d'une fausse conscience du partage, fausse ou mauvaise conscience esthétisée par la fulgurante prise de bénéfice du politiquement correct »²⁷⁴. Pour lui, « rien des normes environnementales n'apporte la preuve de la pertinence collective des objectifs attendus »²⁷⁵. Perrault semble d'accord avec cette idée, « ces petites règles pseudo-scientifiques sont véhiculées par les bureaux d'étude et les âmes bien-pensantes et servent de critères de jugement à l'architecture qui va être produite. Le plus effrayant est qu'il n'y a pas actuellement en France de champ de recherche développé vis-à-vis de ces petites règles pratiques qui donnent bonne conscience. Cette absence d'expertise pose problème »²⁷⁶. Les petites règles dont parle Perrault sont celles de la H.Q.E. qu'il retranscrit en ces termes, « si la façade d'un bâtiment est constituée à moitié de verre, l'autre moitié doit être en béton », ou : "un bâtiment doit être ouvert au sud et fermé au nord " »²⁷⁷. A notre avis, ces assertions relèvent tout d'abord d'une profonde méconnaissance des règles de la H.Q.E. car rien n'est exigé en ces termes. D'autre part, les « petites règles » dont parle Perrault sont celles du bioclimatisme qu'il semble également très mal maîtrisé puisqu'il pense que ces règles n'ont pas fait l'objet d'expertise. Guy Archambaud, journaliste indépendant et membre du conseil d'administration de l'association NegaWatt²⁷⁸ connaît bien ces problèmes et rapporte les résultats d'une étude récente. « L'Agence Régionale de l'Énergie (A.R.E.N.E.) de la région P.A.C.A. a publié une étude très intéressante qui met en lumière les différents facteurs bioclimatiques appliqués à la construction, de nature à influencer les consommations d'énergie et le confort. Certes, elle s'applique au climat de la région d'origine, très ensoleillé. On peut supposer qu'une étude de même nature ailleurs révélerait sans doute l'importance

²⁷¹ Marion Chauvin termine actuellement sa thèse de doctorat sous la direction de Claude Massu à l'université Paris I et Amélie Maous à soutenue son mémoire de M1, *La H.Q.E. dans tous ses états* en septembre 2007 dans la même université, sous la direction de Claude Loupiac.

²⁷² Le document D.E.Q.E aide à mieux cerner les cibles de la H.Q.E., il est disponible sur le site internet www.assohqe.org. Association H.Q.E., *Référentiel, définition explicite de la qualité environnementale*, document5, Novembre 2001.

²⁷³ Entretien publié dans le Journal des Arts, n° 253, février 2007.

²⁷⁴ RICCIOTTI Rudy, *H.Q.E.*, Transbordeurs, Paris, 2007. Page 9.

²⁷⁵ *ibidem*.

²⁷⁶ Entretien publié dans le Journal des Arts, n° 253, février 2007.

²⁷⁷ *ibidem*.

²⁷⁸ Voir chapitre I.II.I. et SALOMON Thierry et BEDEL Stéphane, *La Maison des [néga] watts : le guide malin de l'énergie chez soi*, Mens, Terre vivante, 2006.

d'autres facteurs en fonction du climat local. Mais cela démontre que ces facteurs, liés à la conception du bâtiment, son orientation, ces principes constructifs, peuvent revêtir une grande importance. La construction choisie comme base de référence est une maison individuelle ordinaire, qui pourrait sortir de n'importe quel catalogue de constructeur, orientée plein sud. La comparaison a été conduite sur deux sites, Carpentras (climat de plaine intérieure) et Nice (climat littoral). Les simulations ont été faites à l'aide d'un logiciel de simulations thermiques dynamiques TRNSYS avec environnement IISIBAT.

L'étude révèle des différences sensibles de consommations d'énergie, entre l'orientation de base et une orientation est ou ouest, plus de 10 % en plus. L'augmentation des surfaces vitrées au sud, accompagnée d'une diminution sur les autres faces, conduit à une réduction des consommations de chauffage, 5 % à Carpentras, 11 % à Nice. Cela entraîne également une réduction très sensible de l'inconfort d'été, 20 % à Carpentras, et plus de 40 % à Nice. L'adjonction d'une véranda avec préchauffage de l'air neuf, permet de réduire les consommations de chauffage de 20 % à Nice, et 10 % à Carpentras. Et pour la gestion du confort d'été, la pergola a un impact évalué entre 40 et 90 %.

La conception même des bâtiments n'est donc pas innocente, et devra être prise en compte [...] »²⁷⁹.

Ricciotti va même plus loin dans la confusion, « le caractère anesthésiant d'un mur végétal irrigué au goutte à goutte est la forme la plus cynique et la plus intolérante de la doctrine H.Q.E. »²⁸⁰. Or, les fameux murs végétaux que Ricciotti assimile à de la « fourrure verte » n'ont absolument rien à voir avec la H.Q.E., ils sont l'œuvre de Patrick Blanc, biologiste et plasticien et ne sont à prendre que comme des œuvres d'art ou comme le résultat d'une recherche visant à réintégrer les espaces verts dans un tissu urbain dépourvu d'espace horizontal pouvant les recevoir.

Ricciotti va plus loin dans la mauvaise foi lorsqu'il évoque l'isolation par l'extérieur. Il parle de « conséquence patrimoniale désastreuse » ou de « perte de physicalité garantie, perte irréversible des savoir-faire, de nombreux métiers de façade »²⁸¹, de « refus de la raison et de la chair, méfiance pour la liberté et le plaisir, l'isolation par l'extérieur, falsificatrice du réel, interdit le contact physique avec l'architecture »²⁸². Il sous-entend que l'isolation par l'extérieur obligerait à construire des blockhaus sans fenêtres aux façades lisses et sans intérêt. « Au-delà, on augmentera cette situation critiquable par le fait que ces normes culpabilisant l'architecture, le signe, le décor, la grammaire, comme l'écriture architecturale, confirment sur le tard la visionnaire intolérance arrogante d'un Adolf Loos que l'on aurait dû buter de son vivant avec un 11.43 à crosse en nacre ciselé floral, pour cet impardonnable faute de considérer l'ornement comme un crime »²⁸³. La H.Q.E. serait donc un moyen détourner de brider la créativité des architectes, « d'exclure poliment la modernité » comme le dit Perrault. Seulement la H.Q.E. ne comporte absolument aucun élément dictant le signe, le décor, la grammaire, ou l'écriture architecturale. En outre, l'isolation par l'extérieur ne produit ce type de résultats que chez les architectes à l'inspiration sèche. Ce n'est qu'une contrainte à prendre en compte au même titre que celle visant à inclure une porte à une maison ou une casquette solaire sur la façade d'un lycée²⁸⁴. Elle peut recevoir tout type de décors ou de traitements. Ce que Ricciotti appelle « passage à tabac des pulsions esthétiques [...] et] effacement du désir de novation »²⁸⁵ ne serait donc que le résultat d'un manque de connaissance de la H.Q.E.. Mais la question dépasse la critique de la H.Q.E. et l'on peut se demander si « le désir torride

279 « Influence des critères bioclimatiques sur la performance » note annexe à l'article « H.Q.E., exister enfin. » in *Etre... ou NE PAS ETRE de la Haute Qualité Environnementale*, recueil de textes de l'Atelier 5, Réseau Ecobatir, Mai 2004.

²⁸⁰ RICCIOTTI Rudy, *H.Q.E.*, Transbordeurs, Paris, 2007. Page 9.

²⁸¹ *ibidem*, page 10.

²⁸² *ibidem*, page 11.

²⁸³ *ibidem*, page 27.

²⁸⁴ Voir chapitre II.I.I, Le collège Guy Dolmaire à Mirecourt.

²⁸⁵ RICCIOTTI Rudy, *H.Q.E.*, Transbordeurs, Paris, 2007. Page 22.

d'architecture »²⁸⁶ dont font preuve Perrault et Ricciotti doit continuer à s'exprimer en bafouant tout à fait les aspects non formels et donc non artistiques qui font de l'architecture un art tout à fait à part puisqu'ayant une valeur d'usage prépondérante. L'architecture doit toujours veiller à apporter de l'art mais elle se doit aussi de remplir des objectifs dont le plus pressant aujourd'hui est de ne pas détruire, ne pas détruire l'environnement dans lequel elle prend place, mais ne pas broyer non plus ceux qui l'ont pour environnement (on a vu la catastrophe qu'a représenté, dans le passé, le désir torride d'architecture d'un architecte comme Perrault dans le cadre d'un projet comme celui de la B.N.F. même si la qualité formelle du projet peut être appréciée).

La critique de la H.Q.E. par ces deux architectes est donc une critique de la volonté de créer une nouvelle architecture, plus respectueuse de l'environnement, sur laquelle ils ne pourront plus plaquer un discours issu de conceptions dépassées par de nouveaux enjeux. Elle semble émaner d'architectes perdus, incapables de produire des réponses à ces nouvelles exigences. Pour l'architecte Philippe Madec, « dans le milieu français, le poison est porté par les architectes eux-mêmes, qui se replient sur leur métier. En se contentant du rôle de professionnel, les architectes ne sont pas en mesure de répondre aux attentes de la société. Et ils ne le seront pas davantage s'ils s'en tiennent à la H.Q.E. : ils resteront alors le nez dans le bâtiment ! La mission de conseil vis-à-vis du client, pour laquelle l'architecte est souvent pris en défaut, est également un devoir de proposition vis-à-vis de la société. Ces propositions sont aussi indispensables que celles des agents du monde de la technique. Il est temps que les architectes cessent de se prendre pour des artistes et qu'ils acceptent enfin d'être des femmes et des hommes du politique »²⁸⁷.

Une critique plus constructive émane du C.N.O.A.. « En annonçant son retrait de l'association, le Conseil National de l'Ordre des Architectes tire ainsi un signal d'alarme contre les dérives prédatrices d'une démarche initialement conçue comme un support de réflexion et d'action pour développer et promouvoir la qualité environnementale ainsi que le management environnemental de toute opération de construction.

Aujourd'hui, on observe que l'Association H.Q.E. confisque et préempte une large partie du débat sur le développement durable en ciblant son action sur le volet environnemental, ignorant ainsi les aspects culturels, sociaux et dans une moindre mesure, économiques, qui conditionnent désormais la fabrication de tout espace à vivre »²⁸⁸. Cela est vrai, car le débat national se limite au pour ou contre la H.Q.E. sans apporter de vraies solutions aux problèmes de fond, même si des voix moins médiatiques s'y essayent²⁸⁹.

« La prise de position de l'Ordre des Architectes prend appui sur des constats récents dans la politique menée par l'association H.Q.E. : notamment l'absence de prise en compte d'une conception architecturale plus solidaire et plus généreuse en tant que valeur ajoutée à tout projet, et le glissement progressif de l'association vers une interprétation technicienne et technocratique du développement durable, couronné par l'annonce d'une certification H.Q.E. pour les bâtiments tertiaires et bientôt pour les immeubles d'habitations.

²⁸⁶ RICCIOTTI Rudy, *H.Q.E.*, Transbordeurs, Paris, 2007. Page 20.

²⁸⁷ Philippe Madec, entretien avec Dominique Gauzin-Muller, *D'Architectures* N° 133, novembre/décembre 2003. Page 21.

²⁸⁸ GENET Patrick, « L'Ordre des architectes quitte l'association HQE : Quelques explications », avril 2005. Patrice Genet est président de la commission développement durable du Conseil National de l'Ordre des Architectes. Le document est disponible sur le site www.architectes.org/.

²⁸⁹ Voir *Etre... ou NE PAS ETRE de la Haute Qualité Environnementale*, recueil de textes de l'Atelier 5, Réseau Ecobatir, 2004 ou encore l'ouvrage dirigé par FAREL Alain, *Bâtir éthique et responsable*, éditions du Moniteur, Paris, 2007.

Par rapport aux enjeux de développement durable auxquels est confronté l'ensemble des acteurs de la chaîne de construction, la démarche H.Q.E., dans sa conception actuelle, s'avère ainsi être tout à la fois réductrice, minimaliste, technicienne et castratrice.

Réductrice, car elle ne porte que sur l'un des aspects de notre responsabilité sociale, la préservation de l'environnement au sens strict. Or, notre devoir, en tant qu'architectes, est d'imaginer, en partenariat avec l'ensemble des autres acteurs de la filière, des réponses innovantes intégrant les quatre piliers d'une architecture durable :

Prendre en compte la valeur ajoutée culturelle de tout projet, porteuse de sens et de bien-être et affirmer les principes de « contemporanéité » et « d'identité » de tout ouvrage, répondant ainsi à la demande du corps social [Pilier culturel] ;

Intégrer la recherche du bien-être et du « digne confort » dans l'habitabilité d'un ouvrage, pour tous ses usagers qu'il s'agisse de personnes valides, de personnes handicapées, d'enfants, de personnes âgées, mais également inscrire l'utilité sociale de l'ouvrage dans le temps ; promouvoir des actions solidaires au travers de projets fédérateurs ; être à l'écoute des utilisateurs en veillant notamment à comprendre les nouveaux styles de vie qui doivent être intégrés dans le processus de conception [Pilier social] ;

Au travers de l'acte architectural, assurer l'éco-efficience (réduction des déchets, promotion des matériaux performants, recours aux énergies alternatives) mais également garantir la prise en charge des impératifs sanitaires et de sécurité des constructions et des chantiers [Pilier environnemental] ;

Trouver l'optimum entre les coûts de programmation, de conception, de construction, d'exploitation et de maintenance en développant une approche de tout projet architectural en terme de coût global intégrant aussi les coûts collectifs [Pilier économique] »²⁹⁰.

Autant de problématiques auxquels le C.N.O.A. a tenté d'apporter des réponses dans son petit livre vert²⁹¹. Cependant, il faut préciser que si la démarche H.Q.E. est basée sur une adhésion volontaire, rien n'empêche de dépasser ces objectifs. La volonté des maîtrises d'œuvre et d'ouvrage freine beaucoup ces réflexions pour des questions de coût mais on ne peut pas jeter la pierre à la H.Q.E. dans ce domaine, d'autant que la complexité des principes H.Q.E. est également déjà beaucoup critiquée. « On peut arriver à près de 200 points à traiter en cumulant les 14 cibles, les 37 sous-cibles et les 130 sous-sous cibles ! [...] le concepteur s'y perd et estime qu'il fait beaucoup de travail administratif pour un bien faible résultat. L'entrepreneur s'affole face aux exigences formelles qui donnent l'impression que le bâtiment se complique et de fait il augmente son prix ! »²⁹². « Louons au passage le travail pédagogique de l'A.D.E.M.E., qui a missionné des consultants pour expliquer les 200 pages de la certification [...]. Le résultat est un livret de bord de 165 pages et une méthodologie pour

²⁹⁰ GENET Patrick, « L'Ordre des architectes quitte l'association HQE : Quelques explications », avril 2005.

²⁹¹ Ce livre vert a été rendu public le 10 juin 2004. " *Les architectes et le développement durable* " est une publication qui regroupe les premières conclusions des travaux de l'Ordre des architectes sur un thème concernant directement la pratique professionnelle des architectes. Il est disponible sur le site <http://www.architectes.org/> et émet notamment 10 propositions :

1. S'engager en faveur d'un développement plus durable
2. Définir la contribution de l'architecte
3. Affirmer la mission de l'architecte
4. Solliciter des pouvoirs publics
5. Élaborer des recherches communes avec tous les partenaires de la construction
6. Insérer le développement durable dans l'enseignement de l'architecture
7. Prendre en compte le développement durable dans les politiques européennes
8. Sensibiliser le public et des acteurs du marché
9. Partager la connaissance des bénéfices environnementaux
10. Mettre au point des ouvrages témoins et exemplaires

²⁹² FAURÉ Daniel « Les pratiques françaises : l'association H.Q.E., la H.Q.E. et la démarche H.Q.E. » in *Bâtir éthique et responsable*, éditions du Moniteur, Paris, 2007. Page 93.

assistant à maître d'ouvrage (A.M.O.) de 230 pages, plus un autre rapport de 294 pages qui, lui, est payant. On arrive donc à un total de 600 à 800 pages de documents... simplement pour essayer de comprendre ! »²⁹³. La mission essentielle de l'association H.Q.E., « créer, approfondir, et faire progresser la démarche H.Q.E., en fournissant aux acteurs du bâtiment des référentiels et des méthodes opérationnelles »²⁹⁴ semble donc bien mal engagée à cause même de la lourdeur administrative qu'elle produit. C'est sans doute ce que Perrault appelle « crétinisation de la technique »²⁹⁵. Il faut rappeler que ce sont des ingénieurs qui sont massivement à l'origine de l'association H.Q.E., ce qui joue peut être sur la manière dont elle se présente.

« Technicienne », aussi, selon le C.N.O.A., « car elle entretient l'illusion du tout mesurable et du tout normatif. La promotion en cours de la certification de la démarche H.Q.E., dont l'AFNOR sera le maître d'œuvre, est présentée comme inéluctable et [comme étant] l'une des principales voies du développement de la qualité environnementale. Il ne s'agit pas d'être naïf ; derrière la prétendue ingénuité d'une association revendiquant son statut d'utilité publique se cachent les appétences d'acteurs qui ont compris les enjeux financiers énormes liés au développement du marché de la certification : méthodes, grilles de calcul, formations, etc..

Nous ne sommes pas les seuls, ni les premiers, à nous opposer à cette démarche de certification tous azimuts et à ses dérives technocratiques ; un nombre croissant d'entreprises préfère aujourd'hui développer elles-mêmes leur démarche de progrès. Les ingénieurs-conseils réunis au sein de la Chambre de l'Ingénierie et du Conseil de France (C.I.C.F.) ont eux-mêmes exprimé leurs réserves à tout processus binaire du type bon/mauvais susceptible d'évaluer une qualité environnementale, laquelle ne pourra jamais être « modélisée », n'adhérant pas ainsi au principe de la certification tel qu'il est proposé.

Technicienne encore, car l'association H.Q.E. ignore l'architecture en tant que discipline contribuant au développement durable, assimilant pêle-mêle sous le vocable maître d'œuvre à connotation technique tous ceux qui agissent en tant que simples prestataires de services, y compris donc les architectes, ignorant ainsi l'apport culturel de toute une profession formée dans cette direction »²⁹⁶. En disant cela, Genet rejoint un peu Ricciotti et Dominique Gauzin-Muller qui critique elle aussi la H.Q.E. « N'est-il pas symptomatique que l'association HQE, qui protège ardemment son sigle, présente sur la couverture de sa dernière publication la photo d'un des bâtiments français les plus pertinents au niveau de la démarche environnementale sans citer le nom de l'architecte ? »²⁹⁷. Les maladresses de ce type sont légions et elles sont régulièrement épinglées par la critique. En premier lieu, beaucoup s'interroge sur la réelle indépendance de l'association H.Q.E. et sur la nécessité de protéger la marque. Dominique Gauzin-Muller continue ainsi, « est-il normal que l'association H.Q.E. utilise une marque déposée, bien avant sa création²⁹⁸, par un de ses membres fondateurs, l'A.I.M.C.C. (Association des Industries des Matériaux et Composants de Construction), qui réunit, entre autres, des entreprises produisant du ciment, du P.V.C. et des isolants ? Cet amalgame n'est-il pas susceptible de créer des conflits d'intérêts ? ».

²⁹³ FAURÉ Daniel « Les pratiques françaises : l'association H.Q.E., la H.Q.E. et la démarche H.Q.E. » in *Bâtir éthique et responsable*, éditions du Moniteur, Paris, 2007. Page 92.

²⁹⁴ www.assohqe.org

²⁹⁵ Entretien publié dans le Journal des Arts, n° 253, février 2007.

²⁹⁶ GENET Patrick, « L'Ordre des architectes quitte l'association HQE : Quelques explications », avril 2005.

²⁹⁷ GAUZIN-MULLER Dominique « Main basse sur le développement durable ? » in *D'Architectures* n° 143, janvier-février 2005. Page 46.

²⁹⁸ L'A.I.M.C.C. autorise l'Association H.Q.E., dont elle est membre fondateur, à utiliser gratuitement la marque H.Q.E..

La réponse du président du bureau de l'association H.Q.E., Dominique Bidou est claire, « le ® joue un rôle très important. Il signifie que les trois lettres ont un sens précis. Ce n'est pas une auberge espagnole. Le fait que le terme H.Q.E. se trouve largement approprié par de nombreux acteurs est le signe de son succès, ça n'en fait pas une démarche officielle pour autant. L'association a laissé une grande liberté pour l'usage du mot H.Q.E., loin de tout esprit protectionniste. Aucun procès pour de mauvais usages, juste quelques mises en garde contre des usages manifestement abusifs. Laissons le soin aux architectes de s'emparer de la H.Q.E. comme ils l'entendent afin d'enrichir de cette dimension le processus créatif de la conception architecturale »²⁹⁹. La question suivante de l'architecte Gauzin-Muller met à mal ce joli discours, « est-il judicieux que le président de l'association en faveur de la Haute Qualité Environnementale du cadre bâti signe l'éditorial d'une plaquette intitulée " Sols P.V.C. et H.Q.E. : la bonne entente ", éditée par le Syndicat Français des Enducteurs, Calandriers et Fabricants de revêtement de sols et murs ? »³⁰⁰. L'attaque est relayée par Eric Audoye, architecte et président de l'association Bâtir Sain³⁰¹, « "pas de liste noire" est le mot d'ordre brandi par les industriels du bâtiment pour que les matériaux les plus malsains ne soient pas exclus de la démarche. Les industriels veillent également au grain pour abaisser le plus possible le seuil minimal de la fameuse future certification et pouvoir ainsi communiquer allègrement sur leur nouvel engagement environnemental ! On voit fleurir dans la presse spécialisée, de magnifiques morceaux de langue de bois nous prouvant que le parpaing de ciment ou que la laine de verre " intègrent parfaitement la démarche HQE" ». C'est ce que l'on appelle du « greenwashing ». Et les accusateurs, soutenus par de nombreuses bévues de l'association, sont nombreux à se demander si la H.Q.E. ne serait pas finalement une gigantesque machine à laver plus vert.

Le C.N.O.A. affirme également avoir quitté l'association parce que ces exigences seraient minimalistes. « Minimaliste, car il suffit de satisfaire trois des quatorze cibles pour qu'un ouvrage puisse être identifié comme répondant à la "norme" H.Q.E.. Or, nous savons tous que l'optimum global recherché n'est pas la simple somme des optima partiels, que sa définition ne peut être que le résultat d'un dialogue approfondi entre les différentes parties prenantes concernées étonnamment absentes de la démarche H.Q.E., et donc que l'analyse de la performance sociale, environnementale, économique et culturelle d'un ouvrage ne peut être que globale »³⁰². Cela ne vient pas conforter la réputation de l'association. Genet affirme même que de « nombreux ouvrages revendiquant aujourd'hui la marque H.Q.E., affichent des résultats très peu probants sur leur efficacité environnementale, et ne sont pas par ailleurs des démonstrations significatives de grande qualité architecturale»³⁰³. Gauzin-Muller confirme, « certaines réalisations estampillées H.Q.E. sont d'ailleurs peu convaincantes au niveau du bilan énergétique. La plupart sont aussi décevantes au niveau de l'architecture... et on touche là le cœur du problème : l'architecture est la grande absente de la démarche H.Q.E. ! Cela n'a rien d'étonnant puisque les initiateurs de cette approche étaient essentiellement issus du monde de l'ingénierie et de l'industrie et avaient d'autres priorités »³⁰⁴.

²⁹⁹ Réponse de l'association H.Q.E. à l'article de Dominique Gauzin-Muller disponible sur le site de l'association à l'adresse www.assohqe.org/autres_documents_faq.php.

³⁰⁰ GAUZIN-MULLER Dominique « Main basse sur le développement durable ? » in D'Architectures n° 143, janvier-février 2005, page 46.

³⁰¹ Association pour le développement de l'écoconstruction biologique et écologique, <http://batirsain.free.fr/>.

³⁰² GENET Patrick, « L'Ordre des architectes quitte l'association HQE : Quelques explications », avril 2005.

³⁰³ *ibidem*.

³⁰⁴ GAUZIN-MULLER Dominique « Main basse sur le développement durable ? » in D'Architectures n° 143, janvier-février 2005, page 46.

La boucle est bouclée et l'on revient aux accusations de Ricciotti et de Perrault. Mais encore une fois est-ce bien de la H.Q.E. que vient le problème ? Les accusations concernant la piètre efficacité des bâtiments en matière d'environnementalité est en revanche bien plus préoccupante car la H.Q.E. ne serait plus inefficace mais contreproductive. Selon Fauré d'ailleurs, « la plus value écologique [des cibles H.Q.E.] est parfois faible par rapport aux réglementations en vigueur comme la R.T. 2005 »³⁰⁵. Cela explique l'avis majoritairement partagé par les écoconstructeurs : « beaucoup d'écoconstructeurs clament que le H.Q.E., Haute Qualité Environnementale, c'est "du flanc", de la poudre aux yeux, un blablah complaisant pour faire passer pour écolo un bâtiment portant en fait atteinte à l'environnement, ou juste une manière de rafler un marché »³⁰⁶.

La dernière accusation du C.N.O.A. est très intéressante car elle ouvre une piste de réflexion plus large sur le problème. Pour Genet, la H.Q.E. est castratrice « car elle ne voit d'avenir que dans le développement de la norme. Or, dans ce domaine encore émergent qu'est le développement durable, où les représentations et les approches ne sont pas encore stabilisées, il existe une autre voie de développement de l'architecture durable, celle du progrès collectif volontaire dans lequel chacun prendrait sa part, par le dialogue, l'incitation et la diffusion des connaissances et dans lequel l'innovation, la créativité et les réponses adaptées seraient sollicitées »³⁰⁷.

Cette question des « voies de développement de l'architecture durable » est tout à fait révélatrice. Selon Thomas Jusselme et Étienne Fradin « trois tendances de l'architecture écologique peuvent être considérées comme représentatives. Dans le courant anglo-saxon, incluant la Grande Bretagne, les États-Unis et l'Australie, l'architecture écologique s'est répandue grâce à la notion motrice du *Green Business*. En Scandinavie et dans les pays germaniques (Allemagne, Suisse et Autriche), l'architecture responsable s'est développée grâce à un esprit de citoyenneté et une conscience environnementale développée. Enfin, le cœur du problème se trouve aujourd'hui [...] en Chine »³⁰⁸. En Chine, la structure politique non démocratique a permis d'imposer des réalisations très poussées en matière d'écologie par le haut. La France se trouve au carrefour de ces 3 tendances mais également entre deux autres. « Depuis les années 1970, [...] deux écoles - le Low-Tech et le High-Tech- s'affrontent. Toutes les deux ont favorisé l'émergence progressive d'une conscience écologique et la promotion de techniques constructives respectueuses de l'environnement, parfois à travers des édifices exemplaires »³⁰⁹. En France on construit donc écologique par conviction mais aussi par réalisme financier et la H.Q.E. est une tentative d'introduction par le haut car même si l'adhésion à la H.Q.E. est volontaire, « aucun maître d'ouvrage ne peut la refuser puisqu'il n'est pas possible de répondre non à la question (voulez-vous un projet H.Q.E. ou non H.Q.E. ?) puisque c'est gratuit. [...] nous sommes au bord du nauséabond mauvais goût équivalent au courage nécessaire pour signer une pétition contre le sida en général ou contre la guerre dans le monde en général »³¹⁰. La France se trouve donc dans un moyen disant, donc sans réelle motivation, qui explique le manque réel et dramatique de personnalité propre et donc d'efficacité de son étendard en matière de construction environnementale. Le relatif

³⁰⁵ FAURÉ Daniel « Les pratiques françaises : l'association H.Q.E., la H.Q.E. et la démarche H.Q.E. » in *Bâtir éthique et responsable*, éditions du Moniteur, Paris, 2007. Page 93.

³⁰⁶ Formulation extraite du site internet de l'association Passerelle éco, association, revue, et réseau pour l'écologie pratique et les alternatives écovillageoises, <http://www.passerelleco.info/>.

³⁰⁷ GENET Patrick, « L'Ordre des architectes quitte l'association HQE : Quelques explications », avril 2005.

³⁰⁸³⁰⁸ FRADIN Étienne et JUSSSELME Thomas « Panorama des pratiques d'architectures durables dans les pays étrangers » in *Bâtir éthique et responsable*, éditions du Moniteur, Paris, 2007. Page 73.

³⁰⁹ DESMOULINS Camille « "Tâche Q.E." : interrogations sur les normes et les pratiques » in *Bâtir éthique et responsable*, éditions du Moniteur, Paris, 2007. Page 107.

³¹⁰ RICCIOTTI Rudy, *H.Q.E.*, Transbordeurs, Paris, 2007. Pages 30/31.

anonymat du label Effinergie, incomplet mais plus exigeant et donc plus intéressant, montre bien que l'Etat a bien du mal à enclencher une spirale vertueuse sur ce sujet.

La H.Q.E. est donc très discutée comme on a pu le voir par le biais de ces quelques exemples. Cependant, « son apparition entraîne chez les professionnels français une prise de conscience collective rare »³¹¹. La conclusion nous est offerte par Dominique Gauzin-Muller : « Les 14 cibles de la démarche H.Q.E. ont le mérite d'exister et d'avoir servi de base à l'élaboration de plusieurs réalisations expérimentales, dont l'analyse critique facilitera les prochaines étapes. Elles ne sont pas sans défauts : le mélange de critères objectifs liés à des performances (comme la consommation d'énergie) et de critères subjectifs non quantifiables (comme l'intégration au site). Le principe même de la « démarche » présente une ambiguïté : elle prévoit une obligation de moyens, mais pas une obligation de résultat. »³¹² Quand Perrault affirme qu' « on ne doit pas éluder cette question de la HQE, car elle peut transformer l'architecture contemporaine, la ville et les modes de vie »³¹³, il semble malheureusement qu'il aurait pu avoir raison mais « l'objectif stratégique de l'association : entraîner le plus grand nombre d'acteurs dans une spirale de progrès »³¹⁴ est loin d'être atteint...

³¹¹ Philippe Madec, entretien avec Dominique Gauzin-Muller, D'Architectures N° 133, novembre/décembre 2003. Page 21.

³¹² GAUZIN-MULLER Dominique « Main basse sur le développement durable ? » in D'Architectures n° 143, janvier-février 2005. Page 46.

³¹³ Entretien publié dans le Journal des Arts, n° 253, février 2007.

³¹⁴ Réponse de l'association H.Q.E. à l'article de Dominique Gauzin-Muller disponible sur le site de l'association à l'adresse http://www.assohqe.org/autres_documents_faq.php.

II.) Les exemples construits.

Lorsqu'il s'agit d'étudier les résultats de théories en matière d'architecture, c'est-à-dire d'étudier les bâtiments eux-mêmes, il faut trouver un classement qualificatif et pertinent. Celui-ci peut évoluer en fonction du but à atteindre. Étant donné que nous souhaitons démontrer que les préoccupations environnementales pouvaient présider, certes avec plus ou moins de succès, à la réalisation de la plupart des types de bâtiments, et que tous les domaines de la construction étaient touchés, nous avons choisi de diviser l'architecture en deux groupes. Cette séparation est fondée sur la fonction d'habitation. D'un côté les grands projets, vus ainsi en raison de leurs tailles mais aussi et surtout de leur fonction de représentations à différents niveaux, de l'autre le logement, souvent moins chargé de signification. Le fait que la valeur de représentativité du logement soit moins élevée ne signifie pas qu'il en soit dénué lorsqu'il s'assemble et se regroupe en projet construit et ordonné à l'avance. On parle alors de l'urbanisme qui constituera le dernier volet de cette étude.

Les exemples qui illustreront les propos précédemment tenus ont été choisis en raison de leur exposition. Ce sont des bâtiments souvent primés lors de concours ou qui ont fait l'objet d'articles ou de textes dans de nombreuses publications. Certains cependant sont plus confidentiels mais ils nous ont semblé très pertinents et aptes à illustrer tel ou tel aspect que nous souhaitons souligner. Même s'il a été difficile de réunir une documentation suffisante, il paraissait important de les évoquer. Ces choix ne sont donc pas issus d'une volonté de faire connaître les projets les plus performants selon un classement qui nous semblerait de toute façon assez inopportun en raison, d'abord, des différences de programme de chacune de ces réalisations.

II.I.) Les grands projets³¹⁵.

Les projets dont il sera question ici sont de diverses natures. Ils n'ont pour point commun que le fait de ne pas abriter de logements et d'avoir une haute valeur de représentativité c'est-à-dire qu'ils portent, par leur dessin, la volonté d'un commanditaire de faire exister ce qu'il représente à l'échelle de la ville, du pays, voire du monde. Ils sont, selon nous, de deux natures. Les premiers sont issus de la commande publique qu'il faut évidemment envisager lorsque l'on parle d'architecture. Les autres sont de nature privée. La distinction ne se fait pas en termes de taille mais en termes de fonction. L'Etat fait construire des écoles ou des bâtiments administratifs tandis que l'entreprise fait construire des locaux répondant à son activité (usine³¹⁶ ou bâtiment tertiaire) ou des bureaux. Lorsque les premiers se doivent de représenter l'Etat, les seconds doivent être économiquement performants en raison même de leur destination et ont souvent un aspect de recherche de prestige encore plus affirmé que pour les premiers.

³¹⁵ Sauf mention contraire, l'étude qui va suivre s'appuie presque exclusivement sur des documents ou des informations émanant des cabinets d'architecte ou des constructeurs des bâtiments concernés. Ces documents sont des plans, des dossiers de presse ou des dossiers de présentation aux concours.

³¹⁶ Malgré nos recherches nous n'avons pas réussi à trouver en France d'usine méritant d'être intégrée dans cette étude. Il en existe pourtant, par exemple en Allemagne.

II.I.I.) La commande publique.

- Le Collège Guy Dolmaire à Mirecourt (III.66).

En août 1999, le conseil général des Vosges lance un concours d'architecture pour la réalisation du nouveau collège de Mirecourt. Le programme est le même que pour toutes les constructions de ce type (espaces pédagogiques, administratifs et techniques, demi-pension, centre de documentation, logements de fonction, etc.) mais il impose que le collège soit construit et chauffé au bois. L'ensemble doit également s'inscrire dans une démarche H.Q.E. Cette particularité s'explique aisément car les Vosges, dont 47% du territoire est couvert par la forêt, est le troisième département forestier de France par la surface et le deuxième par le volume de bois produit. D'autre part, le département possède sur son territoire l'ensemble des activités liées au bois, que ce soit au niveau de la recherche, de la formation, de l'industrie ou même de l'art avec la lutherie, très présente à Mirecourt.

En 1996, avec la mise en place d'un plan de relance, le département des Vosges est l'une des premières collectivités territoriales à avoir mis en avant la spécificité de la filière bois en définissant un concept novateur de « vitrine bois » et en décidant de promouvoir ce matériau tant au profit de la construction qu'au niveau de l'énergie. Le département, convaincu de l'importance du bois énergie pour la gestion des forêts et le développement de nouveaux débouchés, met tout en œuvre pour favoriser la création de chaufferies collectives et la structuration de la filière. Mais le secteur de la construction est la priorité de la démarche de valorisation du bois car bien que la construction représente une consommation égale à 58% du bois produit en France (soit 13 millions de m³/an), sa mise en œuvre ne représente que 10% de la valeur de tous les matériaux utilisés dans la construction. En Allemagne, cette valeur représente 15%, et jusqu'à 35% en Scandinavie, au Canada et aux USA. Le potentiel économique est donc très important pour les Vosges.

Ce plan de relance passe en 1999, date du lancement du concours pour le collège, par la création de la charte bois. Cette charte promeut une utilisation exemplaire du bois dans la construction et définit les critères d'éligibilité des projets présentés au conseil général. Le comité qui pilote cette charte a élaboré une notice technique précisant les proportions minimum de bois à mettre en œuvre et la nécessité d'une ossature bois pour les constructions neuves. Ainsi, lors de la présentation d'un projet, le choix des essences et les techniques utilisées sont à préciser. Les critères environnementaux entrent également dans la sélection des projets par le biais de la réalisation d'une notice d'intégration dans le site et la prise en compte de la démarche H.Q.E. avec la gestion de l'énergie comme cibles prioritaires (optimisation des charges et utilisation d'énergie renouvelable).

C'est dans ce contexte très particulier que Architecture Studio et Olivier Paré gagnent le concours et terminent en 2004 le plus grand chantier de bois français du début du XXI^{ème} siècle avec au total plus de 3360 m³ de bois utilisés, tant pour réaliser la structure que pour le second œuvre.

L'utilisation du bois allié à une profonde réflexion globale sur la conception et le fonctionnement du collège font de ce bâtiment un exemple parmi les plus importants et les plus performants qui soit dû à la commande publique. Les jurys des différents concours auxquels il a été présenté ne se sont d'ailleurs pas trompés puisque le bâtiment a reçu le prix Observ'ER bâtiment tertiaire en 2006 lors du concours Habitat Solaire Habitat d'Aujourd'hui

2005-2006, les lauriers de la Construction Bois 2006 mention Bâtiment collectif et une mention spéciale du Ruban Vert de la qualité environnementale 2007 pour la démarche globale et la valorisation de la filière bois.

Le premier des points ayant donné matière à réflexion aux architectes est l'insertion du bâtiment dans son environnement (**III.67 et 68**). Selon eux, il « possède une image unitaire forte [...] et s'inscrit dans le paysage naturel et urbain de Mirecourt avec une monumentalité douce. Le bâtiment s'établit sur un terrain en pente douce vers le Madon, situé rue du Neuf Moulin, aux confins de la ville et de la nature. La silhouette très calme du bâtiment traduit la volonté de ne pas perturber son environnement. Côté ville, le terrain est en contact avec un tissu urbain pavillonnaire peu dense ; côté campagne, le terrain se prolonge par une prairie descendant vers [...] la rivière] et vers le centre-ville, d'où on aperçoit le collège. Il émerge de la végétation environnante avec discrétion, se fondant par les couleurs de ses matériaux avec le décor végétal. [Le collège] joue, dans le paysage, un rôle de transition entre ville et nature. L'émergence des arbres en façade Est, dont l'alignement prend naissance à l'intérieur même de la construction, renforce encore cette perception. »³¹⁷

Cette implantation entre ville et campagne est une des caractéristiques principales des groupes scolaires en zone rurale. Bien souvent, cette implantation hors des limites de la cité due à la difficulté d'insérer un bâtiment d'une telle emprise (ici 27 770 m² de terrain pour un bâtiment d'une surface hors œuvre nette de 10 487m²) dans le tissu urbain est vécue comme une mise à l'écart et est compensée par une monumentalité brutale, souvent froide, qui provoque une transition violente entre nature et ville. Ici, bien que le geste architectural demeure un signal fort, le bâtiment, par sa forme mais aussi par le mélange des matériaux qui le composent (bois et zinc etc.), assume et s'installe dans cette zone de transition. Il ménage un passage souple de l'une à l'autre.

Le passage de l'extérieur à l'intérieur est également soigné (**III.69**) ; l'entrée du collège, un cocon de bois (quitter le cocon familial pour entrer dans celui que devrait être l'école), s'effectue par le parvis sous le débord de la toiture supportée par une structure en chêne. Ce cocon, qui joue accessoirement le rôle de sas empêchant les courants d'air d'envahir le hall, débouche sous les frondaisons de la structure en bois du bâtiment, et file la métaphore de la dualité entre nature et construction. Dehors, la nature, dedans le travail de l'homme mais devant l'entrée, le parking (bien que les emplacements voiture aient été limités pour faire place à des garages à vélo et à des espaces réservés aux bus) et dedans la forêt (**III.70**). Le parallèle n'est pas si farfelu que cela lorsque l'on examine le dessin de la structure qui repose sur les poteaux (**III.71**) selon le principe que Zipper et Bekas³¹⁸ ont appelé « embranchement ». L'organisation intérieure est très étudiée également afin de réduire les nuisances au maximum. Selon les architectes, « le projet s'organise comme un "village pédagogique" ; l'organisation globale du collège est basée sur l'implantation des activités types dans différents îlots (administration, salle de musique, bibliothèque, salles de cours...) qui ponctuent l'espace (**III.72 à 74**) et permettent d'atteindre des objectifs de réduction des nuisances sonores dans la séparation des activités et de confort visuel par le choix de couleurs vives. Ces îlots deviennent autant d'endroits de convivialité avec leur hiérarchie et leur atmosphère propre. Les utilisateurs identifient instinctivement l'îlot et l'activité correspondante »³¹⁹.

La convivialité est également renforcée par un ratio d'espaces verts de 36% et le fait que le bois soit largement présent partout dans le collège. Mais en dehors de la chaleur qu'il apporte,

³¹⁷ Dossier de presse sur le collège de Mirecourt publié par Architecture Studio en Septembre 2004. Page 5.

³¹⁸ Voir Chapitre I.I.I.

³¹⁹ Dossier de presse sur le collège de Mirecourt publié par Architecture Studio en Septembre 2004. Page 5.

le bois a l'avantage d'être un matériau écologique et naturel lorsqu'il est prélevé non loin de sa zone de mise en œuvre, et correctement traité comme cela a été le cas ici.

« La réalisation de la structure porteuse et de la charpente en bois massif contribue à une réduction globale des émissions de gaz à effet de serre et de la consommation d'énergie. Trois essences de bois ont été utilisées dans la structure gros œuvre et la vêtture du collège, de l'épicéa pour la structure porteuse intérieure, du douglas pour la structure porteuse extérieure et du mélèze pour le bardage. Le bois est issu de forêts gérées durablement, d'origine européenne. Le choix des essences et les dispositifs de protection architecturale ont permis de ne pas traiter chimiquement le bois de structure.

[...] L'utilisation d'éléments préfabriqués en atelier et assemblés sur place, préférés aux structures traditionnelles en béton armé, contribue largement à limiter le rejet d'effluents, à réduire les nuisances sonores ainsi que l'usage d'eau sur le chantier »³²⁰. D'autre part, la durée de vie du bâtiment a été prise en compte à la construction, et le nombre de composants a été limité pour faciliter la maintenance.

De nombreux éléments de second œuvre sont également en bois. C'est le cas des planchers constitués de panneaux OSB au traitement acoustique privilégié, des façades à ossature bois, du bardage, des menuiseries et des portes, mais également des parements des boîtes d'activités.

La chaudière bois est associée à une chaudière gaz à faible émissivité en monoxyde de carbone. C'est ce que l'on appelle un système à cogénération **(III.53)**. Son efficacité est renforcée par un système d'isolation à double enveloppe et par les apports solaires passifs (par la verrière sud entre autres) qui permet une diminution de l'ordre de 50% de la consommation d'énergie en chauffage. De plus des espaces tampons ont été prévus. Ces espaces, ici dédiés à la circulation, permettent d'amortir considérablement la différence de température entre intérieur et extérieur. En période chaude, la verrière sud qui réchauffait le bâtiment en hiver serait devenue un inconvénient majeur si le débord de toiture n'avait été calculé pour laisser passer les rayons du bas soleil hivernal tout en stoppant ceux de l'écrasant soleil d'été **(III.75)**. En outre, les 2000 ventelles mobiles des façades **(III.76)** assurent une agréable ventilation naturelle de l'ensemble du collège tout en rafraîchissant l'espace et les espaces tampons jouent aussi leur rôle l'été. L'ensemble bénéficie également de la forte inertie thermique des noyaux bétonnés répartis dans la construction et fait ainsi l'économie d'un système de climatisation. Sans climatisation, les simulations dynamiques avaient déjà fait apparaître lors de la conception que, grâce aux solutions mises en place, la température résultante maximale en juin ne dépasserait pas 29°C.

Cette ventilation naturelle du bâtiment ainsi que le profit opportun des apports solaires passifs n'ont été rendus possibles que par une minutieuse étude météorologique du lieu de la construction dont a découlé la conception de l'ensemble. Cette étude climatique locale n'est pas encore la règle et c'est regrettable car elle permet ensuite une utilisation optimale des qualités du site ou au contraire la prévention de phénomènes locaux gênants (bruits dus au vent, à la pluie...).

Tous ces éléments ainsi qu'une étude sur la diffusion du chauffage pour favoriser l'homogénéité de la température intérieure améliorent de façon importante le confort hygrothermique intérieur.

Cependant, le confort acoustique, très important dans un établissement scolaire et le confort visuel ont également fait l'objet d'une attention approfondie.

« L'organisation globale du collège est basée sur l'implantation des activités types dans différents îlots recevant une isolation sèche suffisante et des menuiseries double vitrage sur l'extérieur,

³²⁰ Dossier de presse sur le collège de Mirecourt publié par Architecture Studio en Septembre 2004. Page 6.

- les bruits de chocs sont traités avec attention par des revêtements de sol adaptés (linoleum³²¹), en particulier les planchers des classes et les circulations à l'étage, le tout posé sur des chapes flottantes,
 - des panneaux absorbants sont localisés sur la deuxième moitié des plafonds et sur la paroi de fond de salle,
 - toutes les précautions sont prises pour que les bruits des équipements techniques respectent les exigences des règlements en vigueur, tant dans les locaux qu'à l'extérieur.³²²»
- De plus, la verrière sud est montée sur un dispositif qui lui évite de résonner comme un tambour lorsqu'elle est frappée par une averse violente.

Coté confort visuel, « la lumière naturelle se propage dans tout le bâtiment grâce aux trames de verrière polycarbonate en toiture et au renforcement sur la façade est. L'éclairage naturel est complété par des installations d'éclairages artificiels comportant des sources lumineuses peu consommatrices d'énergie. Des simulations ont été effectuées avec le logiciel de LESO (Laboratoire d'énergie solaire et physique du bâtiment) développé par l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, afin de garantir un confort visuel optimal.

- tous les types de locaux bénéficient d'un apport en lumière naturelle,
- l'éclairage artificiel a été minutieusement décliné et des couleurs dynamiques et distinctes favorisent la reconnaissance des différents îlots dans l'espace intérieur,
- l'accès à des vues sur des paysages naturels est prépondérant dans les espaces de repos ; dans les salles de classe, le paysage est dégagé et la surface des façades des classes se plisse parfois pour éviter les vues intempestives nuisibles aux activités pédagogiques »³²³.

Le fait que l'on retrouve toutes ces informations dans le dossier de presse de l'agence qui a conçu le bâtiment montre à quel point elle a pris conscience de l'importance de ses problèmes pour le bien-être des élèves du collège. Les architectes ont même demandé à ce qu'une ligne haute tension passant à proximité soit enterrée, pollution visuelle oblige mais également prise en compte des perturbations électromagnétiques induites par ce type d'équipement.

Dans le collège le confort, ainsi que la gestion des consommations, est optimisé grâce au système de Gestion Technique Centralisée (G.T.C.) qui programme l'éclairage des bâtiments selon l'occupation des locaux. L'éclairage extérieur est déclenché en fonction de trois paramètres : luminosité extérieure, détection de mouvement, ouverture du collège.

L'éclairage des circulations situées au Sud est commandé par des cellules photoélectriques et les salles de cours sont équipées de trois allumages différenciés (tableau, côté fenêtre, côté couloir) afin de conserver un confort d'éclairage et d'optimiser la consommation d'énergie.

La GTC permet également de piloter automatiquement le fonctionnement des deux chaudières couplées, la chaudière bois principale accompagnée d'une chaudière à gaz naturel permettant l'apport d'énergie complémentaire nécessaire à l'affinement des consommations. Les besoins en chauffage diffèrent selon les saisons et les différents moments d'une journée, et nécessitent donc certains ajustements. La prise en compte de ces apports sur les émetteurs terminaux de la GTC permet ainsi un fonctionnement adapté du système de chauffage, déclenchant la chaudière gaz pour pallier les montées ou descentes de régime de la chaudière bois. Des éléments thermostatiques sont également disposés afin de faire varier le débit d'eau dans le corps de chauffe du dallage du hall, la consommation d'énergie primaire totale est ainsi réduite. Enfin ce système, qui est un perfectionnement des systèmes domotiques déjà implantés dans certaines maisons, permet de surveiller toutes les consommations du bâtiment et par conséquent d'intervenir au plus vite, sur une fuite d'eau par exemple.

³²¹ Véritable linoleum, mélange de caoutchouc naturel et de liège qui outre ses qualités d'absorbant acoustique ne rejette pas de C.O.V.

³²² Dossier de presse sur le collège de Mirecourt publié par Architecture Studio en Septembre 2004. Page 8.

³²³ *ibidem*.

Ce collège est donc un exemple parfait d'architecture environnementale, parce que maîtres d'œuvre et maîtres d'ouvrage ont travaillé ensemble avec de nombreux experts pour répondre aux impératifs écologiques du XXI^{ème} siècle mais aussi parce qu'ils se sont penchés sur le bien-être des occupants. L'exigence de haute qualité environnementale a été parfaitement respectée puisque les quatorze cibles de la démarche H.Q.E. sont traitées, cinq de manière « très performante » et six de manière « performante » (**Doc.14**).

Ce chantier bois est donc une réussite. Pourtant, Laurent-Marc Fisher de l'agence Architecture Studio l'avoue sans détour : « nous ne sommes pas spécialistes du bois, c'est d'ailleurs le plus grand bâtiment que l'on ait fait en utilisant ce matériau » et « le choix de l'essence a une incidence sur l'architecture, la géométrie et le dessin du bâtiment ». L'approche bioclimatique apporte également son lot de contrainte, la nécessité d'une casquette dimensionnée pour protéger la verrière du soleil d'été par exemple, mais ces contraintes ne sont en aucun cas un frein à la créativité de l'architecte et si elles imposent des impératifs architectoniques, elles ne dictent jamais une forme architecturale stricte. Ici le traitement très graphique de la casquette qui donne une grande cohérence à l'ensemble le montre bien. L'architecte peut donc s'exprimer y compris dans les cadres d'un projet à forte valeur environnementale.

Si les compétences techniques ou le pseudo manque d'intérêt architectural d'un tel programme ne sont pas un frein, pourquoi les architectes ne proposent-ils pas plus de projets de cette nature ?

Les difficultés rencontrées sur le chantier peuvent être une réponse. Ici, par exemple, les entreprises n'étaient pas habituées à la mise en œuvre du tri sélectif sur le chantier. Etant donné les complications rencontrées, il fut finalement réalisé en déchetterie. De plus, des difficultés sont également apparues lors de la passation de marchés publics et dans la définition des critères de qualité environnementale proposés aux entreprises pour le choix des matériaux. Enfin, durant l'étude, la confrontation de solutions environnementales innovantes avec la réglementation en vigueur a également posé problème.

Le coût d'un tel projet pèse également dans la balance. Les options prises à Mirecourt ont certes représenté un surcoût, mais à l'usage, un tel bâtiment représente par exemple une économie de cinquante-cinq mille litres de fioul par rapport à un bâtiment comparable construit selon les techniques habituelles, sans compter le confort supplémentaire et la plus grande sensibilisation des élèves aux problèmes environnementaux.

Enfin, le soutien déterminé du conseil général n'a pas été de trop pour mener à bien un projet qui a rencontré moult résistances, tant des entreprises et des ingénieurs que, plus étonnant, des parents d'élèves. Il a fallu d'ailleurs la visite des pompiers en grande tenue pour que les parents soient convaincus que leurs enfants ne risquaient pas de brûler dans ce collège.

On le voit les obstacles sont encore nombreux mais un tel chantier contribue largement à les rendre moins infranchissables. L'exemple donné est d'abord très important par son retentissement médiatique, il montre que c'est possible et fait tomber les barrières et les oppositions. Cette construction aurait été encore plus complexe si une première construction, celle du collège de Varcès en Isère entièrement conçu en bois par l'agence Roda-Klimine-Kopff mis au concours en 1998 et terminé en 2002, n'avait pas déjà défriché le terrain.

La formation des entreprises et des architectes qui travaillent sur un tel projet est également un aspect important. Quant au très grand retentissement local, par le biais des enfants scolarisés, des parents d'élèves ou du personnel, il favorise l'émergence de futurs projets ou du moins crée un terrain favorable au discours environnemental, même à plus petite échelle, sur le tri des déchets ménagers par exemple.

Le rôle des pouvoirs publics à travers un tel programme est donc très important et dépasse de loin la construction d'un simple espace scolaire.

- Le pôle administratif des Mureaux (III.77 à 81).

Au début des années 2000, le C.S.T.B.³²⁴ et l'A.D.E.M.E. lance un appel à projet pour l'expérimentation du référentiel environnemental de certification pour les bâtiments tertiaires. Au même moment la mairie des Mureaux, dans les Yvelines, décide du regroupement des services municipaux de la ville dans un nouveau bâtiment. Ce sont les architectes Jean-Luc Hesters et Marie-Sylvie Barlatier entourés d'une solide équipe d'experts techniques qui réaliseront ce bâtiment venant s'ajouter à un premier, déjà présent au cœur de la ville. Ils remportent le concours du C.S.T.B. et le pôle administratif recevra lors de sa livraison en mars 2005, la première certification H.Q.E. pour un bâtiment tertiaire. Lors de la mise en place de ce projet, la ville a cependant mis en œuvre une politique foncière dépassant la simple réalisation d'un pôle administratif unique et fonctionnel. Au-delà des économies attendues par le regroupement des services, l'équipe municipale en a profité pour définir les grandes orientations de sa politique de rénovation des quartiers. Les impératifs d'intégration du site s'inscrivent ainsi dans une démarche de requalification et de valorisation des espaces publics et des bâtiments du centre (ancienne mairie, église, place de la Libération et le parc de Vauzelle attenant) (III.78). Le programme initial de la municipalité insistait donc sur la qualité des services proposés aux Muriatins, le confort des usagers, le respect architectural du centre-ville et les économies de charges. Mais parallèlement les services techniques et l'équipe municipale ont estimé que l'approche H.Q.E. répondait à leurs attentes, par ses cibles écoconception, gestion, confort et santé, mais aussi par le système de management d'opération proposé par l'association. Le référentiel de la certification N.F. « bâtiment tertiaire démarche H.Q.E. » propose en effet une méthode d'organisation pour la maîtrise d'ouvrage, le Système de Management d'Opération (S.M.O.). Il s'agit d'un manuel de management environnemental, intégrant un tableau de bord permettant le suivi de la démarche. Il garantit un processus de conception environnementale intégrée en reprenant les principes d'une démarche qualité de type ISO mais en y intégrant les préoccupations environnementales et en s'adaptant aux constructions. Cet outil a notamment permis à la ville de faire respecter délais et budgets initiaux.

Dans ce contexte, l'intérêt de ce bâtiment pour cette étude ne réside pas réellement dans le geste architectural mais dans l'approche globale de la démarche de la maîtrise d'ouvrage décrite ci-dessus et dans les solutions mises en place par les architectes pour répondre au mieux à certaines cibles du label H.Q.E.. Le parti architectural est d'ailleurs décrit dans une note succincte. « Le nouveau pôle administratif de la ville des Mureaux se caractérise par un bâtiment de un et deux étages sur rez-de-chaussée implanté suivant un axe perpendiculaire à l'axe de symétrie de la place de la Libération et qui se développe sur toute la longueur du terrain d'emprise.

De part et d'autre de cet axe sont réparties les trois entités majeures qui composent l'Hôtel de Ville. Elles sont chacune en relation avec un type d'espace public extérieur qui leur est propre : la place, le parc, la rue. Leur identification est clairement perceptible grâce à leur expression architecturale.

³²⁴ Centre scientifique et technique du bâtiment.

La première entité, le pôle DELIBERATIF, est représenté par le bâtiment en pierre existant qui conserve son sens par rapport à l'axe de la place en abritant à l'étage la grande salle du conseil et des mariages.

La deuxième entité accueille l'EXECUTIF. Elle s'organise juste à proximité de la première en offrant sur le parc Vauzelle une façade résolument contemporaine. Revêtue de panneaux de métal laqué et de persiennes coulissantes, elle repose sur des pilotis visibles derrière les grands vitrages du rez-de-chaussée.

Enfin, la troisième entité reçoit le pôle ADMINISTRATIF. Son architecture faite d'éléments répétitifs traduit la rationalité de l'équipement au service des administrés tout en prenant en considération les immeubles de logements voisins par le rappel de quelques signes plus domestiques comme les persiennes. Les légères inflexions de sa façade sur la rue Henri Faine participent à intégrer l'inclinaison de la Mairie existante.

Dans la perspective du parc Jean Vauzelle est installée l'entrée principale de l'Hôtel de Ville. Elle s'ouvre sur un vaste espace intérieur autour duquel s'organisent les locaux qui reçoivent du public et les principales circulations verticales dont l'ascenseur et l'escalier d'honneur. »

Le résultat n'est pas d'une originalité saisissante mais les impératifs de la municipalité, notamment en terme d'intégration du bâtiment dans le tissu urbain préexistant ont été respectés. La volonté de suivre la démarche H.Q.E. a également été attentivement suivie. Dans le programme d'ajustement de la maîtrise d'ouvrage, le profil environnemental avait défini les cibles prioritaires et les critères de performance. Des minima avaient été imposés dans le cadre de la réglementation thermique RT 2000. Il s'agissait d'aboutir à une consommation d'énergie C et à une température intérieure T_{ic} en été, inférieure à celle d'un bâtiment de référence. Idem pour les déperditions de l'enveloppe caractérisées par le coefficient $U_{bât}$ (coefficient U appliqué à la totalité du bâtiment). Ces objectifs ont été respectés puisque le pôle présente un $U_{bât}$ de 0,752 pour un $U_{bâtref}$ de 0,839, un coefficient de consommation C réduit à 0,92 % du C_{ref} et $T_{ic} < T_{icref}$ ³²⁵. Les émissions de CO₂ sont inférieures à 20 kg CO₂/m² par an avec 15,33 kg et les bureaux ont tous accès à la lumière. Quatre vingt pour cent des locaux ont ainsi un facteur de lumière du jour de plus de 2 %. Les préceptes HQE ont été particulièrement bien suivis dans 3 domaines, la gestion du chantier, de l'eau et de l'énergie. Cela nous permet d'étudier de plus près ces trois points très importants dans toute construction.

En ce qui concerne le chantier, la ville des Mureaux a établi une méthode d'organisation pour assurer le suivi de la construction du pôle. Un projet global de gestion a permis d'identifier les points d'optimisation pour qu'à chaque étape des outils et des moyens soient mis en place et l'ensemble des décisions et actions sur le chantier a été coordonné par un moniteur H.Q.E.. Dès la programmation, il a été décidé de conserver la partie ancienne de la mairie et une charte de chantier à faibles nuisances a été intégrée. La planification des tâches a favorisé le suivi et la mise en œuvre des mesures de réduction des impacts du projet y compris lors du déménagement transitoire des bureaux.

Le personnel de la mairie et les riverains ont été associés et informés par le biais d'une lettre d'information, d'un numéro vert et une boîte mail a été mise à leur disposition. Sur le chantier, une permanence mensuelle a été effectuée.

A la déconstruction, pour limiter les nuisances du chantier et optimiser le tri, il a été procédé à l'identification et à la quantification des déchets (III.82). Les déchets industriels spéciaux, amiante et plomb, ont été déposés manuellement. Chaque type de déchet a eu son bordereau de suivi, sorte de fiche d'identité avec provenance et destination. La traçabilité a été assurée, pour chaque benne, par des bons de décharge ou des bons de pesée.

³²⁵ La température intérieure variant sans cesse, aucun chiffre ne peut être donné, il s'agit simplement de constater qu'elle est toujours inférieure à conditions égales à celles du bâtiment de référence.

La manière de déconstruire et le matériel ont été choisis pour réduire le bruit, les poussières et optimiser les gestes. A la conception, les déchets ont été réduits à la source par le calepinage des matériaux, notamment des revêtements carrelés.

Le tri sélectif a été organisé sur le chantier en fonction des filières de valorisation et de récupération, le bois, les métaux, les bétons, les briques et pierres, le plâtre, etc.. Les pierres et les ardoises provenant de la déconstruction ont été réutilisées sur le nouveau bâtiment **(III.83)**. On se souvient que le tri sélectif avait été un problème sur le chantier du collège de Mirecourt mais ici le bilan est très bon puisque sur un poids total de 911 tonnes de déchets, la masse valorisée est de 763 tonnes soit 83 % de l'ensemble.

La limitation des nuisances du chantier est également un aspect important de la démarche. Des moyens matériels ont été mis en place pour limiter les nuisances acoustiques : liaison radio avec le grutier, utilisation de banches mises en place sans marteau, prévision du maximum des réservations en amont pour réduire les percements après coulage (notamment pour le passage des réseaux et des gaines techniques), localisation du compresseur dans le bâtiment pour minimiser le bruit en émanant, utilisation d'engins et équipements électriques télécommandés, etc.. Des mesures acoustiques ont été réalisées pour vérifier le niveau sonore du chantier.

En ce qui concerne les nuisances visuelles, on a édifié une clôture masquante de 2 mètres dans laquelle une fenêtre grillagée a été réservée pour que les habitants suivent l'avancée des travaux. Le nettoyage du chantier a été effectué régulièrement et la propreté des voiries a été assurée en phase de gros œuvre avec une aire réservée au lavage des roues des camions.

Enfin les nuisances des déplacements ont été diminuées grâce à la réalisation d'un plan de circulation pour les entreprises ainsi qu'à une aire de déchargement hors circulation.

Les nuisances de type poussières, boues, laitances de béton ont également été réduites. Pour empêcher les poussières, les gravats manipulés ont été arrosés et les bennes bâchées en cas de besoin. Un système de décantation des eaux de lavage et des bennes à béton a été mis en place.

Un autre aspect du chantier nécessite une attention particulière, il s'agit de la limitation des consommations. Des mesures ont été prises pour restreindre les consommations d'électricité et d'eau et celles-ci ont été suivies par des relevés mensuels. Concernant l'électricité, des éco-gestes ont été préconisés comme par exemple l'extinction de tout chauffage ou matériel hors des périodes d'utilisation effective. Les comportements pour la réduction des consommations ont été favorisés par la sensibilisation des ouvriers du chantier. Le coordonnateur a mené une campagne d'affichage sur le chantier rappelant les gestes à suivre, par exemple « Éteignez les moteurs des camions pendant les livraisons » etc..

La sensibilisation est donc un aspect important dans ce genre de programme et ces notions seront reprises par les ouvriers lors de leurs prochains chantiers. Tous les compagnons ont ainsi reçu une formation sur la H.Q.E., sur le tri des déchets et sur les gestes verts, notamment pour éviter le gaspillage des matériaux. A travers ce dernier thème on comprend très bien le double intérêt que cela représente pour les entreprises intervenant sur le chantier.

Le deuxième point traité par cette opération, à savoir la gestion de l'eau, part d'un constat : l'accroissement des surfaces imperméabilisées conduit à un déficit des nappes phréatiques et l'évacuation rapide dans les canalisations ne donne pas à l'eau le temps de s'évaporer et de tempérer la chaleur ambiante. Le projet compense donc les surfaces imperméabilisées par des terrasses végétalisées **(III.84)** qui participent à la régulation du cycle de l'eau et par des puits filtrants **(III.85)**. De plus, les eaux pluviales sont récupérées pour l'alimentation des sanitaires sur les autres toitures. Le coefficient d'imperméabilisation est ainsi inférieur à 20 %.

Les toitures végétalisées accumulent l'eau, une partie est absorbée par les plantes et évaporée, une autre est évacuée dans le réseau en différé favorisant des débits moindres³²⁶. Deux cent-quatre-vingt-quatorze mètres carrés de toiture ont donc été végétalisés avec un tapis de plantes grasses rampantes, sédums, vivaces, ou graminées (III.62). La structure, peu épaisse, posée sur le système d'étanchéité, est composée d'un complexe drainant, de matières organiques et de roches volcaniques. Les plantes choisies, de milieux secs et pauvres, sont peu exigeantes en terre, en eau, en éléments nutritifs et en soins. Le résultat attendu est une rétention de 65 l/m² soit 19 m³.

Si la végétalisation des toitures est un principe connu, la mise en place de puits filtrants constitue en revanche une originalité. C'est à notre connaissance la première fois, hors du cadre de la maison d'habitation particulière.

Le puits stocke puis évacue l'eau pluviale dans le sol par infiltration. Ce stockage vertical est intéressant en milieu dense par sa faible emprise au sol. Deux puits filtrants améliorent la capacité d'infiltration des eaux de pluie sur la parcelle, avec une capacité de 2 x 30 m³.

Outre le système des puits filtrants, l'eau de pluie est également récupérée. L'eau collectée par les gouttières est séparée de ses impuretés, filtrée et stockée dans une cuve protégée de la lumière et des variations climatiques placée au sous-sol. Dans la cuve, un flotteur évite l'aspiration des impuretés du fond et une trappe de visite permet le nettoyage. Le trop plein va à l'égout. Quand la cuve est vide, le système permet d'utiliser le réseau d'eau potable sans risquer aucun contact avec l'eau de pluie grâce à un matériel spécifique. Le résultat attendu d'après les estimations est une couverture de 50 % des besoins à savoir 600 m³ d'eau économisés par an.

La généralisation de ce type de dispositifs de récupération de l'eau de pluie, solution de bon sens, est freinée par la législation. La réglementation exige la démonstration de l'absence de communication entre le réseau d'eau potable et le second réseau pour éviter tout risque de retour d'eau dans le premier et notamment dans le réseau public. Signalons que tout branchement sur le réseau est pourtant systématiquement effectué par l'intermédiaire d'un clapet antiretour évitant justement ces problèmes de pollution du réseau.

Les services sanitaires s'inquiètent également de la qualité des eaux de pluie. Il pourrait exister des risques pour les personnes en l'absence de mesures de précaution et d'entretien des équipements. Le conseil supérieur d'hygiène publique de France mène cependant actuellement des études sur l'utilisation possible des eaux de pluie selon les usages et sur les précautions nécessaires à la mise en œuvre de ce type d'installation. En tout état de cause, les opérations de récupération des eaux pluviales sont soumises à une autorisation auprès de la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS) et aboutissent souvent à un avis défavorable pour les usages intérieurs au bâtiment. Les administrations locales assument alors les risques. Pour le cas de la mairie des Mureaux, l'installation répond aux remarques de la DDASS grâce à un réseau distinct pour les toilettes, identifié par un marquage et à la disjonction totale entre eau de pluie et eau potable par un dispositif d'électrovannes et de ballons-tampons. Le relevé de la quantité d'eau de pluie rejetée dans les égouts est également effectué en vue de l'acquittement de la taxe d'assainissement.

Enfin, les consommations sont suivies par un système de gestion centralisé du même type que celui mis en place à Mirecourt et les équipements ont été choisis pour réduire la consommation d'eau potable (limiteurs de débits, robinetteries temporisées, douchettes type Venturi³²⁷, etc.). L'arrosage des patios, quant à lui, est raccordé au système de la ville et est piloté par station météo.

³²⁶ On se souvient que ce point était déjà l'une des préoccupations des auteurs étudiés dans la première partie de cette étude.

³²⁷ Le système Venturi, déjà évoqué par Chareyre consiste à ajouter une grande quantité d'air à l'eau. On obtient ainsi une sensation de débit égal mais avec une consommation réduite.

Venons-en enfin à la question de l'énergie. Sa gestion a un impact majeur pour un bâtiment tertiaire, notamment en termes de coût. Pour la mairie des Mureaux, l'objectif de performance se situe à 90 kWh/m²/an, tous usages confondus, soit un coefficient C réduit de 15% par rapport à la valeur de référence de la RT 2000. Cette performance a été possible grâce à l'utilisation en phase d'avant-projet d'un logiciel de calculs et de simulations thermiques. Le logiciel CA-SIS a ainsi permis de comparer des solutions techniques énergétiques et de définir les matériaux et leurs caractéristiques.

Pour limiter les consommations, il faut d'abord limiter les fuites. La limitation des déperditions par les parois a donc fait l'objet d'un traitement particulier. Les ponts thermiques, qui engendrent une réduction de température et des risques de condensation et de moisissures à des points singuliers, ont été réduits à la jonction entre dalle de plancher et façade grâce à des rupteurs de pont thermique (**III.86**). Ce système novateur assure la continuité de l'isolation supprimant jusqu'à 85 % des déperditions linéiques.

L'isolation a été traitée avec soin, notamment au niveau des ouvertures, par l'utilisation de vitrages haute performance qui permettent la diminution des surchauffes en été en diminuant l'entrée des rayonnements solaires directs, et assurent en hiver une économie d'énergie par une bonne isolation thermique. Le coefficient U de ce vitrage est de 1,4 kW/m² (contre 2,9 pour un double-vitrage traditionnel).

Les concepteurs ont également eu largement recours aux énergies renouvelables. La ventilation du bâtiment est obtenue par un système à extraction simple flux avec, en été, une augmentation de l'extraction de nuit. La production de l'eau chaude sanitaire est assurée par 4 panneaux solaires de type capteur à tube sous vide (dont le rendement est meilleur que celui d'un capteur plan) (**III.87 et 88**) couvrant une surface totale de 10 m². Situés au sud, ils alimentent les lavabos et les douches pour des besoins en eau chaude estimés à 170 m³ et le taux de couverture est de 60 %.

Le complexe ne possède pas de climatisation, le chauffage et le rafraîchissement sont assurés par une pompe à chaleur eau/eau. Cette installation a, à elle seule, occupé un bureau d'étude. En plus des études hydrogéologiques, ce bureau a travaillé sur le dimensionnement des installations de chauffage, ventilation et rafraîchissement, et effectué une simulation des besoins, avant de s'atteler à l'étude comparative des solutions. Pour déterminer les charges de chauffage et de refroidissement, il a fallu diviser le bâtiment en zones thermiques. Les charges de zone ont été évaluées en fonction des pertes thermiques de l'enveloppe, des gains solaires, des gains internes (éclairage, occupants, équipement) et de l'infiltration et de la ventilation propre à chacune des 24 zones découpées (**III.89**).

Les avantages du système de P.A.C. eau/eau (**III. 90**) sont nombreux. D'une part, il permet de transférer de l'énergie d'un niveau à basse température vers un niveau à température plus élevée. Ce transfert consomme de l'énergie, mais l'énergie restituée par la pompe à chaleur est bien supérieure à l'énergie qui est fournie pour la faire fonctionner. Ce phénomène est défini par le coefficient de performance (C.O.P.) qui caractérise la capacité de l'appareil à restituer de la chaleur et permet de comparer les performances des appareils entre eux sous des conditions d'essais normalisés. Ainsi pour 1 kWh d'énergie électrique consommé, ce sont 3 à 4 kWh d'énergie thermique qui sont restitués au bâtiment, soit 2 à 3 kWh d'énergie renouvelable et gratuite.

D'autre part, les pompes à chaleur alimentées par un forage captant un aquifère, puisent ou rejettent l'énergie dans l'eau de la nappe. La température de l'eau en profondeur par rapport à l'air ambiant est stable tout au long de l'année. Cette stabilité permet donc aux pompes à chaleur géothermales d'afficher un rendement élevé et uniforme quelle que soit la température de l'air extérieur. Il peut donc être calculé et anticipé.

Enfin, et cet argument n'est pas des moindres, même si les coûts d'installation sont plus élevés, le coût global des pompes à chaleur sur nappe est inférieur à celui des systèmes classiques puisqu'une partie de la ressource est gratuite, la durée de vie des appareils supérieure et les coûts d'entretien inférieurs.

Un autre intérêt de ce système est sa compacité. Il peut être installé dans un local technique requérant moins de place que les systèmes centraux. On évite donc les éventuelles nuisances visuelles et acoustiques et l'intégration architecturale est facilitée.

Pour le pôle administratif des Mureaux, la P.A.C. est raccordée à un plancher chauffant à eau chaude basse température **(III.91)** utilisé comme mode de chauffage et de rafraîchissement.

En hiver, la chaleur de l'eau diffuse dans les tubes à travers la chape qui rayonne vers les corps, objets et parois environnants qui réchauffent à leur tour l'air ambiant mais en été, le plancher absorbe la chaleur et procure un rafraîchissement de l'ordre de 3 à 4 °C par rapport à l'extérieur. Cette chaleur est rejetée, via l'échangeur, dans la nappe, sans mise en service de la pompe à chaleur. Le rafraîchissement est ainsi assuré à partir de la seule consommation d'énergie électrique de la pompe de puits et donc pour une dépense très faible.

La conception architecturale joue également un rôle dans la gestion de l'énergie en permettant un éclairage naturel maximum y compris dans les circulations grâce aux baies vitrées des bureaux, aux trois patios, et aux puits de lumière du hall. Des persiennes coulissantes en aluminium évitent l'éblouissement direct ou indirect et participent au confort d'été. Le bâtiment est sectorisé en 12 zones d'éclairage programmées à partir de la G.T.C., pilotées par des détecteurs de présence et comptabilisées par l'intermédiaire de compteurs. L'éclairage extérieur est placé sous sonde d'éclairage et les ampoules sont à basse consommation. L'ensemble est géré par gestion technique centralisée. Le logiciel programme, contrôle et évalue le fonctionnement des postes chauffage, ventilation, éclairage, etc.. Il suit les consommations et contrôle les installations pour ajuster confort et dépenses, décèle tout problème et permet de confronter les résultats aux prévisions. Enfin, la G.T.C. permet de réaliser un planning travaux et entretien-maintenance prévisionnel sur plusieurs années.

L'implication de tous, de la conception à l'utilisation (puisque l'équipe municipale a même été formée à l'usage du futur bâtiment), fait de ce programme un ensemble très performant. Mais ce sont surtout les solutions techniques mise en place par la batterie d'experts, plus qu'une construction en rapport avec les préceptes du bioclimatisme, qui favorisent ces performances.

Enfin, l'enveloppe budgétaire initiale de 6,54 millions d'euros HT (dont 96 000 de déconstruction) fixée par la ville est respectée **(Doc.14 et 15)**. Dans le coût de construction la part stricte H.Q.E. représente moins de 4 %. L'enveloppe globale des opérations touchant l'environnement est de 6,85 %. Elle comprend, par exemple, les opérations obligatoires de dépollution des sols ou les équipements qui ne rentrent plus dans la catégorie des innovations comme la régulation des fluides. Concernant les études **(III.92)**, sur un total de 9,5 %, les honoraires consacrés strictement à l'approche H.Q.E. représentent moins de 2 %. Le coût de construction et de conception, mis en rapport avec le coût d'exploitation, montre bien que la question financière ne serait être un argument valable pour expliquer le manque de succès de ce type de programme.

En ce qui concerne l'aspect architectural, l'ensemble manque tout de même de reliefs.

Oubliées les lignes courbes et les formes gauches, rien ne permet extérieurement de signaler ce bâtiment comme une réussite technique sur le plan de la gestion de l'énergie et des ressources. Les contraintes en matière d'intégrations, de performances, ne sont pas prescriptrices de formes, nous l'avons déjà vu. L'architecte seul, et son inspiration, en est l'unique responsable. Cependant, la connaissance des principes du bioclimatisme et leur mise

en œuvre traduisent peut-être une sensibilité de l'architecte pour l'architecture organique. Ce n'est pas le cas ici.

Reste que ce chantier a été très fédérateur pour la population des Mureaux et que son impact dépasse les simples chiffres alignés par les techniciens.

II.I.II.) Les bâtiments tertiaires.

- La Tour Phare (III.93 à 96).

La Défense est le premier quartier d'affaires européen. Il accueille 2500 sièges sociaux sur 3 millions de mètres carrés de bureaux, 150 000 personnes y travaillent et 20 000 y habitent. Pour préserver ce dynamisme et « face à une concurrence toujours plus vive des grandes capitales européennes »³²⁸, l'Etat a décidé de lancer un ambitieux plan de relance présenté en juillet 2006. Il prévoit la construction de 450 000 m² de nouveaux bureaux d'ici 2013, dont 150 000 sous forme d'opérations de démolition-reconstruction des immeubles obsolètes.

Ces nouvelles réalisations doivent répondre à une charte du développement durable que l'Etablissement Public pour l'Aménagement de la Défense élabore (E.P.A.D.). Les quartiers les plus anciens seront rénovés, les dysfonctionnements corrigés et le cadre de vie amélioré. L'offre de transports sera développée avec le prolongement d'Éole depuis la gare Saint-Lazare. L'ambition de l'E.P.A.D. est aussi de transformer l'image de La Défense pour qu'elle devienne un quartier vivant, animé en permanence, séduisant et attractif.

C'est dans ce contexte que la société immobilière Unibail, déjà premier propriétaire immobilier de la Défense, a lancé une consultation internationale d'architecture pour la construction de la tour « phare ». Pour Bernard Bled, directeur général de l'E.P.A.D. il s'agit d'« une tour emblématique par son audace architecturale ». Guillaume Poitrinal, P.D.G. d'Unibail, déclare, lui, que sa « volonté, pour ce projet hautement symbolique, a été de lui conférer une architecture résolument en rupture et d'en faire un modèle de développement durable en [s'] appuyant sur les toutes dernières recherches en matière de nouvelles technologies ».

Le concours rassemble donc quelques uns des plus grands architectes du moment comme Ferrier, Fosters, Fuksas, Koolhaas, Nouvel, Perrault, l'agence Herzog et De Meuron et Morphosis, l'agence de l'Américain Thom Mayne. C'est le projet de ce dernier qui a été choisi en novembre 2006.

Lauréat en 2005 du Pritzker Prize, la plus haute distinction internationale en architecture, « Thom Mayne prône, depuis la fin des années 60, une architecture alternative, souvent radicale, qui repousse les limites traditionnelles des formes et des matériaux. Il prend conscience très tôt des enjeux du développement durable ; ses œuvres allient nouvelles technologies et matériaux innovants tout en s'inscrivant parfaitement dans le paysage environnant. Il crée des machines urbaines qui s'inspirent des flux de la cité, des échanges matériels et symboliques. Cette architecture critique se nourrit de la complexité urbaine et des débats esthétiques contemporains. Elle invente une architecture de l'hybridation, des

³²⁸ Fiche profil de l'EPAD jointe au dossier de presse. Communiqué de presse de L'EPAD/Unibail en date du 27 novembre 2006 annonçant le lauréat du concours.

interconnexions »³²⁹. Les notions d'« alternative », de « développement durable », d'« innovations techniques et technologiques », et d'« inscription dans le paysage » mises en exergue dans cette succincte biographie du lauréat fournie par l'E.P.A.D. dans son communiqué de presse, montre bien que ces points étaient des enjeux majeurs de ce projet.

Ces termes, associés à une vision de la ville comme un « organisme vivant », que l'on trouve dans la citation³³⁰ de Thom Mayne, également incluse dans le communiqué de presse, ainsi que la tour elle-même décrite comme un « objet organique » traduisent un ensemble volontaire tout à fait intéressant lorsque l'on se rend compte qu'il s'agit ici du plus grand projet architectural français de tous les temps (tour Eiffel mise à part), par sa hauteur et sa visibilité, comme son nom de « Tour Phare » le laisse entendre.

Le choix de la personnalité de l'architecte est donc un choix fort. Son discours et son approche originale son connu et l'on peut même penser que c'est cet aspect qui à fait pencher le jury en faveur de son projet.

Il s'agit, on l'a dit, de dynamiser le quartier, d'affirmer sa dominance sur le monde des affaires européens et les choix fait, politique volontariste en faveur du développement durable, construction novatrice par sa forme même etc., montrent que ces éléments sont aujourd'hui considérés comme ayant une image tout à fait valorisante.

En ce qui concerne la tour en elle même, très peu d'informations ont filtrées. Elle devrait être achevée en 2012/2013, coûtera environ 800 millions d'euros pour une hauteur de 300 mètres et une superficie exploitable de 145 000 m². On sait également qu'elle sera situé place Carpeaux, posée sur la gare souterraine, avec laquelle elle communiquera via le C.N.I.T. grâce à des escalators vitrés hauts d'une trentaine de mètres. Thom Mayne a exploré des matériaux très spécifiques pour améliorer la performance énergétique de l'immeuble, une double peau en acier inoxydable finement perforée doit ainsi protéger les trois façades exposées au soleil, tandis que le côté nord sera recouvert de verre clair pour maximiser l'exposition intérieure à la lumière naturelle. Enfin, une trentaine d'éoliennes seront installées sur le toit, et alimenteront un système de ventilation. On sait simplement que la commission d'experts techniques a validé les choix structurels et la performance énergétique annoncée par Mayne.

La forme, plutôt révolutionnaire, semble en revanche mieux définie, les courbes et le design organique s'implanteront durablement dans le paysage de tours cubiques de La Défense, où le célèbre C.N.I.T. a du mal à imposer ses lignes. L'édifice est composé de deux bâtiments étroitement enlacés, qui créent une silhouette mouvante suivant les angles de vue. Une structure métallique au sommet du bâtiment renforce cette impression de mouvement. Ce dessin, rendu possible par les calculs et les tracés informatiques, sera soutenu par une structure mixte avec un noyau en béton armé relayé par une structure porteuse en acier et une grille extérieure également en acier dont le maillage diagonal se déforme au gré des courbes et des contre courbes du bâtiment.

³²⁹ Extrait du communiqué de presse de L'EPAD/Unibail en date du 27 novembre 2006 annonçant le lauréat du concours

³³⁰ « L'urbanisme moderne a laissé un vaste héritage d'attentes étriquées. Si l'architecture ne doit se fixer qu'un seul objectif, c'est bien celui de clarifier ses intentions et de réaligner ses prétentions afin de refléter la richesse de notre monde pluraliste. La cité moderne, dystopique, additionnera les différences plutôt que de les segmenter. Nous nous en tiendrons à ce propos difficile – parce que le sujet est difficile – qui, par cette difficulté même, en vaut la peine. Une ville est un organisme vivant, une œuvre en chantier, un empâtement de formes nées de vagues d'habitations successives. On devrait pouvoir continuer à choisir de ne faire que des projets qui offrent l'espoir d'un futur complexe, intégré, contradictoire et riche de sens ». MAYNE Thom, *Morphosis: Connected Isolation*, Academy Editions, 1993.

Thom Mayne décrit d'ailleurs lui-même son projet comme « profondément influencé par un engagement dans le développement durable, la connectivité et l'interdépendance, la Tour Phare se détachera comme un symbole d'optimisme et de progrès. Le programme, l'architecture et l'ingénierie s'intègrent dans une vision novatrice pour une tour du XXI^{ème} siècle qui émerge organiquement du site complexe où elle est implantée pour devenir, grâce à sa forme fluide et sensuelle, un signal dans le paysage régional. »

C'est sa description du projet à travers 2 thèmes, la connectivité urbaine, c'est-à-dire l'intégration au site et la performance de l'immeuble qui nous en apprend le plus sur celui-ci.

« La connectivité urbaine (III.97) :

Dans notre première évaluation du site, nous avons perçu La Défense comme une zone d'éléments isolés, largement dépourvue des qualités qui insufflent un esprit au lieu. Mais nous avons découvert que le site était, fortuitement, positionné de sorte à pouvoir tirer profit des complexités programmatiques, physiques et infrastructurelles qui le définissent actuellement. Cette foule d'éléments disparates, apparemment sans relation entre eux, nous a donné l'opportunité de « retisser » le site — de synthétiser ses complexités à travers une série d'espaces aux échelles définies avec sensibilité afin d'apporter de la cohérence, de la vie et créer un sentiment de lieu. Situé en dehors des limites du terrain du concours, sur la place qui se trouve entre le CNIT et la Tour Phare, un pavillon servant de liaison, à l'échelle soigneusement choisie, vient renforcer stratégiquement le programme du projet. En reliant, physiquement et par son programme, le CNIT à la Tour Phare, cet élément nouveau apporté à notre schéma intensifie la connectivité, en encourageant de multiples flux de mouvements entre (et au travers de) la station de métro/RER existante, la place, le CNIT, l'université et la Tour Phare elle-même. Ce système a également pour effet de transformer l'austère place du parvis en un espace public animé.

Plutôt qu'un immeuble isolé et autonome, nous avons cherché à développer une structure hybride où la circulation se ferait de manière fluide à partir des espaces souterrains, au travers du CNIT, et jusque dans les espaces publics qui d'horizontaux deviennent verticaux, offrant ainsi une richesse d'expériences culturelles ou commerciales tout au long du parcours. Au lieu d'être un immeuble de bureaux indépendant, cette tour hybridée participera et contribuera à la vie de la ville. Les espaces typiques de la vie urbaine et sociale — jardins, cafés et commerces — se répartissent verticalement dans la tour et sont accessibles au public. Des ascenseurs express donnent continuellement l'occasion aux employés de se rencontrer au cours de leur journée de travail, fonctionnant à de nombreux égards comme des places verticales. Des escalators extérieurs vitrés transportent le public du pavillon de liaison avec le CNIT jusque dans le hall de la Tour, haut de 40 mètres, qui fonctionne comme une grande place publique suspendue dans les airs. Des liaisons intérieures, à partir du pôle de transports urbains, permettent à environ 10 000 piétons par jour de traverser le CNIT pour se rendre dans la Tour ou en sortir, ce qui les protège efficacement des intempéries tout en contribuant à la vitalité urbaine de la zone en stimulant la viabilité et le potentiel économique du CNIT.

La performance de l'immeuble :

Dans l'esprit des innovations de Gustave Eiffel en matière d'ingénierie et de construction, la Tour Phare sera le symbole fort d'une architecture engagée dans le développement durable et la recherche de la performance, et positionnera la France à la pointe de la gestion environnementale.

A la fois la forme et l'orientation de l'immeuble répondent à la trajectoire du soleil ; le système « double-peau » curviligne de la façade sud minimise le gain de chaleur et l'éblouissement tandis que la façade nord, plate et couverte de verre clair, maximise l'exposition intérieure à la lumière naturelle tout au long de l'année. Une double peau œuvre constamment à la maximisation de l'efficacité énergétique. L'augmentation de la lumière du

jour et de l'aération naturelle contribue à créer un espace de travail d'une qualité et d'un confort exceptionnels pour ses utilisateurs.

Un parc d'éoliennes, à l'aspect visuel caractéristique, vient couronner la Tour et fournir l'énergie, propre et alternative, alimentant les ventilateurs qui activent le système de ventilation naturelle de l'immeuble. Ce système, parfaitement autonome, refroidira l'immeuble la moitié de l'année sans utiliser de sources d'énergie extérieures ni de chauffage ou de climatisation supplémentaire.

Véritable métaphore d'un jardin dans le ciel, cette couronne de turbines éoliennes recueille l'énergie et représente un symbole fort d'une gestion environnementale engagée.

L'infrastructure de communication, qui vient se mêler à cette forêt de turbines éoliennes, témoigne de l'interdépendance fondamentale du développement durable et de la technologie au XXI^{ème} siècle.

Tous ces objectifs, étroitement liés entre eux, sont atteints à travers une conception architecturale qui met en œuvre une parfaite intégration du programme, de l'architecture, du contexte urbain et des aspects techniques et environnementaux, formant à eux tous un ensemble pleinement homogène.»³³¹

Pour Thom Mayne, il s'agit « d'un prototype de building vert », « un réel symbole de la modernité, mais ce n'est pas une tour-record, on n'essaye pas d'atteindre huit-cents mètres de haut, l'idée est de construire quelque chose de moderne et d'iconique plutôt que simplement quelque chose de haut » et l'architecte poursuit : « nous avons souhaité garder un projet à taille humaine ».

L'idée qu'une ville veuille affirmer son dynamisme par la construction, non pas d'un building d'une hauteur démesurée mais par un bâtiment prenant un minimum en compte l'exigence environnementale nouvelle est une première. Et cette idée que la modernité passe dorénavant par la prise en compte des environnements montre bien la place que cette architecture est amenée à prendre. D'autant plus qu'il reste encore une grande marge avant d'atteindre pleinement l'excellence environnementale.

Les choses changent mais elles changent doucement. Cependant, les prochains projets qui seront construits à la Défense montrent que l'E.P.A.D. tient le cap.

La tour Carpe Diem (**III.98**), par exemple, sera construite par Robert A.M. Stern Architects pour l'assureur AVIVA. Cette nouvelle tour de 45 000 m² et 32 étages, prévue pour 2013, prendra place sur l'immeuble France Telecom (Défense 2). Elle associe le design aux exigences en matière de développement durable : des protections solaires sur les façades, un système de ventilation naturelle, un système de chauffage d'eau par capteurs solaires, un système d'éclairage basse énergie, etc..

La tour CB31 (ex AXA) (**III.99**), haute de 218 mètres, fait actuellement l'objet d'une restructuration lourde, dans le cadre du programme de l'EPAD. L'opération prévoit notamment la dépose des façades, la structure étant conservée et rééquilibrée pour donner un nouveau profil à la tour. Des efforts significatifs ont été réalisés pour la maîtrise énergétique de la tour. La façade bioclimatique, la conception et les équipements de CB31 permettent, en effet, d'atteindre des niveaux de charges d'exploitation exceptionnellement bas. Il s'agira du premier projet certifié HQE livré sur le périmètre de l'EPAD. Son nouveau design nous intéresse un peu plus que celui de la tour Carpe Diem, dont la forme pouvait déjà être qualifiée de gauche, car la courbe y jouera, semble-t-il, un plus grand rôle.

La tour Generali (**III.100**) nous intéresse également avec son couronnement évoquant une fleur de lotus en éclosion. Il s'agit d'un projet démolition-reconstruction de la tour Iris.

Lauréate en 2006 d'un concours international, l'agence Valode et Pistre a conçu un projet fondé sur le développement durable et les énergies renouvelables. Ainsi, la façade mi pleine,

³³¹ Notice descriptive du projet proposé par Thom Mayne et jointe au communiqué de presse E.P.A.D./Unibail du 27 novembre 2006.

mi-transparente permettra de contrôler les apports thermiques. La ventilation naturelle sera utilisée la nuit pour rafraîchir le bâtiment et limiter l'utilisation de la climatisation en journée ; la flèche centrale, dotée de turbines à vent, produira de l'énergie électrique. Au final, la tour permettra d'éviter le rejet de 3 500 tonnes de CO₂ par an, soit 70 % de moins qu'un bâtiment conventionnel. Avec Phare et Signal (III.101) il s'agira des trois tours les plus importantes (plus de 300 mètres de haut), les autres projets étant de moindre importance (III.102).

Tous ces projets sont d'une grande importance pour l'avenir du quartier d'affaires. La France rattrape son retard à toute vitesse, les tours de plus de 300 mètres fleurissent et, chose extraordinaire, elles seront toutes très attentives aux problèmes environnementaux ce qui fera de l'Hexagone un moteur européen voire mondial dans ce domaine. Les 5 années à venir vont produire les plus grands exemples d'architecture environnementale, et même si l'on aurait pu être plus exigeant encore, l'étude du quartier de la Défense est appelée à devenir incontournable pour l'histoire de l'architecture environnementale. Malheureusement pour nous, ces projets sont encore trop peu avancés pour en proposer une étude complète dans cet essai mais il fallait évoquer ce choix important dans un contexte où la construction de bâtiments d'exception passe d'abord par la volonté de construire le plus haut possible.

Pour être tout à fait complet sur ce sujet, il faut évoquer le projet Hypergreen (III.103) sur lequel travaille Jacques Ferrier. Il s'agit de réfléchir à la conception d'un gratte-ciel environnemental de nouvelle génération, conçu non pas comme un ajout de spécificités à une réflexion standard mais comme une pure création, une refonte totale des objectifs et des concepts régissant habituellement la construction de ce genre de bâtiment. Ferrier crée pour l'architecture ce qui peut s'apparenter à un « concept-car » dans le monde automobile. C'est de cette approche que découle le projet qu'il a présenté au concours de l'E.P.A.D. pour la réalisation de la Tour Phare de La Défense³³². Dans l'ouvrage qui décrit ces deux projets, Ferrier valide quelques-unes des hypothèses que nous avons formulées plus haut.

Pour lui, Hypergreen montre « que l'on peut construire une tour d'une nouvelle génération, non plus conçue comme un monument ou un geste formel figé, mais comme un bâtiment environnemental, évolutif, accessible au public et jouant un rôle de liaison urbaine »³³³.

On se souvient que ce rôle de liaison urbaine avait joué un grand rôle dans la définition des caractéristiques de la tour de Mayne. La notion d'évolutivité est, en outre, tout à fait dans la lignée des recherches de Friedman sur l'architecture mobile.

Ferrier poursuit en revenant sur la naissance du projet Hypergreen en 2002. Il s'agissait alors de travailler sur « un bâtiment de bureau [...] à la pointe du développement durable en matière d'énergie mais qui abordait aussi la façon de vivre à l'intérieur et son rapport avec l'espace public »³³⁴ et, pour répondre en quelque sorte à Ricciotti, l'architecte précise qu'outre la prise en compte de ces nouveaux thèmes de réflexion, il était « extrêmement soucieux de démontrer qu'un bâtiment pouvait être extrêmement performant en matière d'économie d'énergie sans devenir une forteresse dont les murs épais sont percés de rares et parcimonieuses fenêtres : au contraire, [...] Hypergreen] est un projet de transparence et de lumière »³³⁵. Pour lui, Hypergreen est un « contrepoint rassurant quand certains voudraient nous convaincre que les économies d'énergies vont faire rétrograder l'architecture à l'ère des constructions troglodytes.»³³⁶

³³² Ces deux projets ne seront pas développés ici puisque aucune construction de cette tour n'est encore prévue. Comme Ferrier fait évoluer son projet pour chaque concours auquel il se présente, aucune solution n'est encore définitive. D'autre part le concept Hypergreen dont découle le projet Phare a donné lieu à une publication très complète dans l'ouvrage intitulé FERRIER Jacques, *MAKING OF, Phare et Hypergreen towers*, Ante Prima, AAM, Paris, 2007.

³³³ FERRIER Jacques, *MAKING OF, Phare et Hypergreen towers*, Ante Prima, AAM, Paris, 2007. Page 50.

³³⁴ *ibidem*, page 51.

³³⁵ *ibidem*.

³³⁶ *ibidem*, page 52.

Ferrier nous offre une conclusion à ce chapitre lorsqu'il affirme que « après le toujours plus haut, le toujours plus grand, le toujours plus high-tech, la question posée maintenant est en quelque sorte celle d'une bonne intelligence avec la planète »³³⁷. « La construction en hauteur est une réponse nécessaire et intelligente à la ville durable. Nous sommes à l'aube d'une nouvelle génération de tours qui seront conçues avec des objectifs tout à fait différents des tours précédentes. Le gratte-ciel est associé à une volonté de puissance, de compétition, il a longtemps traduit la mégalomanie du client ou de l'architecte, la volonté d'hégémonie d'une ville ou d'un pays. La tour comme objet arrogant et autiste, déclinant ad nauseum telle ou telle pirouette formaliste, sera bientôt perçue comme un dinosaure encombrant le ciel d'une ville sans rien offrir en retour. Elle est condamnée tant par la question de l'énergie que par celle de la nécessité de fonder un nouveau contrat entre la ville, l'espace collectif et l'immeuble de grande hauteur. »³³⁸

Cette vision du gratte ciel pourrait bien être aussi celle de Mayne et la Tour Phare de La Défense deviendrait le premier exemple d'une réflexion nouvelle. En ce qui concerne les formes que prendront ces nouvelles tours, on ne peut que se souvenir qu'Hypergreen est de plan ovoïde et que sa silhouette abandonne les lignes purement verticales tout en laissant une large place à la courbe et que celle de Mayne est largement organique et assumée comme telle.

³³⁷ *Ibidem.*

³³⁸ FERRIER Jacques, *MAKING OF, Phare et Hypergreen towers*, Ante Prima, AAM, Paris, 2007. Page 52.

- La Chambre froide de Baie Mahault (III.104) et la plateforme LR service (III.112 à 114).

Limiter la consommation d'énergie d'une chambre froide est un vrai défi en Guadeloupe, c'est pourtant ce qu'a élégamment réussi Perrine Huguet à Baie Mahault. Le maître d'ouvrage de cette chambre froide, la société Hippocampe Caraïbe, dont la vocation principale est de stocker des produits de la mer congelés, de trancher et conditionner ces mêmes produits, désirait augmenter de façon significative sa capacité de stockage tout en optimisant son fonctionnement (arrivage, stockage efficace et performant, préparation des livraisons, laboratoire aux normes D.S.V. etc...). Cette société a fait donc appel à Huguet qui résume laconiquement le cahier des charges comme suit, « la contrainte principale était [de faire] un bâtiment de chambre froide le plus performant possible et le moins "gourmand" en énergie possible. »³³⁹

L'architecte Perrine Huguet a donc imaginé un bâtiment très efficace livré en août 2004.

Outre ses performances, c'est son dessin, sa localisation géographique et la vocation industrielle du bâtiment qui attirent l'attention. Il fait d'ailleurs partie des bâtiments tertiaires remarquables par le jury du concours Habitat Solaire Habitat d'Aujourd'hui.

Le parti architectural est une nouvelle fois défini par l'architecte elle-même. « La contrainte de hauteur et de portée libre nous a permis d'envisager l'utilisation du bois lamellé collé que l'on a décliné en courbe dissymétrique s'adaptant parfaitement aux volumes qui devaient être couverts : la chambre froide négative (volume principal de 4000m³) avec ses 8 mètres sous plafond, le laboratoire (chambre froide positive) de 4 mètres sous plafond sur lequel on a suspendu les vestiaires et sanitaires, permettant ainsi une très bonne différenciation des chemins propres et sales. Le sas de livraison, froid positif, qui sert également d'espace tampon entre l'extérieur et la chambre froide négative est situé en façade principale nord. Au dessus on a placé les bureaux suspendus aux arcs de lamellé-collé.

Afin d'obtenir un espace sous toiture parfaitement libre permettant l'installation des chambres froides nous avons opté pour un portique dont les contreventements ont été placés à l'extérieur. Ceci nous a permis de créer de larges auvents (2m20 à 2m70) sur les façades est et ouest permettant la protection solaire des façades.

Sous ces portiques laissant l'espace totalement libre, nous avons suspendu au dessus des chambres froides positives (5m et 4m de hauteur sous plafond) les mezzanines de bureaux et de locaux du personnel, afin d'éviter les descentes de poteaux. L'espace sous toiture au dessus de la chambre froide a été très largement ventilé » (III.105 à 107).

Dans le monde cubique des zones industrielles, c'est cette large arche de bois asymétrique qui retient l'attention. Huguet le dit d'ailleurs très bien elle-même lorsqu'elle évoque timidement l'intégration du bâtiment dans son environnement : « Le bâtiment situé dans la zone industrielle de Jarry s'intègre un peu en contraste avec son environnement de bâtiments industriels du style "boîte métallique". Sa situation et la hauteur requise pour un stockage performant (8 mètres sous plafond) le font se détacher comme un signal : "une courbe en bois au-dessus d'un paysage industriel" ».

Mais outre le geste architectural, cette arche de bois joue un rôle structurel très important puisque tous les aménagements intérieurs y sont suspendus, ce qui limite la disposition d'éléments structurels permettant de dégager l'espace et ainsi de densifier le remplissage de la

³³⁹ Les citations de l'architecte sont toutes issues de son dossier de participation au concours Habitat solaire habitat d'aujourd'hui.

chambre. Le bois a également de grands avantages en ce qui concerne la création d'ambiance intérieure agréable (III.108). « Les lieux de travail administratif ont été particulièrement étudiés afin de créer une ambiance chaleureuse et sereine propre à la concentration et au calme du travail. »

La charpente en bois est laissée apparente, la lumière naturelle est abondante, etc., autant d'éléments qui rappellent les efforts faits en ce sens pour le collège de Mirecourt. Le bois revient donc assez souvent lorsqu'il s'agit de créer une ambiance intérieure chaleureuse et l'on verra bientôt que c'est aussi le cas dans les programmes d'habitations particulières. En ce qui concerne l'attention portée aux performances du bâtiment, l'architecte dit avoir « travaillé sur tous les plans afin d'arriver à ce résultat, optimisation de l'enveloppe, optimisation de la continuité de la chaîne froid, optimisation de la chaîne de travail, optimisation du stockage froid, optimisation des machines de production de froid et donc de la consommation d'électricité. »

Une batterie de solutions a donc été mise en place à différentes échelles. A l'échelle du bâtiment, le dessin de l'ensemble lui-même apporte beaucoup, l'arche de bois et ses larges débords protègent ainsi les flancs du bâtiment des rayonnements solaires (III.109 et 110). L'implantation des espaces dans le bâtiment a également son importance, les locaux du personnel et les laboratoires à l'ouest, les bureaux et les quais de chargement au nord, créent des espaces tampons protégeant la chambre négative. L'épaisseur de l'isolation a aussi été renforcée avec 20 centimètres d'isolants au lieu des 18 habituels.

La performance des équipements joue également un rôle important, la puissance des groupes froids a été augmentée afin de réduire leur temps de fonctionnement. Ils ne sont ainsi en usage que 6 heures par jour en heures creuses. En outre, le type de motorisation des groupes a permis de réduire le bilan de puissance et d'éviter l'installation d'un poste de transformation privé (III.11). Enfin, l'installation d'un optimiseur a permis d'obtenir des résultats exceptionnels qui sont encore en cours d'amélioration.

Des trouvailles simples comme les sas gonflables permettant de minimiser les déperditions de froid lors des livraisons et déchargements et de préserver la chaîne du froid, ou les racks mobiles permettant une plus grosse capacité de stockage donc une plus grande inertie de la chambre froide négative, viennent également supporter les performances de l'ensemble. Grâce à ces installations, la comparaison entre l'ancien bâtiment (1000 m³) et le nouveau est très favorable. Le volume de stockage a été multiplié par 5 (grâce à l'installation de racks mobiles), le volume de chambre froide a été multiplié par 4 mais la consommation d'énergie n'a été multipliée que par 1,35 (+ 35%). La facture E.D.F. quant à elle est restée inchangée grâce au contrat tarif bleu et à l'optimisation de la consommation aux heures creuses. Le bilan financier de l'opération est donc très intéressant. Ces chiffres illustrent de façon éloquente l'impact d'une architecture bien adaptée au climat sur un programme a priori ingrat. L'utilisation de recettes simples permet d'améliorer l'efficacité énergétique et donc le coût de certaines structures industrielles tout en assurant aux employés un niveau de confort de travail plus élevé. L'architecture environnementale a donc également des réponses à apporter au monde de l'entreprise.

L'exemple de Baie Mahault pourrait être mis en parallèle avec celui de la plateforme logistique LR service (III.112 à 114). En octobre 2005, Pascale Thébaud livre la plateforme de distribution LR Service de Beauvais. Cette plateforme logistique est dédiée à l'approvisionnement des 167 restaurants Mc Donald's du nord de la France. Elle est installée dans un entrepôt tri-température (sec, frais, surgelé) d'une surface de 9648 m² au sol sur un terrain de plus de 44000 m². Les efforts ont porté sur la qualité sanitaire des espaces, à travers notamment la gestion de l'énergie, de l'eau, des déchets, de l'entretien et de la maintenance. L'organisation des zones d'accès et la création de conditions d'exploitation plus confortables pour les utilisateurs ont également été étudiées.

Cette opération pilote a permis de créer un cahier des charges entrepôt H.Q.E. type, applicable à d'autres opérations.

Les caractéristiques développements durables les plus remarquables du bâtiment suivent donc les cibles H.Q.E. et on peut en faire une description sommaire en suivant cette grille.

En ce qui concerne la cible « relation harmonieuse du bâtiment avec son environnement immédiat », le choix de l'emplacement a été fait selon la localisation des voies routières, des antennes relais, des lignes à haute tension et de l'éloignement des zones d'habitation. On a également pris en compte l'aménagement du transport pour les circuits de livraison.

La réponse à la cible « matériaux à faible impact environnemental » passe par le choix de procédés de fabrication et de matériaux assurant à l'ensemble une durée de vie de 40 ans, et permettant une extension éventuelle de l'entrepôt de près de 5000 m².

L'ensemble a été construit par chantier à faible impact environnemental. Les acteurs intervenants sur le chantier ont été sensibilisés à travers la « charte à faible nuisance » et de nombreuses études comparatives (implantation, énergie renouvelable, acoustique, éclairage) ont été réalisées en amont.

La cible « gestion de l'énergie » à quant à elle été parmi les mieux traitées et pour cause puisque c'est celle qui a le plus grand intérêt économique. Dans l'entrepôt, le refroidissement est assuré par un système de compression à l'ammoniaque NH₃ distribué par du CO₂, sans gaz de type CFC ou HFC. Les gaz utilisés s'avèrent bien moins polluants que le fréon et le risque de pollution en cas de fuite s'avère 3 000 fois moindre pour la couche d'ozone. La durée de vie de ce système est en plus trois fois supérieure à celle d'un système classique et son bilan énergétique froid montre qu'il est deux fois moins énergivore, 292 kW contre 620 kW, et une économie de 20 % d'énergie primaire.

Un système de récupération de la chaleur rejetée par le condenseur permet de maintenir un hors gel à +7°C et un maximum de + 25°C par rafraîchissement dans l'entrepôt sec.

Le tout étant piloté par G.T.C. chargée d'assurer la gestion thermique, et de maximiser les économies d'énergie et le confort des exploitants.

Dans les locaux à occupation variable (vestiaires, locaux sociaux), un système de détection de présence et des sondes photosensibles permettent de minimiser le temps d'allumage.

En ce qui concerne la gestion de l'eau, des bassins de pollution et d'orage réduisent le débit de fuite (ils assurent le même rôle que les puits filtrants des Mureaux). La récupération des eaux de pluie dans le bassin de pollution est isolable et un traitement des eaux de voiries dans un séparateur à hydrocarbures permet de réintégrer des eaux propres en nappe souterraine. Enfin, des systèmes hydro économes ont été installés, robinets mitigeurs à commande infrarouge, mécanisme à double chasse dans chaque WC, aérateur de jet et robinetterie à fermeture temporisée dans les douches, etc..

La gestion des déchets d'activité est une des cibles spécifiques aux bâtiments tertiaires, elle à été, elle aussi, très bien traitée. Le traitement des déchets au sein de l'entrepôt et la récupération des déchets des restaurants desservis s'effectuent dans un local spécifique. Un tri sélectif et de recyclage des cartons, du bois de palettes, des films plastiques, des lampes et néons, des piles et fournitures informatiques, des déchets organiques a été mis en place.

L'optimisation du tri sélectif améliore les flux de retour en déchetterie pour le retraitement.

La gestion des déchets de la plateforme répond aussi aux exigences en matière de pollution des sols, de nuisances sonores, visuelles et olfactives.

Pour le confort visuel, le site a été végétalisé avec des gazons type prairie nécessitant peu d'entretien. Dans les bureaux, la surface des baies vitrées a été dimensionnée pour un éclairage naturel optimal, et des stores vénitiens intérieurs et des vitres ont été installés pour éviter l'éblouissement et la réverbération.

Reste la qualité sanitaire de l'air. La ventilation double chaud/froid assure le renouvellement d'air à raison de 3 volumes par heure, via des bouches de soufflage réglables et insonorisées et les matériaux utilisés limitent la croissance fongique et bactérienne.

Sur les 14 cibles H.Q.E., 6 cibles sont donc traitées à un niveau très performant contre 3 demandées par le référentiel de la certification N.F. Bâtiments Tertiaires, le tout pour un coût de 11 millions d'euros, dont 5% seulement consacrés à l'environnement.

Reste que contrairement à l'exemple de baie Mahault, les solutions mises en œuvre ne sont que rarement du fait de l'architecte qui n'a pas fait l'effort d'adapter les principes du bioclimatisme au bâtiment tertiaire comme cela a été tenté à Baie Mahault. Le dessin de l'ensemble est celui des « boîtes métalliques » dont parlait Huguet et il est tout à fait dommage que l'architecture soit si souvent absente des zones industrielles. L'architecte aurait pu profiter de la cible confort visuel pour produire de l'architecture. Ce n'est pas le cas. Pourtant, l'exemple de Baie Mahault montre qu'il est possible de produire une architecture rentable, performante économiquement et écologiquement tout en prenant soin de donner une spécificité architecturale au bâtiment. La performance environnementale est aussi dans la capacité d'un bâtiment à redonner du pittoresque, surtout dans des zones où l'architecture du banal souvent sans relief domine. C'est le cas des zones pavillonnaires souvent proches et des zones industrielles.

II.II.) Le logement.

Les bâtiments abritant des logements peuvent être collectifs ou non. En ce qui concerne les premiers, le problème environnemental se pose fortement, notamment à cause de leur emprise visuelle. De plus, étant le lieu de la densification de l'habitat, ils ont un rôle écologique important, en luttant notamment contre le phénomène de mitage ou étalement urbain qui éloigne peu à peu l'habitat du cœur des cités provoquant ainsi une diminution des espaces d'expression de la biodiversité. Le mitage accroît également l'empreinte écologique de la ville ou du village en augmentant le recours au véhicule dans la vie quotidienne. Les immeubles d'habitation collective se doivent également de veiller au confort de ceux qu'ils abritent, bien plus que cela n'a été fait au moment de la politique des grands ensembles et dans les années qui ont suivi. Cependant, le problème réside dans le fait que les opérations immobilières visant à construire du logement sont très sensibles au surcoût puisque dans le cadre de logement mis en location, le locataire bénéficiant des éventuelles économies d'énergie n'est pas la même personne que le promoteur qui a, en revanche, subi le surcoût d'une construction écologiquement performante. C'est pour cette raison que nous avons choisi d'évoquer une réalisation à visée locative et une opération d'accès à la propriété. La Fédération Nationale des Sociétés Coopératives d'H.L.M., fondée en 1908, a très bien compris les enjeux du développement durable. La fédération regroupe à l'échelle nationale 160 coopératives d'H.L.M. et son conseil fédéral définit les orientations et actions qui sont mises en œuvre par l'équipe de la fédération. En 2003, ce conseil a publié un guide destiné aux maîtres d'ouvrages. Son introduction illustre parfaitement la vision du problème par les promoteurs.

« Dès le milieu des années 1990, la fédération des coopératives d'H.L.M. a commencé à s'intéresser aux problématiques du développement durable appliqué à l'urbanisme et à l'habitat. Loin de constituer un effet de mode, les enjeux sont considérables. A l'heure où les citoyens prennent de plus en plus conscience de leur environnement et de sa nécessaire préservation, il est impératif que l'offre en matière de logement, qu'il s'agisse d'accession ou de locatif, prenne en compte ces dimensions tant en ce qui concerne les choix urbanistiques que les modes de constructions ou la gestion des charges afférentes à l'utilisation du logement.

Le développement durable est un concept en construction, en formation, une orientation prospective en somme. C'est aussi le processus social et politique qui conduit progressivement à lui donner des contenus et des formes. La démarche et les recherches qu'elle implique valent probablement autant que son résultat. C'est, d'autre part, un projet qui suppose - autant le rappeler - une mutation radicale du contenu même donné à l'idée de développement : passer de l'économique exclusif au global, du quantitatif étroit au qualitatif, de l'immédiateté au long terme, du simplisme unidimensionnel au systémique et au complexe. Aujourd'hui, la réflexion sur le logement en terme de développement durable ne fait que commencer. Ce guide rend compte des premiers enseignements ouverts par quelques maîtres d'ouvrages pionniers. Il n'a pas vocation à l'exclusivité et ouvre quelques pistes de réflexion. Son souci est de permettre aux coopératives de s'approprier et de démystifier la notion même de développement durable par une approche concrète, reposant sur de nombreux exemples.

Parce que le développement durable s'impose comme une préoccupation majeure des habitants de la planète, les coopératives d'H.L.M., maîtres d'ouvrage sociaux, ne peuvent l'écarter de leurs pratiques : promouvoir un habitat différent, économe et respectueux de l'environnement, voilà les conditions pour qu'elles conservent leur image de cheveu-légers du logement social. »³⁴⁰

II.II.I.) Le logement collectif.

- L'immeuble de la rue Moyrand à Grenoble, une opération H.L.M..

Les façades à parement de terre cuite (**III. 115 et 116**) et au calepinage soigné de cet immeuble, construit par l'Atelier Plexus en 2003, évoquent une résidence privée de standing. En réalité, il s'agit d'un programme de trente logements sociaux de deux à cinq pièces, dont la moitié est réservée à des personnes âgées. La présence d'une salle polyvalente de 130 m², lieu de rencontre, et le mélange des générations fait s'éloigner le risque de créer un ghetto qui menace généralement les résidences exclusivement occupées par les personnes du troisième âge.

Le mélange des générations est donc facilité à l'intérieur même du bâtiment mais l'intégration dans la collectivité est également favorisée par la localisation de l'immeuble en plein centre-ville, à 5 minutes du tramway. Le programme est également inclus dans une Z.A.C. comprenant aussi un immeuble de logements de standing et un immeuble de bureaux. Mais si la volonté de créer du lien social était à l'ordre du jour, la maîtrise des consommations d'énergie, l'utilisation d'énergies renouvelables, et la recherche d'un confort optimal en toute saison figuraient également au titre des priorités dans le cahier des charges. De plus, les études géologiques ont fait apparaître la présence d'une nappe phréatique à faible profondeur. La question de la possible pollution de cette nappe a été posée mais elle a également pu être utilisée pour fournir de l'énergie.

Le maître d'ouvrage, l'organisme H.L.M. grenoblois (société ACTIS) a donc fait appel à l'agence Plexus pour réaliser ce projet. L'agence locale de l'énergie qui a pour mission de promouvoir la sobriété et l'efficacité énergétiques et d'accompagner les collectivités, les particuliers et les professionnels dans leur projet, a également été mise à contribution. Le bâtiment qui en résulte n'est pas d'une fracassante originalité, mais l'ensemble est élégant. Le parement de terre cuite d'un orange peu habituel dans la ville s'accorde bien avec le gris acier pour créer un bâtiment sobre mais suffisamment voyant pour devenir, malgré sa faible hauteur, un signal urbain facilement identifiable. Le peu d'ouvertures sur la rue Moyrand s'explique par l'orientation nord de cette façade. Cependant, les trois autres façades sont plus largement percées et chaque appartement possède un balcon avec vue sur le jardin. Tous les appartements sont en effet bi-orientés (**III.117**), même ceux situés au nord. C'est la conception du bâtiment en deux plots sur un niveau de garage apportant transparence, perméabilité des vues et soleil qui permet cette spécificité. L'espace central ménagé entre les deux plots permet une liaison par coursives et ascenseurs extérieur qui favorisent un éclairage naturel des parties communes tout en étant un vecteur de convivialité. Cependant, des systèmes d'occultation ont été prévus sur les ouvertures avec vis-à-vis proche pour conserver l'intimité de chaque foyer.

³⁴⁰ F.N.S.C.H.L.M., *Le guide Habitat et développement durable*, 2003. Ce guide est accompagné du *guide de l'éco-habitant*.

Le bois qui, on l'a vu, est un matériau créateur d'ambiance est largement présent, notamment en protection du patio (revêtement de la terrasse entre les deux plots). D'une manière générale, les matériaux recyclés et recyclables ont été privilégiés.

La toiture des plots ainsi que de la salle polyvalente a été végétalisée **(III.118)** ce qui, outre l'aspect visuel intéressant pour les parties visibles, apporte un plus en matière d'isolation et d'étanchéité des toitures-terrasses et favorise la rétention des eaux de pluie.

Enfin, l'intégration des capteurs photovoltaïques en protection de la pluie sur les coursives et les balcons et en périphérie des plots pour assurer une protection solaire selon le même principe que la vague du collège de Mirecourt, s'intègre harmonieusement à l'ensemble. Les touches d'acier présentes sur les façades en terre cuite évitent que ces éléments, également en acier, ne viennent se plaquer trop brutalement sur l'ensemble. Ces casquettes donnent une silhouette originale à l'ensemble. Enfin, notons que l'éclairage public de la rue Moyrand a été posé directement sur la façade du bâtiment ce qui libère l'espace de circulation au sol et évite le disgracieux surgissement du mobilier urbain dans les photos des façades prises par les historiens de l'architecture.

Sur le plan technique, le confort d'été est abordé de façon sérieuse, certainement en raison de la présence importante de personnes âgées dans l'immeuble. C'est un système de pompe à chaleur réversible eau/eau à forage vertical qui alimente des ventilo-convecteurs installés dans les plafonds des dégagements de chaque appartement. Il s'agit du même système de captation qu'aux Mureaux mais avec un système de diffusion différent. L'air chaud ou frais est diffusé dans les séjours ou les chambres par un réseau de gaines et de bouches de soufflage, tandis que le confort d'hiver est affiné par des radiateurs électriques sèche-serviettes placés dans les cuisines ou les salles de bain. Cette installation présente, entre autres avantages, une totale indépendance des réglages dans chaque appartement, alors que la production de chaleur et de froid est collective.

La particularité technique la plus singulière de cette résidence se trouve sans doute dans la présence déjà évoquée plus haut de 188 m² de panneaux photovoltaïques, disposés à l'horizontale au sommet des façades.

Cette mini-centrale est reliée au réseau E.D.F. en deux points, ce qui permet de revendre les surproductions. L'efficacité de cette installation s'est vérifiée entre novembre 2004 et novembre 2005, puisque pendant cette période elle a produit environ la moitié des besoins des parties communes soit 10% de la consommation totale d'énergie du bâtiment.

L'enveloppe, quant à elle, a été étudiée pour concilier esthétique, isolation et inertie. La construction est en béton armé banché qui, même s'il n'est pas le plus écologique des matériaux, a l'avantage d'être inerte sur le plan des dégagements toxiques une fois en place et de fournir une inertie satisfaisante. Cette inertie est exploitée par une isolation extérieure qui a aussi l'avantage de supprimer les ponts thermiques. L'utilisation de briques de terre cuite alvéolaire à la place du traditionnel parpaing de ciment est aussi une originalité dans ce type de programme. Le tout est complété par la mise en place de vitrages peu émissifs.

Le bâti est donc thermiquement isolé au delà des exigences réglementaires applicables aux logements neufs. Le coefficient GV³⁴¹ est inférieur de 30% au coefficient GV de référence. Enfin, une V.M.C. hygroréglable assure un renouvellement d'air relativement économique, puisque dépendant du taux d'humidité, ce qui permet un bon niveau de confort tout en évitant les pertes de chaleur dues à une trop forte aération.

D'autres petites solutions viennent améliorer les performances énergétiques de l'ensemble, comme l'installation de ballons individuels de production d'eau chaude sanitaire qui assurent une production plus proche des besoins réels, l'éclairage des parties communes par des lampes basse consommation, l'installation de détecteurs de présence associés à une minuterie

³⁴¹ Le coefficient GV d'un logement est égal à ses déperditions thermiques, pour un degré d'écart entre les températures intérieures et extérieures.

au niveau des halls et des coursives, et des extracteurs de ventilation des parkings à moteurs à vitesse variable.

Les économies d'eau ne sont pas oubliées grâce à la mise en place de systèmes économiseurs d'eau comme les réducteurs de pression, les douchettes à effet Venturi ou les chasses d'eau économes.

Un suivi des consommations individuelles et collectives est effectué pour valider les hypothèses de conception notamment au niveau de la consommation de la P.A.C. avec système d'alerte auprès des locataires. Le maître d'ouvrage, qui est aussi le bailleur, a suivi l'installation des nouveaux résidents en leur distribuant symboliquement 2 lampes basse consommation mais également en effectuant des visites individuelles pour expliquer le fonctionnement des équipements.

Cet immeuble d'une sobre modernité respecte donc subtilement les règles d'une conception bioclimatique adaptée à un site urbain dans une région au climat continental.

Il faut cependant insister sur l'aspect qualité de vie très important dans ce projet. L'intégration des personnes âgées dans la société, dont la canicule de 2003 a révélé l'importance, a été très bien étudiée, les logements qui leur sont destinés ont d'ailleurs bénéficié de prestations spécifiques afin de favoriser leur maintien à domicile (volets roulants électriques, adaptation de la salle de bain, seuils des portes-fenêtres donnant sur les balcons abaissés, etc.). Cet aspect de la construction traduit une volonté réelle de faire porter au bâtiment un rôle social, presque politique, afin d'agir sur l'avenir tout en préservant la planète.

Ce projet a d'ailleurs séduit le jury du prix Habitat Solaire Habitat d'Aujourd'hui qui lui a attribué le prix « logements collectifs » en 2006. Actis a également reçu, pour Moyrand, la certification Qualitel qui valorise les réalisations performantees sur le plan de l'acoustique, de la thermie, de la maîtrise des charges et la pérennité des équipements et de l'enveloppe. Par ailleurs, l'immeuble a reçu le label « haute performance énergétique 4 étoiles » qui atteste que les consommations d'énergie seront au-moins inférieure de 15% à celles prévues par la RT 2000.

Outre la philanthropie, ce projet s'est parfaitement inscrit dans les limites d'un financement social et les premières études montrent qu'il est très rentable étant donné son faible coût énergétique. Cette considération est très importante car ce type de programme restait très marginal dans le domaine de l'immeuble de rapport étant donné que le promoteur supportait le surcoût dû à une construction énergétiquement performante tandis que seul le locataire profitait de la baisse des charges.

Autre point très important, cette réalisation montrant que l'on peut produire une architecture valable, sociale, respectueuse de l'environnement et économiquement acceptable a maintenant valeur de référence pour les nouveaux projets de l'O.P.A.C. de la région grenobloise.

La F.N.S.C.H.L.M. qui, on l'a vu plus haut, dit se préoccuper des problèmes de développement durable depuis 1990 a enfin eu l'occasion de jouer son rôle de moteur en matière d'habitat collectifs.

- La résidence Salvatierra à Rennes³⁴² (III.119 à 121).

« Salvatierra, le premier immeuble écologique collectif en France »³⁴³, telle est l'en tête du chapitre consacré à cet exemple dans le livre « Maisons écologiques d'aujourd'hui », soulignant ainsi l'importance capitale de ce bâtiment situé à Rennes et livré en 2001. Depuis plusieurs années maintenant, la ville de Rennes a entrepris de favoriser un développement urbain écologique. Dès 1989, elle lance un projet comportant de nombreux principes de développement durable en prenant en compte la protection des espaces verts, le développement des transports collectifs, la réalisation d'aménagements destinés aux piétons et aux cyclistes, une gestion plus écologique de l'eau et de l'énergie, ainsi que la création de nouvelles zones d'aménagement concerté.

Après des recherches, des enquêtes et des échanges actifs entre les habitants, les services municipaux et les professionnels, le projet urbain de Rennes validé en 1991 est remodelé et une nouvelle version est publiée en 1999. La nature dans la ville et l'environnement font désormais partie intégrante des choix en matière d'urbanisme et de construction. La mixité sociale est favorisée et un grand soin est apporté à l'intégration de logements sociaux dans chaque partie de la ville. La gestion de l'eau et des déchets est également un point fort de la politique menée par la municipalité.

C'est dans cette optique que la ville a élaboré une charte de l'environnement, validée en 2000 par le ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire, qui a pour but de renforcer les atouts environnementaux de la ville et d'en corriger les faiblesses.

Au milieu des années 1990, la mairie de Rennes a donc décidé d'aménager une zone d'habitat, la Z.A.C. Beauregard, proposant 2 300 logements sur une surface de 71 hectares, dont les 2/3 préservés en espaces verts. La qualité de vie et l'environnement ont été mis au cœur du projet et les facteurs de confort et de préservation de l'environnement ont été privilégiés, vastes espaces plantés, îlots découpés en fonction des vents dominants, collecte et tri des déchets, réduction du bruit (étude d'impact acoustique réalisée en 1995 sur les zones sensibles du quartier), etc..

C'est pour l'un des bâtiments de cette Z.A.C. et à l'initiative de la ville, que la Coop de construction a répondu en 1997 à un appel à proposition du programme Thermie de la commission européenne pour le projet Cepheus³⁴⁴. Ce projet a pour objectif de promouvoir la construction de logements confortables avec des charges énergétiques négligeables, le surcoût de l'investissement étant compensé par les économies de gestion. Le but est d'atteindre une consommation annuelle de chauffage inférieure à 15kWh/m² et une consommation énergétique totale (chauffage, eau chaude, éclairage et appareils ménagers) à 42 kWh/m². Ces objectifs très ambitieux correspondent à une économie d'énergie d'environ 75% par rapport aux moyennes actuelles dans le logement neuf.

Cepheus a soutenu la construction d'environ 250 logements dans cinq pays européens (Allemagne, Autriche, France, Suède, Suisse), avec suivi scientifique et évaluation de

³⁴² Ce bâtiment est traité grâce à :

- OLIVA Jean-Pierre, BOSSE-PLATIÈRE Antoine et AUBERT Claude, *Maisons écologiques d'aujourd'hui*, Mens, Terre vivante, 2002.

- EMERY Marc, *Innovations durables: une autre architecture française*, Basel, Birkhäuser, 2002.

- GAUZIN-MULLER Dominique, *L'architecture écologique : 29 exemples européens : enjeux et perspectives, urbanisme et développement durable, architecture et qualité environnementale*, Paris, Éd. du Moniteur, 2001.

³⁴³ OLIVA Jean-Pierre, BOSSE-PLATIÈRE Antoine et AUBERT Claude, *Maisons écologiques d'aujourd'hui*, Mens, Terre vivante, 2002. Page 78.

³⁴⁴ Cost Efficient Passive Houses as European Standards (bâtiments passifs à coût rentable).

l'exploitation des habitations mais la Coop de Construction est le seul partenaire français retenu par le programme et Salvatierra est le plus grand de ces bâtiments (43 logements avec 3100 m² habitables).

La Coop de Construction de Rennes créée en 1949 est une structure non-H.L.M. s'occupant du logement des ménages modestes. Elle met l'accent sur l'accession à la propriété depuis une dizaine d'années, mais s'investit (elle aussi) dans la construction écologique depuis le début des années 90.

Le projet Salvatierra est né dans le cadre de la signature par la Ville de Rennes et par l'A.D.E.M.E. de la Charte Cités-Vie. Il a ainsi bénéficié d'aides institutionnelles de la région Bretagne, de la ville de Rennes, de l'A.D.E.M.E., et du Conseil local à l'énergie.

Pour cette construction, le choix de l'architecte, par son parcours, a constitué une étape importante. « Nous avons choisi comme architecte Jean-Yves Barrier, qui possédait une longue expérience de l'architecture bioclimatique » reconnaît Thierry Wagner, directeur de la Coop de construction. La sélection des entreprises est ensuite passée « par une action pédagogique auprès des artisans. Nous avons choisi ceux qui étaient ouverts à comprendre et à appliquer les choix ».

Cette volonté institutionnelle forte couplée au choix du maître d'ouvrage et à la personnalité de Barrier permet à la résidence d'offrir une synthèse très performante de solutions architecturales, techniques et constructives visant à offrir aux habitants des conditions optimales de cadre de vie et de bien-être, tout en garantissant une réduction maximale des émissions polluantes et des consommations d'énergie **(III.122)**.

En ce qui concerne le cadre de vie, la relation du bâtiment avec son environnement a été soignée puisque le site a subi un traitement paysager complet. L'implantation du bâtiment sur un axe est-ouest a également permis de disposer d'une longue façade au sud, ouverte sur des installations sportives de plein air. Elle ne génère donc aucun masque gênant. Enfin, le parking souterrain a été conçu de telle sorte qu'il réduise l'emprise au sol du stationnement autour de l'immeuble.

Pour le reste, Salvatierra va très loin. Tout les appartements sont traversants et donc biorientés nord/sud ce qui favorise, entre autres, la ventilation naturelle **(III.123)**. Chaque appartement est accessible individuellement, à partir d'une coursive spacieuse (1,80 m de large) et silencieuse (sol asphalté) **(III.124 et 125)**. Conçue comme une véritable rue privée bénéficiant au maximum de la lumière naturelle, elle remplace avantageusement les habituels couloirs et cages d'escaliers sombres mais elle permet aussi une grande densification des 4 premiers niveaux. Les espaces collectifs ayant disparus, chaque cloison d'appartement donne sur un autre, également chauffé et l'inertie est améliorée.

Face au sud et au parc, les appartements des 4 premiers niveaux disposent d'un balcon faisant office de casquette solaire pour le niveau inférieur. Ceux du dernier étage bénéficient d'une confortable terrasse. Les séjours orientés au sud sont éclairés par de vastes baies. Chaque fenêtre ou porte-fenêtre est occultée par un volet roulant ou des volets battants.

Pour concilier les objectifs d'inertie thermique et d'isolation acoustique et thermique, l'architecte a conçu une structure et une enveloppe mixte. La structure est en béton armé, associée à une ossature bois pour les façades nord et sud des étages en attique et les pignons est et ouest. La façade sud est réalisée en bauge **(III.126)**, blocs préfabriqués en atelier de 50 cm d'épaisseur constitués d'un mélange humide d'argile, de paille d'orge hachée et de ciment, moulé, comprimé puis séché. Parfait isolant acoustique et thermique, la bauge apporte une bonne régulation hygrométrique, une inertie et une capacité de stockage indispensable au concept bioclimatique.

L'hiver, l'habitat en terre est facile à chauffer, car la terre est un bon isolant. L'été, l'intérieur reste frais grâce à l'inertie thermique. La terre apporte donc confort et chaleur ainsi qu'une

qualité d'atmosphère propre à ce matériau. Le maître d'œuvre a également eu recours aux matériaux naturels pour les finitions intérieures et extérieures, bardage en lames d'épicéa, enduits à la chaux aérienne, peintures N.F. Environnement, etc.

Pour l'essentiel de l'enveloppe, les concepteurs ont privilégié un haut niveau d'isolation thermique. Les façades à ossature bois intègrent 16 cm de laine de chanvre dont les performances sont comparables à celles d'une laine minérale. Ainsi, le coefficient de déperdition est très bas ($0,21 \text{ W/m}^2$), valeur encore améliorée en toiture avec 20 cm de laine de chanvre ($0,20 \text{ W/m}^2$) et au niveau du plancher bas sur sous-sol ($0,19 \text{ W/m}^2$). Les fenêtres en bois sont équipées de vitrages haute performance qui leur confèrent un coefficient remarquable ($1,3 \text{ W/m}^2$). Cette performance contribue à l'absence de phénomènes de paroi froide en hiver et à la limitation de l'effet de serre en été.

Grâce aux apports solaires directs des vitrages orientés au sud et grâce au bon niveau d'isolation de l'enveloppe, les besoins en énergie résultent essentiellement du renouvellement de l'air ambiant. Les logements ont donc été équipés de chauffage aéraulique, assuré par deux sources complémentaires, une V.M.C. double flux à haut rendement et un échangeur air/eau sur le réseau urbain. Cette installation assure une température ambiante de 16 à 17°C pour une température extérieure de - 5°C. L'ensemble répond à l'essentiel de besoins mais les résidents disposent de convecteurs de faible puissance (500 W), pour moduler la température pièce par pièce.

L'eau chaude sanitaire est produite pour moitié par 100 m² de capteurs solaires reliés à deux ballons de 2000 litres, l'autre moitié étant issue du chauffage urbain. L'essentiel du complément au solaire, pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire, est donc fourni par une énergie économiquement et écologiquement intéressante si l'on considère que le chauffage urbain est issu de l'incinération des déchets ménagers.

Enfin, des lampes à basse consommation sont utilisées pour l'éclairage des parties communes et tous les appartements sont équipés de câbles blindés afin de limiter les champs électromagnétiques. Ce dernier point montre à quel point cette réalisation est poussée. Il faut ajouter qu'un groupement d'achats d'appareils électroménagers à basse consommation d'énergie a été constitué par les acquéreurs avec l'appui du conseil local de l'énergie. Des aides conséquentes de l' A.D.E.M.E. et d' E.D.F. ont été apportées aux acquéreurs d'appareils de classe A.

La notoriété de Salvatierra et le fait que cette réalisation entre dans le cadre de Cepheus nous permet d'avoir une grande quantité d'informations sur ce bâtiment, notamment sur le suivi des performances.

L'enquête réalisée par l' I.N.S.A. de Rennes auprès des habitants a ainsi mis en évidence leur satisfaction pour le confort obtenu en été même pendant les périodes de canicule. En août 2003, alors que la température extérieure atteignait 39°C, la température intérieure ne dépassait pas 26°C pour un logement témoin traversant avec façade sud en bauge et 31°C pour un logement duplex traversant à ossature bois.

Malheureusement, les consommations d'énergie mesurées pour le chauffage et pour la production d'eau chaude sont beaucoup plus élevées que les valeurs cibles définies pour Cepheus. Toutefois, la consommation d'énergie primaire pour le chauffage et l'eau chaude ($60 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an}$) positionne ce bâtiment bien en dessous de la valeur plafond fixée par la RT 2005 pour les logements chauffés par des combustibles fossiles située à $110 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an}$ en zone climatique H2. De plus, grâce aux nombreux bilans et expertises réalisés, les failles sont connues et seront corrigées ou évitées pour les prochaines opérations.

En ce qui concerne le bilan financier, le surcoût pour l'acquéreur est d'environ 8% du prix de vente mais les charges énergétiques sont réduites de 75%. Dans le cas d'un quatre pièces de 77m² par exemple, le surcoût représente 8 842 euros TTC. En contrepartie, la facture annuelle

d'énergie sera de l'ordre de 305 euros, au lieu de 1 067 euros pour un logement aux mêmes caractéristiques. Le gain annuel étant de 762 euros, le surcoût sera amorti en moins de 12 ans, soit avant la fin de l'emprunt, programmé dans la plupart des cas sur 15 ans.

Reste que le coût de revient de la construction (travaux et honoraires) est supérieur de 17% à l'objectif visé dans le cadre du projet Cepheus. Ce surcoût est essentiellement dû à l'utilisation de solutions non habituelles. Certaines innovations techniques du projet se sont en effet heurtées à des blocages administratifs importants malgré le soutien institutionnel et financier apporté par l'Etat et l'Union Européenne. La technique du mur de terre et de la V.M.C. double flux, par exemple, a dû faire l'objet d'une procédure d'Atex (Avis Technique d'EXpérimentation) pour obtenir l'assurance dommage-ouvrage, jugée indispensable par le maître d'ouvrage. Malgré tout, Salvatierra n'est pas un échec, car le projet extrêmement ambitieux a dû essuyer les plâtres.

Pour la Coop de Construction, promoteur constructeur de l'opération, le projet Salvatierra a été plus long et plus coûteux que les projets habituels. Mais il a permis de sortir des sentiers battus et d'innover à la fois pour la construction et pour la concertation avec les habitants. Les acquéreurs se disent « fiers » d'habiter ce bâtiment expérimental. Salvatierra est à la fois une expérience à reproduire et un modèle à améliorer. La Coop de Construction a d'ailleurs engagé plusieurs autres opérations de bâtiments à basse consommation d'énergie, notamment à Mordelles (Ille-et-Vilaine) avec un nouveau projet de 42 logements collectifs d'architecture bioclimatique avec plancher solaire direct et modules photovoltaïques en façade sud.

A Rennes, les opérateurs des tranches suivantes de la ZAC de Beauregard seront tenus d'adopter un nouveau cahier des charges issu de l'expérience Salvatierra, imposant des capteurs solaires et une réflexion sur la gestion de l'eau entre autres.

L'architecte Jean-Yves Barrier, lui, ne regrette qu'une chose, qu'il ne se construise pas plus de logements collectifs de ce type. « C'est dommage de voir qu'on est capable de construire des bâtiments très économes en énergie et qu'on se contente de constructions très éloignées de ces performances ! L'objectif était ambitieux et nous y sommes presque parvenus. Il faut que cette expérience se transmette. »

Opération réussie pour Oliva qui pense que, grâce à Salvatierra, « c'est mine de rien une autre façon de vivre qui s'ébauche ». ³⁴⁵

³⁴⁵ OLIVA Jean-Pierre, BOSSE-PLATIÈRE Antoine et AUBERT Claude, *Maisons écologiques d'aujourd'hui*, Mens, Terre vivante, 2002. Page 80.

II.II.II.) L'habitation particulière.

La maison d'habitation particulière est le lieu d'expression par excellence de l'architecture environnementale car sa taille permet de mettre facilement en place des dispositifs expérimentaux, beaucoup plus complexes et coûteux dans des opérations comme celles décrites plus haut. Là encore, la maison d'habitation particulière est de plusieurs types différents. Elle peut être conçue par un architecte ou proposée au catalogue d'un constructeur. Mais elle peut également être construite par son propriétaire lui-même. Ce dernier type de maison est le plus intéressant car les autoconstructeurs sont généralement très libres et très inventifs. C'est donc chez eux particulièrement que s'expérimentent les solutions qui seront ensuite adaptées aux autres constructions.

II.II.II.I.) Maisons d'architectes.

- La maison bioclimatique³⁴⁶ (III.127).

Monsols, dans le haut Beaujolais, peut s'enorgueillir de compter sur ses terres l'une des plus abouties et des plus célèbres maisons bioclimatiques françaises. Elle a été construite par Yves Perret et l'Atelier de l'Entre à la fin des années 90 pour deux jeunes retraités de retour au pays après une carrière parisienne. Leur grande sensibilisation aux problèmes environnementaux les avait poussés à se lancer dans un projet d'habitat environnemental mais le plan qu'ils avaient conçu était celui d'un banal pavillon. C'est leur rencontre avec Perret qui a fait évoluer le projet de manière déterminante. Ce projet tient tout entier dans le poème de l'architecte qui légende cette construction sur son site internet.

« Ramasser les pierres d'une ruine sous un buisson voisin pour bâtir les soubassements.
Couper les sapins de la forêt voisine à la bonne lune pour tailler la charpente.
Isoler avec de la laine de bois pour que le poseur ne se gratte pas avant de dormir.
Tendre des pare-vapeurs en papier ciré pour éviter les molécules que la nature ne sait pas digérer.
Peindre en éliminant les solvants ramollisseurs de neurones.
Carreler d'argile locale cuite pour diminuer les transports routiers.
Alimenter les lieux de sommeil en basse tension.
Éliminer sous les lits la circulation d'eau du P.S.D..
S'enfoncer dans ce sommet de colline pour ne pas déranger le vent froid.
Buter le mur nord de terre comme un pied de pomme de terre.
Placer les plans et volumes pour créer au sud un microclimat chaud.
Ralentir le cycle de l'eau par une toiture plantée et un bassin percé, amortisseur hydraulique qui coule dans des drains inversés.
Placer 17 m² de capteurs solaires pour minimiser l'usage des combustibles fossiles (gaz).
Demander au paysan sourcier, fumeur de "gitanes maïs" de localiser les eaux souterraines pour s'implanter à côté.³⁴⁷ »

³⁴⁶ Ce bâtiment est décrit dans OLIVA Jean-Pierre, BOSSE-PLATIÈRE Antoine et AUBERT Claude, *Maisons écologiques d'aujourd'hui*, Mens, Terre vivante, 2002. Il a été publié de nombreuses fois, notamment dans *Système D*, hors série n°55, Septembre 2006. Pages 6 à 10.

³⁴⁷ Poème d'Yves Perret, <http://perret.desages.free.fr/>

L'apparence de la maison est la résultante d'une volonté de parfaite symbiose avec l'environnement. Construite au sommet d'une colline, sa forme lui permet de s'intégrer remarquablement au site vallonné qui l'entoure. Le gonflement de la toiture au-dessus du salon, par exemple, dessine une courbe émergeant de la terre évoquant les formes de la colline. Mais cette courbe a surtout pour vocation d'ouvrir la maison vers le sud afin qu'elle bénéficie d'un ensoleillement maximum **(III.128 et 129)**.

Cet aspect naturel de la forme est appuyé par la végétalisation de la toiture. Selon l'expression de l'architecte, « la toiture plantée vient renforcer [... l'] appartenance au sol » de la maison, comme pour l'affirmer telle une simple protubérance naturelle issue d'un hoquet géologique. Du point de vue bioclimatique, cette disposition a l'avantage particulier de retenir l'eau, récupérée dans le puits visible dans l'angle sud-ouest, et participe ainsi à l'équilibre hydraulique général de la maison. La végétalisation apporte également un surplus d'isolation très opportun en toiture et contribue au confort d'été.

La distribution intérieure a également été conçue en accord avec les principes bioclimatiques puisque des espaces tampons (cuisine, escalier, toilettes, chambre d'ami) ont été placés le long du mur nord **(III.130)**.

Enfin, la disposition générale des masses et du débord de la toiture crée un microclimat agréable, ensoleillé mais protégé du vent sur la terrasse prolongeant la maison vers l'extérieur face au sud.

L'inscription dans le site se traduit aussi par le recours à des matériaux issus de l'environnement proche. Les matériaux de base de l'enveloppe et de la structure sont la pierre et le bois. Le mur nord quasiment opaque et épais de 40 cm, sur lequel s'appuie le talus, est composé de pierres apparentes huilées, hourdées au mortier de chaux. L'isolation est complétée par l'extérieur. On retrouve la pierre en soubassement des façades est, ouest et sud. Elle est apparente côté extérieur avec isolation intérieure en liège habillé de cellulose recevant une peinture biologique.

Sur ce socle de pierre s'élève une superstructure et des façades en bois. Les poteaux sont des troncs écorcés de sapin du pays. Les poutres sont également en bois massif. Les parois d'enveloppe sont de type composite avec, de l'extérieur vers l'intérieur, un bardage en mélèze non traité, une isolation en laine de bois, un pare vapeur de papier ciré et une finition en plâtre armé de fibre de bois.

En couverture, un platelage épais de 4 cm recouvre la structure formant un plafond de solives pour les plans horizontaux et une coque arrondie sur arbalétriers au-dessus du salon. La toiture plantée est composée d'une forme de pente en béton de vermiculite, d'une épaisseur moyenne de 6 cm, d'une isolation en laine de roche de 10 cm, d'une étanchéité soudée à chaud, d'un complexe drainant (3 cm) et d'une mince couche de terre végétale (8 cm) sur laquelle poussent des plantes grasses fétuques.

Les concepteurs ont été attentifs à la faible consommation énergétique des matériaux, y compris lors de leur transport puisque la pierre a été récupérée sur place, le bois vient de la forêt voisine et la terre cuite du sol a été travaillée par un artisan local. Outre l'aspect énergétique, ces matériaux sont non-toxiques et favorisent surtout l'insertion visuelle du bâtiment dans la nature.

Dans le même esprit, les traitements, les liants, les peintures ont été sélectionnés dans des gammes de produits dits sains. Le sapin de structure et de charpente, « coupée en bonne lune », est traité au sel de bore. Le bois apparent est protégé et embelli par une finition de cire et le carrelage de terre cuite et les pierres du mur nord sont simplement huilés. On a également utilisé du lait de chaux, des lasures, des peintures biologiques et les membranes d'étanchéité de la toiture végétalisée sont sans chlore.

A l'intérieur, l'orientation et le dimensionnement des baies sont étudiés pour favoriser les apports passifs, en éclairage et en chauffage. Le séjour est très clair, alors que la lumière naturelle est moins présente dans les chambres, lieu où elle est de toute façon plutôt combattue.

Le chauffage est issu d'un plancher basse température de 180 m² alimenté par 17 m² de capteurs solaires, discrètement intégrés en retrait de la couverture et couplés à une chaudière propane par l'intermédiaire d'un système électronique favorisant les apports solaires. La magnifique cheminée de tôle noire trônant dans le séjour rayonne dans l'espace et permet un petit complément en intersaison, mais sa vocation est surtout de favoriser la convivialité.

Deux ballons d'eau chaude de 250 litres reliés aux capteurs solaires et à la chaudière assurent une confortable disponibilité de l'eau chaude sanitaire dans des conditions avantageuses. Le taux de couverture solaire est de 63% pour l'eau chaude et de 30% pour le chauffage.

Signalons tout de même que deux circuits séparés alimentent chambres et pièces à vivre, ce qui permet de baisser la température dans les chambres sans nuire au confort dans les autres pièces.

Reste l'équipement électrique, conçu avec le même souci de recherche d'un bon compromis entre confort et réduction de la consommation énergétique. Toute la partie nuit est ainsi alimentée en 24 volts afin de limiter les champs électriques dans l'environnement du sommeil. Les appareils d'éclairage sont à basse consommation et ont été intégrés dans la conception architecturale pour créer une ambiance chaleureuse. Enfin, l'électroménager a été sélectionné pour ses performances énergétiques.

Le souci du détail a même poussé les concepteurs à équiper la maison d'un système d'aspiration à groupe centralisée qui permet d'éviter la dispersion de particules dans l'atmosphère comme ce serait le cas avec un habituel aspirateur-traîneau.

Pour être complet, signalons que le coût au m² habitable de l'opération est de 1359 euros TTC. Ce chiffre est à mettre en relation avec un programme de même nature, c'est-à-dire une maison très confortable de 200 m². Ajoutons à cela que les dispositifs énergétiques, même s'ils sont perfectibles, vont permettre de substantielles économies et l'on comprendra alors que le prix de la maison de Monsols est aussi une réussite. Elle est à ajouter au succès architectural qui résulte d'une cohabitation harmonieuse de références diverses (III.131). Les murs en pierre et la cuisinière Godin à bois de la cuisine ont le bon goût d'autrefois mais le chauffage est assuré par un système solaire haute technologie et une chaudière gaz à haut rendement, le bois se mélange à la pierre dedans comme dehors, la maison est située sur un promontoire mais elle est invisible, etc..

Inutile de préciser à quel point le rôle de l'architecte a été ici déterminant. Sa compétence en matière de conception bioclimatique alliée à un coup de crayon original rompt complètement avec le design anguleux des maisons allemandes pourtant leader dans le domaine. Perret a-t-il donné une forme à l'architecture environnementale française ? Non, puisqu'il ne semble pas y avoir de canon formel de l'architecture environnementale, du moins en France. En revanche, il a exploré une autre voie architectural dont l'émergence n'est pas induite mais favorisée, rendue possible par les recherches sur les performances environnementales.

Reste à savoir pourquoi de telles réussites ne sont qu'épisodiques dans le paysage architectural français. Ce projet simple au départ devait être achevé en 9 mois ; il a finalement demandé deux ans de construction à cause des problèmes rencontrés, notamment le manque de formation des artisans. Le bois coupé et non-traité ayant été mal entreposé, il a fallu, par exemple, deux mois aux propriétaires eux-mêmes pour effectuer le traitement au pinceau, la scierie refusant de vider ses cuves de traitement habituel pour un seul chantier. Autre exemple, les peintures intérieures ont dû être décapées puis refaites, les ouvriers n'ayant pas tenu compte de la volonté des propriétaires d'utiliser des peintures biologiques. Ce sont ces

difficultés plus que toute autre qui annihilent les bonnes volontés. Heureusement, ce type de programmes où les chantiers ayant vocation à former les ouvriers sont de plus en plus nombreux et chaque réussite comme Monsols fait avancer les choses.

- La maison 50's³⁴⁸ (III.132).

La place de cette réalisation était difficile à trouver tant elle est à mi-chemin entre réalisation d'architecte et de constructeur. A l'origine de l'histoire, la société Maison France Confort, constructeur de maisons individuelles, souhaitait développer une gamme de maisons environnementales pour enrichir son catalogue. Le président de l'une des filiales régionales de cette société, Jacques Jullien à Toulouse, décide donc de se faire construire une maison pour valider certains choix. Construite entre mai et septembre 2005, la maison a été ensuite mise au catalogue sous le nom de Solis. Elle était donc d'abord une réalisation d'architecte avant d'entrer au catalogue d'un constructeur. Cette idée est renforcée par le fait que son identité architecturale est très différente de celle des autres maisons du catalogue.

Côté technique, rien d'autre que ce que nous avons déjà rencontré. La maison d'une surface de 160 mètres carrés est construite en briques alvéolaires de terre cuite (nous sommes à Toulouse), montées selon la technique du joint mince³⁴⁹. La faible épaisseur des briques, 20 cm, a nécessité l'ajout d'une isolation en doublage optima³⁵⁰ et laine de verre en toiture. L'isolation est renforcée par des vitrages basse émissivité. Les menuiseries des grandes baies sont intégrées au sol afin d'éviter les ponts thermiques fréquents à cet endroit.

La construction est chauffée par un plancher rayonnant électrique à isorupteurs³⁵¹ et des radiateurs sèche-serviettes apportent un complément dans les salles de bains. Une cheminée complète le dispositif de chauffage. La production d'eau chaude est assurée par un chauffe-eau solaire, dont les capteurs sont invisibles, couplé à une chaudière à gaz. La maison est également équipée d'un système d'aspiration centralisée (comme celle de Monsols).

L'éclairage, les stores et les volets roulants sont commandés par un système domotique à commande téléphonique à distance qui gère aussi le système de chauffage et l'alarme.

La ventilation est assurée par VMC hygro-réglable et un dispositif de surventilation est mis en route la nuit pour capter la fraîcheur nocturne et abaisser la température intérieure de la maison. Ce système permet de conserver une température intérieure toujours inférieure d'environ 5°C à la température extérieure et cela sans climatisation.

Enfin, la toiture terrasse a été végétalisée, les eaux de pluies sont récupérées, le bois utilisé pour les finitions intérieures et les terrasses est issu de forêts gérées durablement et les finitions intérieures ont été réalisées grâce à des peintures sans solvants.

Ces solutions sont maintenant habituelles et aucun chantier se disant un tant soit peu écologique ne peut s'y soustraire. On peut même regretter qu'elles n'aient pas été poussées plus avant. Pourquoi utiliser de la brique monomur de 20 alors que des briques plus épaisses auraient évité la pose d'un doublage ? Pourquoi poser ce doublage en intérieur et se priver ainsi de l'inertie de la brique permise par une isolation extérieure ? En sachant en plus qu'un doublage externe n'aurait absolument pas affecté l'aspect extérieur de cette maison. Pourquoi des capteurs solaires pour l'eau chaude sanitaire et un plancher rayonnant électrique ?

³⁴⁸ Ce bâtiment a également été abordé dans Futuremaison.com n°4, dernier trimestre 2006. Pages 44 à 50.

³⁴⁹ Cette technique consiste à monter les briques à la colle et non au mortier. L'espace entre les briques et donc les ponts thermiques sont ainsi réduits.

³⁵⁰ Doublage intérieur sur structure métallique.

³⁵¹ Éléments en polystyrène, identiques à ceux mis en place aux Mureaux, évitant les ponts thermiques au niveau du solivage du plancher.

Ces aberrations sont pourtant compensées par l'approche bioclimatique pointue de l'architecte.

Les pièces à vivre placées au sud s'ouvrent grâce à de très larges espaces vitrés. Ces baies permettent de profiter de la vue sur le jardin mais aussi de bénéficier pleinement des apports solaires passifs (**III.133**).

Au premier, ces baies sont celles des chambres, (**III.134**) on peut donc les occulter pendant les heures les plus chaudes de la journée mais au rez-de-chaussé, il s'agit du salon. Pour ne pas avoir à vivre dans le noir en été, ces baies sont placées en retrait de la façade. Ce retrait, qui permet l'aménagement d'une terrasse couverte, a été calculé pour que la toiture fasse office de casquette solaire l'été. De plus, la terrasse couverte a été dallée d'ardoise, matériau noir qui absorbe les rayons solaires au lieu de les renvoyer dans les baies.

A l'intérieur, les murs sont pleins pour profiter de l'inertie. En hiver ils emmagasinent la chaleur fournie par le soleil le jour et la restitue la nuit, en été le phénomène s'inverse.

Au nord de la maison, on trouve les fameux espaces-tampons, garage, escalier, dressing, WC et salle de bain. Peu de fautes en matière de bioclimatisme.

Cependant, le plus intéressant est sans doute le parti architectural de la maison qui tranche radicalement avec tout ce que l'on a pu voir jusqu'ici. Pas de formes gauches ni de formes organiques, l'inspiration est clairement l'architecture des années 50, minimaliste, composée de formes géométriques primaires, lignes, carrés, cubes, volumes simples et toitures plates. Elle est d'ailleurs assumée comme telle par l'architecte. Cependant outre le pied de nez que constitue ce choix formel, on a vu que le mouvement s'était aussi construit en réaction à ce type d'architecture car cette forme permet d'obtenir des volumes compacts, simples, très performants en matière d'économie d'énergie. Les décrochés provoquent, en effet, des ponts thermiques souvent complexes à traiter. La compacité est également une des prescriptions de l'architecture bioclimatique.

Malgré ses imperfections, cette maison reste tout de même très performante en matière d'économie d'énergie : son coefficient C^{352} est en effet inférieur de près de 35% au Cref de la RT 2000 alors en vigueur. Elle a d'ailleurs reçu plusieurs prix³⁵³, maison d'Or catégorie G du challenge U.N.C.M.I. 2005 et médaille d'or aux trophées de la maison individuelle Vivrelec 2005 d'E.D.F. dans la catégorie Projet Innovation.

Le jury de la catégorie nature G du challenge de l'Union nationale des constructeurs de maisons individuelles s'attache au développement durable c'est-à-dire à l'économie des ressources non renouvelables et décerne son prix selon plusieurs critères, « la performance énergétique globale, l'intégration des énergies renouvelables, architecture bioclimatique et confort d'été et l'impact environnemental des matériaux utilisés »³⁵⁴.

Le trophée Vivrelec, quant à lui, récompense les « concepts de maison mettant en œuvre des matériaux de construction innovants permettant une optimisation du chantier d'un point de vue environnemental ainsi que de grandes performances thermiques »³⁵⁵.

³⁵² Le coefficient C d'un logement traduit ses performances énergétiques globales. Il est exprimé en UEE, unités énergétiques équivalentes, qui permettent de comparer les 4 consommations composant le coefficient C, quel que soit leur type d'énergie spécifique, à savoir :

Cch : consommation énergétique annuelle pour le chauffage en kWh

Cec : consommation énergétique annuelle pour l'eau chaude sanitaire en kWh

Cax : consommation annuelle des auxiliaires (pompes, ventilateurs, ...) en kWh

Iaur : incidence des autres usages et redevances (abonnements EDF/GDF, ...)

³⁵³ Ces prix sont réservés aux constructeurs de maison individuelle puisqu'entre temps la maison est entrée au catalogue de MFC.

³⁵⁴ www.uniondesmaisonsfrancaises.org/ (le 27 mars 2008, l'U.N.C.M.I. est devenu Union des maisons Française.)

³⁵⁵ www.vivrelec.fr.

Lors du concours Vivrelec, Solis **(III.135)** a également remporté le prix du public, composé de constructeurs de maisons individuelles, d'industriels, de journalistes et de membres des équipes d'E.D.F..

Les performances thermiques intéressantes de cette maison, associées à un dessin très différent des courbes souvent observées jusqu'ici, montrent bien que ce n'est pas la conception ou le choix des matériaux en eux-mêmes qui impliquent une certaine forme. Le lien entre construction environnementale et forme gauchiste est donc uniquement dû à la volonté du constructeur ou de l'architecte qui souhaite signaler, par ce biais, les préoccupations environnementales qui ont présidé à la construction du bâtiment.

Malheureusement, Solis a coûté la coquette somme de 320 000 euros et même s'il ne faut pas oublier que la maison a une surface de 160 m², le prix au mètre carré de l'opération frôle les 2000 euros soit 640 €/m² de plus que pour l'opération de Monsols. Pour nuancer ces chiffres, il faudrait mettre en rapport le coût du terrain au milieu du Beaujolais et celui de la banlieue résidentielle toulousaine.

Rappelons que la maison à 100 000 euros vantée par les gouvernements successifs compte 85 m² ce qui fait 1176 euros par mètre carré. Les prestations ne sont évidemment pas les mêmes mais le terrain est compris dans le prix... La construction environnementale vue par les architectes ou un constructeur traditionnel n'est donc pas à la portée de tous, à moins d'introduire une forte dose d'autoconstruction comme nous le verrons plus tard.

II.II.II.II.) Les constructeurs.

- Domespace, le concept Imaginer – Eclorre – Enraciner – Partager³⁵⁶ (III.136 et 137).

Patrick Marsilli, le fondateur de la société Domespace présente très bien lui-même cette société de construction de maisons individuelles très originales.

« Mon enfance a baigné dans un milieu créatif, respectueux de la nature et de valeurs humanistes qui ont certainement préparé l'aventure DOMESPACE.

Avec Catherine, mon épouse, nous avons ensuite progressivement donné vie à nos rêves d'adolescence.

Après quelques inspirations et des années de recherches, en 1988, le prototype voyait le jour à Scaër en Bretagne.

L'entreprise connut inévitablement au fil des premières années, les traditionnels méandres des concepts innovants.

Pourtant, DOMESPACE avec l'aide de nouveaux acteurs a perduré et a finalement réussi à enraciner cette proposition paradoxale d'une maison neuve qui a déjà une âme. Cette forme, aux proportions d'or, s'inscrit dans la lignée des igloos, yourtes, wigam et autres cases qui ont depuis toujours, accompagné notre humanité passée toute entière par un ventre arrondi...

Tournée vers le futur par ses pertinences thermique, cyclonique, sismique, acoustique, par la rotation et sa faible radioactivité interne, son hygrométrie, elle s'intègre néanmoins parfaitement aux formes naturelles.

Il n'est plus acceptable que l'apport de nouveaux comforts se fasse avec pour contrepartie, l'asphyxie programmée de notre planète malade.

DOMESPACE recherche depuis sa création tout ce qui permet dans son domaine, de participer concrètement à cette prise de conscience indispensable et à grande échelle.

Les préoccupations environnementales, la recherche d'autres types d'habitat et le besoin de convivialité trouvent dans DOMESPACE une réponse cohérente. Les pionniers ont maintenant été rejoints par tous ceux qui aujourd'hui, sont devenus plus exigeants en matière de qualité des matériaux, de procédés de production, tout en restant attentif au coût. »

Patrick Marsilli

Concepteur.

Janvier 2004

Dès la lecture de cette introduction très engagée en faveur de l'environnement, on comprend qu'un Domespace se distingue d'abord par sa forme. « A la fois forme séculaire répertoriée sur tous les continents, à toutes les époques, et forme résolument évocatrice du Futur, le Dôme peut être défini comme point de rencontre entre les différentes cultures, une sorte d'évidence intemporelle toujours disponible pour l'Homme. » Le dôme est une forme très importante dans le domaine que nous étudions. Les dômes géodésiques de Fuller avaient ainsi fait l'objet d'une étude approfondie dans de nombreux ouvrages que nous avons évoqués³⁵⁷ et

³⁵⁶ Ce constructeur est également décrit dans OLIVA Jean-Pierre, BOSSE-PLATIERE Antoine et AUBERT Claude, *Maisons écologiques d'aujourd'hui*, Mens, Terre vivante, 2002.

³⁵⁷ Notamment dans GAC Pierre, *Shelter, Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, Paris, éditions Alternative et parallèles, 1977. Voir chapitre I.II.

ceux pour diverses raisons qui sont presque toutes reprises par Marsilli pour expliquer ce choix. Il a « travaillé longuement sur les proportions harmonieuses pour créer un habitat entièrement régulé selon des nombres d'or. »³⁵⁸

« Revenir à des formes courbes, c'est adoucir nos rapports au monde et recréer un centre qui nous... recentre. Ce n'est pas par hasard si la spiritualité a toujours inspiré aux hommes des formes sphériques, depuis les premiers baptistères jusqu'aux mosquées en passant par les stupas bouddhistes ³⁵⁹». Harmonie, spiritualité, mais aussi captation des énergies telluriques entre autres sont autant de points présentés par Zipper et Bekas comme fondamentaux pour comprendre les formes de l'architecture organique. Mais le projet de Marsilli, qui n'était au départ que la construction de son habitation personnelle, prend aussi cette forme car elle est celle du nid. Un dôme est donc la forme idéale pour créer une maison qui soit un environnement agréable pour ses occupants.

Mais le dôme a aussi permis de développer les autres caractéristiques tout à fait originales d'un Domespace.

Le mouvement tout d'abord. « L'observation du prototype a imposé la possibilité supplémentaire de faire tourner la structure sur son axe pour faire danser la lumière à l'intérieur, pour changer de paysage, pour moduler les besoins énergétiques, pour se protéger des tempêtes. »

La rotation permet donc de changer d'orientation visuelle et donc de rapport avec l'environnement, de s'isoler du bruit. Pour Marsilli, « en cas de travaux ou si un soir, des voisins sont trop bruyants, on peut tourner la chambre à coucher à l'opposé afin de dormir tranquillement ». Cette dernière possibilité devient parfaitement intéressante en milieu semi-urbanisé, pavillonnaire, où la relation au voisinage est, plus qu'en ville, créatrice de tensions. Tous les Domespace³⁶⁰ sont livrés rotatifs, soit automatiquement grâce à un pilotage électronique et un motoréducteur, soit manuellement, deux ou trois personnes poussant en périphérie suffisent à mettre l'édifice en mouvement. Des raccords souples passant dans l'axe central permettent les évacuations et des roues situées sous la passerelle perpendiculaire à l'axe permettent de suivre la déclivité du sol.

Cette disposition est très intéressante si l'on considère que le constructeur propose la mise en place de panneaux solaires (photovoltaïques et thermiques) sur ses constructions. Positionnés sur la partie supérieure du Domespace, ils sont invisibles depuis le sol et ne posent donc pas les problèmes esthétiques habituels. De plus, s'ils sont couplés à un dispositif de rotation mécanique commandé électroniquement, le dôme peut donc suivre la course du soleil tout au long de la journée. Les panneaux bénéficient ainsi d'une exposition très largement optimisés et leur rendement devient très supérieur à celui d'un dispositif statique.

Autres atouts découlant directement de la forme de l'ensemble, l'espace et l'accessibilité centrale. Dans un dôme, tout part du centre et s'y rejoint (**III.138**), l'absence de couloir représente donc un gain de place indéniable. L'aménagement intérieur a également été étudié. Ainsi par exemple n'existe-t-il pas de contraintes particulières pour le mobilier. En effet, on retrouve la possibilité de réaliser des cloisons planes, qui viennent simplement épouser la courbure sur la périphérie. En plus, sans mur de refend, toute évolution du cloisonnement intérieur est facilitée. On peut ainsi réaménager l'espace intérieur selon les contraintes apparaissant durant l'utilisation. Le nombre et le positionnement des fenêtres restent, eux aussi, totalement modulables et celles-ci peuvent être facilement déplacées.

Tous ces facteurs font que la quantité de lumière qui pénètre dans un Domespace est très importante alors que la quantité d'ouvertures semble modeste vue de l'extérieur. Cela tient aux vitrages dont l'inclinaison vers le ciel permet de recevoir beaucoup plus de lumière,

³⁵⁸ Interview de Patrick Marsilli disponible sur www.domespace.com.

³⁵⁹ *ibidem*.

³⁶⁰ De la gamme Harmonique.

même par temps couvert. Pour Marsilli, « cette luminosité est à la fois un avantage esthétique et un critère de confort intérieur », « la luminosité n'est pas seulement un critère esthétique, c'est aussi un moyen de lutte efficace contre la dépression ». Ces commentaires, certes à visée commerciale sont peut-être maladroits, mais ils abordent tout de même un thème traité par les Déoux dans leurs ouvrages³⁶¹.

La forme a également un impact fort les performances énergétiques du bâtiment. Dans une sphère, grâce à un phénomène de convection naturelle facilitée, l'air circule beaucoup mieux que dans un cube et permet ainsi d'éviter les zones froides. De plus, n'offrant pas de zones de contact vertical, l'aérodynamisme du dôme favorise le glissement du vent froid sur la coque. Grâce à la forme sphérique, il n'y a donc pas non plus de phénomène de mur froid qui peut amener des complications comme de la condensation à l'intérieur de la paroi.

Comparée à un cube, la sphère est le volume qui a le moins de surface à volume égal (la surface d'un cube est égale à 1,4 fois la surface d'une sphère pour un volume équivalent). En effet, un dôme de 700 m³, développe 330 m² de surface de contact entre l'intérieur et l'extérieur contre 400 m² pour une maison standard. La surface de contact intérieur/extérieur étant réduite, les déperditions sont moindres l'hiver et les gains moindres l'été.

D'autre part, pour diminuer les pertes énergétiques dans une maison, les principes du bioclimatisme ont montré que le choix de la disposition des pièces est primordial. Il faut orienter les baies vitrées vers le sud afin de favoriser la pénétration des rayons du soleil. Ici, en orientant les parties vitrées vers le soleil, on récupère un maximum d'énergie : inversement, en positionnant automatiquement la face non vitrée vers le soleil, la fraîcheur est maintenue. La rotation permet aussi de faire évoluer l'emplacement des espaces tampons. En journée l'été, en disposant les chambres au sud, on isole les pièces à vivre du rayonnement solaire et de la chaleur. L'hiver en revanche, selon le moment (jour ou nuit), on orientera au nord ou au vent les pièces dans lesquels personne ne se trouve pour isoler ainsi le reste de l'habitation.

Enfin, la forme de la maison apporte des bénéfices plus anecdotiques. N'offrant aucune perpendiculaire à l'onde tellurique et étant constitué de matériaux souples, des études réalisées par un cabinet d'ingénierie ont démontré qu'un Domespace résisterait à un tremblement de terre de magnitude 8 sur l'échelle de Richter, ce qui est plus qu'hypothétique sous nos latitudes.

De la même façon, sa forme aérodynamique qui garantit une excellente pénétration à l'air et ses systèmes anti-arrachement permettent à l'habitation de résister à des vents très violents. A Taïwan, en 1994, un Domespace a résisté aux vents violents (240 km/h) du cyclone « TIM ».

Outre sa forme, ce sont les matériaux dans lesquels il est conçu qui distingue un Domespace. Pour le concepteur, « la forme définie, le bois s'est naturellement imposé comme la meilleure solution pour passer du compas à la première construction que nous habitons toujours ». De la charpente à la couverture, en passant par l'isolant, le bois est présent partout dans un Domespace qui en est constitué à 95%. Il apporte une autre dimension écologique à la maison. Ses avantages sont nombreux, visuellement, nous avons déjà constaté que le bois favorisait les ambiances agréables et chaleureuses. Mais l'épicéa, un bois très clair qui domine à l'intérieur, apporte aussi de la luminosité à l'ensemble. Le bois est également un matériau écologique et sain. La structure d'un Domespace est constituée de lamellé-collé à colle sans solvants, la toiture est en red-cédrar, essence imputrescible qui permet au fournisseur d'afficher une garantie de 40 ans. Selon Marsilli, « un matériau "bio" qu'il faudrait changer tous les 10 ans ne devrait pas être considéré comme écologique ».

³⁶¹ Voir chapitre I.II.II.

L'isolation en liège est également garantie à vie puisque ce dernier ne peut ni se tasser, ni se détériorer avec le temps. Enfin tout le bois utilisé pour construire un Domespace est sans traitement chimiques ou thermiques et la coupe est compensée par un programme de reboisement. Ce programme ainsi que la capacité du bois à stocker du CO² compensent également le coût environnemental de l'importation d'essences ne poussant pas en France. Le bois permet un recyclage éventuel et les modifications de parties de la maison sont facilitées puisque le bois peut être recoupé, déplacé et réutilisé. Il permet des conditions de travail saines, évite la contamination de la zone de construction, et facilite l'intégration dans la végétation (**III.139**), déjà favorisée par la forme du bâtiment, que le constructeur vante en ces termes, « ce n'est pas un hasard si des animaux sauvages tels que les chevreuils, s'approchent sans crainte d'un Domespace. Les courbes sont véritablement des formes naturelles et rassurante ».

En ce qui concerne la construction proprement dite, les éléments préfabriqués arrivent par camions puis sont assemblés sur place par des monteurs. Le chantier est donc propre, très rapide et sans nuisance (**III.140**).

Reste l'isolation thermique d'un Domespace qui en fait un exemple très performant d'habitat écologique. De l'intérieur vers l'extérieur, les parois sont constituées de 22 mm d'épicéa, de 180 à 280 mm de liège, 18 mm de contre-plaqué (ou d'OSB), couvert par 30 mm de red-cedar ventilé par 50 mm d'air. Le bois possède une capacité naturelle d'isolation thermique 350 fois plus grande que l'acier et 10 fois plus grande que le béton. Le liège quant à lui est un matériau très durable puisque son prélèvement ne condamne pas l'arbre. C'est un très bon isolant thermique et acoustique et, comme le bois, c'est un parfait régulateur hygrométrique (**III.141**). Allié à la forme du dôme, à des vitrages basse émissivité et à une finition soignée pour éviter les ponts thermiques, le bois confère un bilan thermique véritablement exceptionnel à ces constructions puisqu'une étude réalisée par E.D.F. arrive à un coefficient G de 0,4 W/m³°C³⁶². Un Domespace peut donc n'être chauffé que par la cheminée centrale.

En ce qui concerne la résistance au feu de l'ensemble, une ossature en lamellé-collé est aujourd'hui classée comme matériau dur, au même titre que le béton armé (cahier de spécifications CS1). Contrairement aux idées reçues, le bois est un matériau possédant l'une des meilleures résistances au feu. Il n'augmente pas les risques d'incendie. A l'inverse, il brûle lentement sans transmettre sa chaleur aux parties voisines et sans dégager de fumée toxique. Il ne se dilate pas et n'éclate pas à la chaleur. Les dangers d'effondrements immédiats sont donc nuls.

Enfin, bois et forme font qu'un Domespace ne représente pas une cage de Faraday et le constructeur précise que « la structure en bois, n'interrompt pas le champ électromagnétique nécessaire à l'équilibre biologique de l'homme ».

Pour être complet, ajoutons que Domespace est tout à fait compétitif sur le marché et que la société peut livrer ses constructions à différents stades d'achèvement voire en kit à autoconstruire. Il existe à ce jour plus de 100 Domespace construits en France et dans le monde qui témoignent de la réussite d'un concept visionnaire aujourd'hui parfaitement maîtrisé et qui apporte une réelle alternative aux constructions actuelles. Sa forme et sa réalisation sont l'exemple type de l'habitation environnementale.

³⁶²Le coefficient G d'un logement est égal à ses déperditions thermiques pour un degré d'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur, divisées par son volume habitable.

Il est exprimé en watt par mètre cube et par degré celsius. Son calcul se fait en tenant compte des déperditions par transmission à travers les parois et par renouvellement d'air. Selon l'ADEME ce coefficient varie en moyenne entre 0.95 et 1.20 W/m³°C pour une habitation de type logements indépendants.

- WeberHaus.

A l'origine, et comme son nom l'indique, WeberHaus est une entreprise allemande. C'est même l'un des leaders du marché allemand de la maison individuelle avec quasiment 30000 maisons construites depuis 50 ans. A titre de comparaison, la société leader dans le domaine de la construction à ossature bois en France, la Socopa, située dans les Vosges, n'a construit que 4 000 maisons depuis 1967³⁶³. Elle emploie actuellement 100 personnes contre près de 1 000 pour son homologue allemand³⁶⁴. Pour bien lire la différence entre les deux pays, il faut se souvenir que la maison bois représente 30% du marché allemand, contre 4% seulement du marché français³⁶⁵.

La société WeberHaus a son siège historique à Rheinau-Linx en Allemagne à 10 minutes de Strasbourg et est maintenant implantée en France depuis plus de 10 ans, le siège français étant situé à Annecy. Cette implantation déjà relayée par plusieurs agences couvrant tout le territoire français nous permet d'évoquer WeberHaus dans le cadre de cette étude sur l'architecture environnementale française. Nous aurions pu évoquer les réalisations de la Socopa mais celles-ci sont architecturalement bien moins intéressantes que les maisons du catalogue de la firme d'outre Rhin. Elles se rapprochent beaucoup du style sans originalité de la majorité des constructions pavillonnaires françaises tandis que W.H. porte une grande attention au dessin de ses maisons. Le style WeberHaus, aisément reconnaissable, pourrait d'ailleurs être tout à fait à l'origine de l'aspect de la maison passive allemande qui s'est largement exportée. Cette assertion reste à confirmer, cependant, les liens entre les deux sont évidents, bardage bois, brut ou peint en blanc, volumes simples et compacts soulignés par la courbe ou la diagonale, que ce soit dans le dessin de la toiture, souvent à simple pente, ou dans celui des ouvertures, etc..

W.H. assume d'ailleurs ces formes et les considère comme aidant à la performance énergétique et favorable au bien-être. « En architecture, il existe des formes et des détails pleins de chaleur et de générosité qui rassurent ». Le toit à simple pente par exemple contribue à réduire la surface exposée au nord tout en permettant une ouverture maximale au sud.

Une autre de la caractéristique de ces maisons est leurs constructions en bois, et ce pour les mêmes raisons. « A la base d'une maison WeberHaus, il y a le bois, le matériau le plus ancien et le plus moderne qui soit. Le bois est stable, polyvalent et adapté à toutes les exigences sans oublier qu'il s'agit d'un matériau renouvelable qui compte de plus en plus d'adeptes qui apprécient et recherchent son excellent confort de vie. Le bois rassure. Choisir de vivre dans une maison à structure bois, c'est choisir de vivre en harmonie avec la nature ».

Cette double identité entre utilisation du bois et recherche de performance énergétique est présente depuis la création de la société et s'explique par sa naissance même.

En 1961, Hans Weber, charpentier de profession, reprend une petite entreprise située à Rheinau-Linx, à proximité de Strasbourg. Les premières maisons à structure bois sont construites peu de temps après et elles sont déjà reconnues pour la qualité de leur isolation. Les recherches se poursuivent et la première étape est la fabrication complète en atelier. Une maison WeberHaus est entièrement construite en usine (**III.144**), ses constituants sont ensuite mis sur camion et assemblés très rapidement sur le chantier à l'aide d'une grue. Les avantages écologiques sont multiples, chantier très court donc nuisance réduite, chantier propre puisque

³⁶³ Sources : dossier de presse du lotissement à ossature bois de Bulgnéville - conseil régional de Lorraine. Avril 2007.

³⁶⁴ A mettre en relation avec les 160 000 maisons livrées par le célèbre leader du marché de la maison individuelle français, Maison Phénix, depuis sa création en 1946...

(Source « Maisons Phénix se lance en franchise », Franchise Magazine n°203, décembre 2007/ Janvier 2008)

³⁶⁵ Source : « Le marché français de la construction bois se charpente » site www.cyberbtp.com consulté le 25/04/2008.

les panneaux ne sont assemblés que par des vis ou des boulons et assemblage parfait, puisque les composants ont été usinés, ce qui minimise l'apparition de ponts thermiques.

La précision et la fiabilité au niveau de la fabrication en usine sont assurées par des procédés qu'il serait impossible de mettre en place sur le lieu même du chantier. Après une sélection rigoureuse, les bois sont d'abord étuvés, ce qui supprime les traitements nocifs. Ils sont ensuite usinés par le biais de dispositifs automatisés développés par la société elle-même, suivant des plans conçus par C.A.O.³⁶⁶. Outre la précision favorisant un assemblage parfait, ce système de conception en usine permet de mettre en place un tri sélectif des déchets à l'endroit même de leur production. Hors, nous avons constaté dans l'étude des précédents exemples que ce point était le plus difficile à mettre en œuvre dans le cadre d'un chantier propre. Ces dispositifs de construction mécanisée pilotée par ordinateur n'empêchent cependant pas le constructeur de faire appel à la « noblesse du travail manuel là où la qualité l'exige ».

Enfin, le confort et les conditions de travail des salariés font l'objet d'une attention toute particulière, et l'entreprise forme de jeunes apprentis en permanence. Ces derniers points font de WeberHaus le prototype de l'entreprise citoyenne et écoresponsable dont tout le monde parle mais que personne n'a jamais vu.

Enfin, WeberHaus intègre un laboratoire de recherches, ce qui lui permet d'innover en permanence.

En 1985, l'entreprise conçoit la première maison de constructeur basse consommation d'énergie (**III.143**). Elle est standardisée et commercialisée en 1990 et consomme beaucoup moins d'énergie que les normes du moment, notamment grâce à un dispositif d'isolation très performant pour l'époque. Une des pierres angulaires de la philosophie de la maison passive en Allemagne est en effet de penser que la réduction des pertes doit être prioritaire sur l'augmentation des gains. Les simulations et les nombreuses expériences menées, dans les conditions climatiques moyennes d'Europe, montrent qu'il est plus efficace de réduire d'abord les pertes pour pouvoir ensuite compenser les pertes résiduelles par des systèmes solaires passifs et actifs. La maison n'est pas d'une grande originalité architecturale mais les garde-corps des deux escaliers circulaires situés en extérieur au milieu de la façade affirment leur courbes et tranchent avec le volume cubique et ramassé. La construction est en fait constituée de deux maisons mitoyennes. La mitoyenneté est un axe de recherche important de WeberHaus car elle apporte, entre autres, un surplus d'inertie et d'isolation. Les accès se font au premier par le biais de petits balcons rentrants. Comme pour la maison de Toulouse, ce dispositif permet de diminuer l'ensoleillement des baies des pièces à vivre en été.

Continuant dans cette voie, en 1994 l'entreprise réalise et présente, au public la dernière maison totalement autonome en matière énergétique. Cette maison, baptisée Övolution (**III.144**), fut mise au catalogue en 1996 et se distingue par une utilisation systématique de l'énergie solaire sans apport extérieur. Le modèle Övolution, équipé de panneaux solaires et de cellules photovoltaïques, reçut le prix Energie Solaire en Allemagne en 1997, et le Prix International du Meilleur Design, ainsi que le Prix Concept de l'année en 1998.

L'isolation thermique hautement performante et l'orientation vers le sud des larges ouvertures sont étudiées de sorte que le système de ventilation et de transfert de chaleur suffit presque à chauffer la maison. L'amélioration des procédés de construction offre également la possibilité d'économiser l'énergie en réduisant la plupart des dépenses en eau et en combustible.

Étonnamment, la toiture à simple pente de cette construction est orientée plein sud, ce qui laisse la façade la plus large au nord. Cette disposition s'explique par la volonté de favoriser un ensoleillement maximal des capteurs situés sur le toit et est compensée par le dimensionnement des ouvertures et la sur-isolation de la façade nord, combinés au système

³⁶⁶ Conception Assistée par Ordinateur.

des espaces tampons. Une nouvelle fois, les volumes simples et compacts sont égayés par les supports diagonaux des casquettes qui ombragent les baies.

En 2000, WeberHaus commercialise une maison passive qui montre une fois de plus les capacités du constructeur à allier les architectures audacieuses et les performances techniques de construction (**III.145**). On désigne généralement par maison « Passive » un bâtiment qui est pratiquement autonome pour ses besoins de chauffage. Il se contente des apports solaires, des apports métaboliques (habitants, appareils électriques) et d'une bonne isolation, les dispositifs de chauffage ne constituant plus qu'un simple appoint. En Allemagne ce terme renvoie en revanche à une réalité tangible régie par une norme. La norme allemande « Passivhaus » est accordée à partir d'un besoin de chauffage inférieur à 15 kWh/m² et par an et un besoin de moins de 50 kWh/m² et par an d'énergie primaire (les 15 kWh/m² et par an du chauffage additionné à l'énergie nécessaire au chauffage de l'eau et à l'électricité consommée par la ventilation et l'éventuelle climatisation). Rappelons que le besoin d'énergie de chauffage d'une maison classique neuve s'élève à 220 kWh/m² par an environ.

Par ailleurs, par rapport à un bâtiment traditionnel, une maison Passive offre un meilleur confort thermique et garantit une bonne qualité de l'air intérieur. Architecturalement parlant, le toit est cette fois incurvé dans le bon sens, ouvrant la façade sud. On retrouve les supports diagonaux qui apportent un contrepoint à cette large courbe. De grandes fenêtres à triple vitrage concentrent la chaleur, et une installation solaire fournit l'alimentation en eau chaude. La dernière avancée en date est en quelque sorte l'aboutissement des recherches de WeberHaus. Il s'agit du concept PlusEnergie présenté en 2006. Il s'agit de la maison qui génère plus d'énergie qu'elle n'en consomme. Ce concept est présenté comme ayant pris l'arbre comme modèle. Les feuilles captant les rayons du soleil sont matérialisées par les panneaux solaires, les racines sont remplacées par une P.A.C. géothermique et l'écorce de la maison est constituée par le mur ÖvoNatur (**III.146**). Ce mur, qui se décline en éléments préfabriqués fini à la sortie de l'usine (enduit extérieur et finition intérieure sélectionnés par le maître d'ouvrage), est constitué de matériaux sélectionnés et combinés pour garantir une excellente isolation thermique en hiver et un bon maintien de la fraîcheur en été. Epais d'une trentaine de centimètres, ÖvoNatur affiche un impressionnant coefficient de transmission de chaleur U de 0,15 W/m²K³⁶⁷. Mais ce mur a d'autres avantages, ses performances en matière de régulation de l'humidité assurent une bonne qualité de l'air ambiant et s'il est thermiquement très isolant, il garantit également une bonne insonorisation.

D'autre part, le fait qu'il soit entièrement fini en usine réduit encore la durée du chantier et assure un chantier filière sèche parfait puisqu'il n'est même plus besoin d'enduire sur place. Côté intérieur, la présence d'un panneau de bois de 16 mm d'épaisseur rend le chevillage superflu. Le simple vissage des meubles (éléments hauts de cuisine par exemple) est suffisant, ce qui montre à quel point le constructeur a pris en compte et facilité l'usage de la maison. Reste que si les propriétés écologiques du bois sont très convaincantes et qu'ÖvoNatur ne contient pas de polystyrène, il est constitué de 160 mm de laine minérale que le constructeur qualifie de « naturelle », ce qui ne lui enlève pas sa forte tendance à se fixer dans les poumons, principalement de celui qui en assure la pose. On peut tout de même raisonnablement penser que le montage en usine réduit fortement les risques (conditions de travail plus simples, dispositifs de protection, etc.) et que l'assemblage millimétré des éléments de la maison assure une bonne étanchéité du mur, empêchant les fibres de contaminer l'air intérieur.

PlusEnergie (**III.147 et 148**) est donc une maison énergétiquement très performante. Son dessin, volume simple et compact, l'aide certainement à atteindre ces performances. Cependant, elle abandonne l'utilisation du toit simple pente au profit d'une toiture qui fait la

³⁶⁷ On se souvient que le U, déjà très correct, du mur d'un Domespace, ne dépassait pas 0,40 W/m²K.

synthèse des précédentes expériences. Sa toiture double pente descend beaucoup plus bas au nord mais sa pente modérée au sud lui permet de favoriser un bon ensoleillement de la façade surtout en laissant une surface suffisante pour la disposition des panneaux solaires. Clin d'œil à la maison Passive, la façade sud est uniquement égayée par deux ouvertures en forme de demi-cercle.

Toutes ces réalisations sont proposées au sein de la gamme Nature du constructeur. Cependant, au fur et à mesure des innovations, les solutions techniques développées dans cette gamme sont systématiquement utilisées pour les gammes Distinction et Expression. Ces deux dernières gammes sont moins performantes que la gamme Nature mais toutes les réalisations WeberHaus sont à basse consommation énergétique.

Le constructeur a donc un catalogue préexistant qu'il fait évoluer selon les goûts et les demandes du client par le biais d'architectes conseils. Ces architectes peuvent proposer la mise en place de P.A.C., de panneaux solaires, de chaudière à granulés de bois ou de ventilation double flux (présente sur tous les modèles de la gamme Nature), ou bien encore mettre en place des dispositifs de récupération d'eau.

Il est à noter que WeberHaus poursuit ses recherches en matière de domotique, dont on a vu quels avantages écologiques on pouvait tirer, avec son concept T-com.

Cependant, cette qualité tant architecturale qu'écologique coûte encore cher puisqu'il faut compter environ 1700 €/m² pour une réalisation de base. C'est sans doute ce qui explique que ce type de maisons soit aussi peu présent dans le paysage français malgré leur grande notoriété dans le milieu. L'influence du dessin WeberHaus est d'ailleurs frappante si l'on regarde le hall de la création du World of Living, un parc combinant information et loisirs installé sur le site de la maison mère WeberHaus, et qu'on le compare au collège de Mirecourt **(III.149)**. La proximité entre ce bâtiment conçu par Günter Hermann et achevé en 2000 et le collège, que ce soit dans la forme du hall d'entrée ou dans le dessin de l'ensemble, montre indubitablement que ce bâtiment était connu des architectes de Mirecourt, à moins que les deux bâtiments n'aient eu un modèle commun qui nous est encore inconnu. Cette dernière possibilité serait également très intéressante car elle confirmerait que les architectes pratiquant l'architecture environnementale s'abreuvent aux mêmes sources formelles.

II.II.II.III.) L'autoconstruction.

- La paille.

Lorsque l'on parle d'habitations en paille, de nombreuses images surgissent de l'imaginaire collectif. Certains pensent avec hauteur aux huttes de paille, habitats précaires réservés aux misérables habitants des pays chauds et sous-développés ou évoquent les rudes et pittoresques chaumières de l'île aux Moines. D'autres, encore proches du berceau, se souviennent que la maison du premier des trois petit cochons, le plus feignant et le premier à servir de repas au grand méchant loup, était en paille. Dans ce conte qui serait apparu au XVIII^{ème} siècle et qui reste célèbre grâce à l'adaptation des studios Disney en 1933, le troisième petit cochon, le plus malin et le plus courageux, besogne d'ailleurs ardemment pour se construire un magnifique pavillon de briques et de ciment qui résistera aux assauts du loup. Il existe pourtant une autre histoire de la construction en paille. Non pas celle de la paille comme liant qui a supporté pendant des lustres les murs des habitations en torchis mais celle de la paille en botte qui se distingue de la paille en fétu par le fait qu'elle est issue d'une compression mécanique et non pas d'un simple assemblage de brins liés ensemble. Cette histoire commence au milieu du XIX^{ème} siècle aux Etats-Unis et plus précisément au Nebraska avec l'apparition de la botte de paille puis de la botteleuse mécanique à l'orée du XX^{ème} siècle. Dans cette région agricole, le bois est rare et la terre est très sableuse, ce qui rend la construction selon les techniques habituelles difficile. Pendant plusieurs décennies la botte de paille est donc utilisée comme une alternative parfaitement valable à la construction en bois. Des maisons, des écoles et des églises sont ainsi construites. Dans les années 1920, le Ministère de l'Agriculture du Nord Dakota aux Etats-Unis édite même des manuels de construction en ballots de paille pour la réalisation de bâtiments agricoles. Cette initiative a permis de diffuser la technique vers plusieurs états des Etats-Unis. Dans les années qui suivent, et ce malgré l'édition d'un autre manuel de construction en ballots de paille au Danemark en 1950, la technique tombe dans l'oubli. Deux guerres mondiales et trente ans de croissance économique effrénée ont d'ailleurs eu raison de la plupart des modes de constructions alternatifs ou vernaculaires. En 1973 le livre Shelter³⁶⁸ relance l'intérêt pour ce mode de construction. On y trouve un croquis et une brève explication de la construction en paille au Nebraska. Dans les années 1980 certains pionniers dans le sud-ouest des Etats-Unis et au Canada recommencent donc à construire en ballots de paille et en peu de temps les Québécois s'approprient et transmettent cette technique, ou plutôt la font redécouvrir, aux Français.

En France, la technique de la construction en botte de paille avait déjà fait son apparition dans l'entre-deux-guerres à Montargis (III.150) près d'Orléans. Un article de Gustave Lamache dans le bimensuel *La Science et la Vie* (devenu *Science et Vie* depuis) en date de mai 1921³⁶⁹ relate la construction de la première maison en bottes de paille française, la maison Feuillette, encore habitée aujourd'hui. Il assure même que d'autres expériences sont en cours en même temps. « La maison de paille ! L'association de ces deux mots est bien de nature à provoquer de l'étonnement, même chez les personnes les mieux préparées aux hardiesses de la conception dans l'art de construire. Et cependant, il n'en est pas moins acquis, à l'heure actuelle, que la maison de paille est une réalité visible et palpable, déjà reproduite en France à

³⁶⁸ GAC Pierre, *Shelter, Habitats : constructions traditionnelles et marginales*, Paris, éditions Alternative et parallèles, 1977.

³⁶⁹ Gustave LAMACHE « Fraiches en été, chaudes en hiver, les maisons de pailles sont avant tout économiques », *La Science et la Vie*, n°56, Mai 1921, pages 481 à 486.

plusieurs exemplaires et dont la ville de Montargis a eu la primeure au cours du dernier automne »³⁷⁰.

Le titre de l'article, « Fraîches en été, chaudes en hiver, les maisons de pailles sont avant tout économiques », ne laisse pas d'ambiguïtés quant au but recherché par le concepteur de la maison, le pharmacien Feuillette. On peut ainsi lire dans l'article que « la reconstruction des fermes et des habitations paysannes dans les régions dévastées par l'ennemi peut se trouver accélérée par l'utilisation de matériaux abondants et peu coûteux, et le problème des maisons ouvrières peut être résolu par la même méthode »³⁷¹.

L'aspect économique est donc primordial, il s'agit de reconstruire les campagnes françaises, mais il est intéressant de constater que Lamache évoque également les habitations ouvrières, et n'exclut donc pas l'utilisation de cette méthode en milieu urbain.

Les maisons de briques, pierre ou bois sont trop chères mais elles ont aussi le défaut de ne pas répondre aux « conditions de durée, d'isothermie, de confort et d'hygiène remplies au contraire au premier chef par les maisons de paille »³⁷². L'auteur parle de maison isothermique, et reconnaît ainsi les qualités isolantes de la paille mais le confort vient aussi de l'excellente régulation hygrométrique fournie par le matériau, la gestion de l'humidité favorisant également l'hygiène. Nous sommes encore ici dans la vague des préoccupations hygiénistes du début du siècle.

Aujourd'hui, même si le poste dépense reste important dans le choix d'une construction en paille, c'est la performance écologique d'une maison de ce type, depuis la construction jusqu'à la destruction, qui pousse à tenter l'aventure.

Jusqu'à ces derniers mois, on pensait que la France comptait une centaine de maisons en paille mais les premiers résultats de l'enquête nationale lancée par l'association Empreinte qui promeut l'habitat passif à faible empreinte écologique, sont étonnants et nous en apprennent beaucoup sur ce mouvement.

Au 28 octobre 2007, l'association a déjà reçu 239 réponses. La France compterait donc bien plus de 240 réalisations en paille puisque toutes les maisons n'ont pas encore été recensées et qu'il s'en construit actuellement tous les jours. On apprend ainsi que 91 % de ces constructions sont des habitations, 76 % des projets font intervenir 50% ou plus d'autoconstruction dont 21% sont entièrement autoconstruits. L'enquête nous renseigne également sur la taille et le coût des projets. Le plus petit est un poulailler en paille de 20 m² construit selon la technique Nebraska (nous y reviendrons) pour un coût de revient de 500 €. Le plus gros projet recensé fait 800 m² pour un budget de 480 000 €, terrain compris. Il s'agit d'une habitation avec chambres d'hôtes et gîtes.

La surface moyenne de ces habitations paille recensées hors extrêmes reste tout de même de 143 m² pour un budget moyen de 120 000 € (prix hors terrain et comprenant une part d'autoconstruction comprise entre 50 et 80 %). Pour pondérer ces chiffres, il faut noter que le recensement dénombre 20 projets de moins de 70 m² et 31 projets de plus de 200 m², donc 80% des projets d'une superficie comprise en 70 et 200 m².

La construction en paille utilise à 90% une ressource produite localement, moins de 50 km, et 46 % des constructeurs ont même transporté le matériau sur moins de 10 km. Cette paille est ensuite utilisée dans 98 % des cas en remplissage des murs, dans 40 % en isolation de la toiture, 20 % en isolation du plancher, 18 % en remplissage des cloisons et 7 % l'utilisent pour les 4 usages.

Deux autres chiffres nous intéressent pour mieux cerner ce domaine : 46 % des porteurs de projets ont suivi une formation autour de la mise en œuvre de la paille préalablement à la

³⁷⁰ Gustave LAMACHE « Fraîches en été, chaudes en hiver, les maisons de pailles sont avant tout économiques », *La Science et la Vie*, n°56, Mai 1921, page 481.

³⁷¹ *ibidem*.

³⁷² *Ibidem*, page 482.

réalisation de leur projet et 48 % des projets ont été le lieu de formation et/ou de chantiers participatifs. Enfin, concernant les techniques de pose, on apprend que 77 % des constructeurs ont utilisé la botte entre-ossature, 9 % la technique du G.R.E.B. et 5 % soit 12 projets ont préféré la technique Nebraska.

De ces trois techniques, la technique Nebraska (**III.151 et 152**) est, comme son nom l'indique, la plus ancienne de toutes. On l'appelle également la technique de la paille porteuse car la paille est utilisée comme matériau de remplissage mais aussi comme matériau porteur. Le procédé est simple : sur un soubassement en dur on pose une lisse basse en bois que l'on recouvre d'une toile étanche pour supprimer tout risque d'infiltration par capillarité. Cette base est d'ailleurs la première opération de tous les systèmes de pose possibles. On vient ensuite déposer les bottes à joint décalé avec une attention particulière portée aux angles de la construction (on croise les bottes) pour éviter les coups de sabre. Des réserves sont prévues pour le montage des huisseries. Une fois le mur monté à la hauteur souhaitée, on pose une sablière sur l'ensemble pour permettre la fixation de la charpente. La pose de la toiture et son poids viennent ensuite comprimer les bottes. Il faut donc attendre quelques semaines pour que l'ensemble prenne sa place définitive et que les bottes ne se tassent plus. Pour éviter l'attente du au nécessaire tassement de l'ensemble, on peut également mettre en place des dispositifs de précontrainte des bottes, par sangles par exemple ou en reliant la sablière à la lisse basse par des lattes un peu plus courtes et des tiges filetées. Le boulonnage provoquera le tassement. La sablière est alors reliée à la lisse basse par des broches qui rigidifient l'ensemble et évitent à la toiture de s'envoler en cas de grands vents. On peut ensuite dresser les bottes (raser les brins de paille dépassant pour favoriser l'accroche), enduire la construction et poser les huisseries.

Cette méthode a cependant plusieurs défauts qui expliquent qu'elle soit assez peu utilisée. D'une part, la paille ne devant pas être mouillée avant d'être enduite, il est assez difficile d'en assurer la protection tant que la toiture n'est pas montée. D'autre part, les ouvertures ne peuvent pas dépasser 50% de la surface d'un mur. Enfin, cette technique nécessite l'emploi de botte de grande taille. Plus lourdes et donc plus difficiles à mettre en place, elles nécessitent souvent la présence d'une grue. Ces bottes doivent également être très homogènes, denses, de taille rigoureusement identique et mises en place soigneusement puisque ce sont elles qui assurent la solidité de la construction.

La technique Nebraska est donc la moins permissive de toutes et nécessite un chantier lourd à mettre en place pour un autoconstructeur. Cependant, comme les bottes sont plus grosses, elles ont de meilleures performances mécaniques et énergétiques, notamment en matière d'isolation et les conflits entre isolant et structure sont évités puisque c'est la botte qui joue les deux rôles.

Les deux autres techniques sont dites à ossature et sont les plus répandues. Les bottes sont plus petites, de la taille courante éjectée par les petites botteuses mécaniques (environ 0,80 m x 0,40 m x 0,36 m pour une dizaine de kilos), elles sont donc plus faciles à manier et à trouver, et sont maintenu par une structure porteuse en bois.

La technique du G.R.E.B. (**III.153 et 154**), le Groupe de recherches écologiques de la Baie, est issue d'un projet d'éco-hameau agricole situé au confluent du fjord du Saguenay et de la baie des Ha! Ha!, 200 km au nord de Québec. Fondé en 1990, le groupe a pour vocation de favoriser la recherche, l'éducation et l'expérimentation d'un mode de vie écologique, dans un contexte rural et nordique, capable d'assurer un développement global et équitable tout en préservant et en enrichissant les écosystèmes locaux. La technique issue de ces recherches a été mise au point par Patrick Déry. Elle consiste à construire une ossature légère double en bois, fixée sur des soubassements adaptés ou sur une fondation conventionnelle isolée, pour y installer les ballots de paille enrobés d'un mortier léger coulé. La structure encadre les bottes

vers l'extérieur et l'intérieur de la construction formant un espace interne rempli par les bottes posées à joint décalé. Lit par lit, des planches de coffrage sont ensuite posées sur la structure bois et le mortier, le plus souvent constitué de chaux et de terre, est coulé entre le coffrage et la botte. Le mur est ainsi monté en lits successifs coffrés au fur et à mesure. Le mur terminé est ensuite enduit.

L'autre technique, que nous appellerons technique Feuillette puisque c'est celle qui a été utilisée à Montargis par le pharmacien visionnaire, consiste à mettre en place une structure porteuse simple en bois. A Montargis, la structure était composée d'une charpente de fermes et poteaux faits d'assemblages de pièces de bois minces réalisées en atelier puis montées sur place mais elle est maintenant souvent réalisées en pièces entières de sections plus importantes. C'est le cas de la salle de réunion du plan d'eau du Lambon à Celles-sur-Belle dans les Deux-Sèvres. Ce bâtiment d'une cinquantaine de mètres carrés, inauguré en novembre 2006, est le premier E.R.P. (Etablissement Recevant du Public) en paille. Son processus de construction illustre parfaitement la technique de construction étudié. La première pierre (botte de paille) de ce projet associatif soutenu par de nombreux partenaires professionnels et bénévoles a été posée en mai 2004. La structure et la toiture (charpente et couverture) ont nécessité plus de 40 stères de châtaigniers coupés à proximité du chantier. La structure tout d'abord a été fabriquée par un lycée technique des environs avant d'être posée sur les fondations réalisées près du plan d'eau (**III.156 et 157**). Après plus de 3 ans de travail, une équipe de retraités a pu fournir environ 11 000 bardeaux de bois taillés à la main (tuiles de bois se posant comme des ardoises) pour couvrir la charpente (**III.158**). Une fois la construction hors d'eau, on glisse les bottes entre les montants de la structure (**III.159 et 160**), on comble les interstices à l'aide d'un mélange de paille et de chaux puis on dresse les murs (**III.161**) avant de les enduire. Les murs reçoivent la première couche d'enduit à la chaux hydraulique passée au ciment gun, la seconde couche étant réalisée à la main, également avec de la chaux hydraulique (**III.162 et 163**). Enfin, l'enduit de finition à la chaux aérienne est posé et la toiture est isolée par de la laine de mouton. Les finitions extérieures, notamment le bardage de l'arrondi, sont réalisées en peuplier et une poutre de châtaignier taillée finit le toit. Une fois l'ensemble terminé, le bâtiment a reçu les Forums nationaux de l'écoconstruction et la première Rencontre nationale de la construction en paille avant de devenir un espace info-énergie de l'A.D.E.M.E. dans le cadre du projet de « Pôle d'Excellence Rurale » de la communes mobilisée pour promouvoir et valoriser l'utilisation des énergies renouvelables et des éco matériaux dans la construction.

Ce projet a donc eu un impact très important dans la localité et a favorisé le lancement de nombreux chantiers de ce type.

Il existe une variante à la technique évoquée par le biais de l'exemple du Lambon, il s'agit de la technique dite C.S.T. pour « cellules sous tension » (**III.164 et 165**). Comme pour la technique Feuillette, la structure est montée et l'ensemble est couvert avant de procéder au remplissage des murs par les bottes. Contrairement aux techniques précédentes, les montants sont disposés selon un écartement inférieur de quelques centimètres à la taille de la botte de manière à ce que celle-ci y soit insérée en force. Chaque botte est ensuite immédiatement comprimée en hauteur par l'ajout d'un liteau, puis une autre botte est posée par-dessus et ainsi de suite. Chaque botte est donc encadrée dans une cellule mise en tension par la contrainte qu'elle exerce sur la botte. Cette technique offre un meilleur contreventement que la précédente et minimise les risques de tassements ultérieurs qui créeraient des ponts thermiques et endommageraient l'enduit. Cependant, elle est beaucoup moins rapide que la technique Feuillette. D'autre part, le bois est un inconvénient majeur de ces techniques car il est présent entre chaque botte, créant autant de ponts thermiques qu'il y a de montants puisque le bois est environ 6 fois moins isolant que la paille. Il faut donc traité ces parties avec attention (**III.166**). La technique du G.R.E.B., en éliminant le bois entre les bottes, fait

disparaître ce problème mais en crée un autre, celui de la tenue de l'enduit qui accroche bien mieux sur la paille que sur le bois.

Les techniques de mise en place de la paille peuvent donc varier mais elles ne diminuent généralement en rien les immenses qualités de ce matériau, à commencer par son très bon pouvoir isolant, sa capacité d'inertie et son pouvoir hygrorégulant. Il réduit également l'empreinte écologique de la construction et stocke même du CO₂ (1,8 tonnes de CO₂ stockées dans 100 m² de mur). Les déchets à la construction et lors de la rénovation/démolition sont quasi inexistantes puisque la paille et le bois sont des matériaux naturels. La qualité de l'air intérieur est donc améliorée. Enfin, la paille est un matériau peu coûteux, disponible, flexible, facile et solide. C'est sans doute ce dernier point, l'apparente fragilité de la paille, qui freine encore les constructeurs potentiels. Il n'en est rien car si la paille est en effet un matériau fragile, une fois serrée en botte c'est une autre histoire. Un parpaing en aggloméré de ciment est réduit en poussière au moindre choc, c'est loin d'être le cas pour une botte de paille. Une étude française récente, là où les Allemands et les Américains en avaient réalisées depuis des lustres, vient d'ailleurs enfin de quantifier exactement les performances du matériau. Cette étude financée par l'A.D.E.M.E. et la Fédération française du bâtiment a été menée sous la direction d'Alain Grelat en juillet 2004 au centre d'expertise du bâtiment et des travaux publics. Ces conclusions confirment les excellentes performances thermiques de la paille en botte.

D'une part, avec une masse volumique de 80 kg/m³, les bottes de paille utilisées pour la construction ont une conductivité thermique utile propre de $U=0,07$ W/m.K. Les études allemandes donnent jusqu'à 0,04 W/m.K mais les protocoles diffèrent un peu. D'autre part, la grande capacité de la paille à absorber la vapeur d'eau, donc sa perspirabilité, a été confirmée et l'étude a montré que cela ne jouait que très peu sur ses capacités isolantes. CF TABLEAU. Les tests des performances acoustiques des parois en paille ont quant à eux été réalisés en marge du programme C.E.B.T.P. par Xavier Campeyron de l'Ecole nationale des travaux publics de l'état. Par rapport aux bruits extérieurs, la réglementation française demande une isolation supérieure à 30 db et les performances de la paille oscillent entre 48 et 57,3 db. En ce qui concerne la tenue des enduits, la résistance à l'arrachement mesuré a été de 0,01 Mpa pour un enduit chaux et chanvre et 0,08 Mpa pour un enduit chaux et sable traditionnel. Ces valeurs, inférieures à la valeur imposée par le D.T.U.³⁷³ pour les enduits sur maçonneries traditionnelles (0,3 Mpa) représentent tout de même une résistance à la traction de 1 t/m² soit près de 25 fois la masse des enduits pour la première et 8 t/m² soit près de 200 fois la masse des enduits pour la seconde.

Le plus étonnant est sans doute les essais de résistance au feu d'un mur en bottes de paille. Durant l'expérience, le feu d'hydrocarbure a duré 1 h 25 minutes. La couche superficielle de l'enduit à l'endroit léché par les flammes (800 à 900°C) a cloqué et s'est effondrée au bout de 45 minutes. La couche suivante n'a pas été significativement endommagée durant l'essai. Après 40 minutes, une combustion a été repérée dans la paille. Cette combustion ne s'est que très lentement et partiellement propagée à l'intérieur du mur (puisque'il n'y a pas d'air dans une botte de paille). L'ossature bois n'a pas été attaquée. Aucun effondrement n'a donc été constaté.

³⁷³ Les D.T.U. (Documents Techniques Unifiés) sont des textes de références qui traitent de la conception et de l'exécution des ouvrages du bâtiment, ils ne concernent que le domaine traditionnel (produits et mises en œuvre connus depuis plusieurs années). Pareillement aux normes, le respect des D.T.U. n'a pas de caractère obligatoire. Néanmoins, avec les normes, ces textes ont été reconnus, au fil des ans, comme l'expression écrite des règles de l'art et servent de supports aux assureurs.

De plus, en raison de la compression du matériau et de l'absence d'air, aucun parasite ne peut vivre dans un mur en bottes de paille. Seuls les termites sont en mesure de digérer la paille mais le problème des termites est général à toutes les constructions.

Les problèmes de performances, de coût et de solidité ne sont pas un frein au développement de l'habitation en paille qui semble être une solution toujours aussi valable qu'en 1921. Les possibilités architecturales du matériau ne sont en outre plus à démontrer, les qualités esthétiques de la paille ne posent donc pas non plus de problèmes. D'autre part, il est interdit, en France, de refuser un permis de construction en raison du matériau utilisé, aucun n'étant expressément interdit. Cependant, et c'est sans doute là que le bât blesse, la paille n'a actuellement fait l'objet d'aucune D.T.U. et ne peut donc donner lieu à aucune garantie décennale. Pour la même raison, certains assureurs peuvent refuser d'assurer une telle maison. Les freins sont donc politiques puisque c'est l'Etat qui délivre les D.T.U.. Le poids économique des constructeurs et fournisseurs de matériau traditionnel y est peut être pour quelque chose, le loup essaie toujours de souffler sur la paille...

- La terre (III.167).

Evoquer la terre comme matériau est absolument indispensable si l'on veut donner une vision complète du monde de l'architecture environnementale. La terre est très présente, principalement par le biais des briques alvéolaires de terre cuite dites monomur dont on a déjà évoqué les caractéristiques. Cependant, c'est par le biais d'une technique tout à fait différente et originale que nous souhaitons aborder ce matériau, celle de la brique de terre compressée. Tout comme la paille évoquée plus haut, la terre crue n'a pas vraiment bonne réputation. Elle est pourtant utilisée à grande échelle dans le monde par le biais du pisé, de la bauge, du torchis ou de l'adobe et parfois pour des constructions d'ampleur spectaculaire. La terre peut être moulée en forme de brique puis séchée au soleil ou utilisée telle quelle, banchée ou appliquée.

Lorsque l'on parle de terre en architecture, il faut évoquer CRATerre. Le CRATerre, créé en 1979, est un laboratoire de recherches et une équipe d'enseignement de l'école d'architecture de Grenoble, habilité depuis 1986 par la Direction de l'architecture et du patrimoine du Ministère de la culture et de la communication. Il déploie principalement ses activités dans les domaines de la conservation et de la gestion des patrimoines architecturaux en terre, en s'attachant à valoriser la diversité culturelle. Le laboratoire a aussi une action dans le domaine de l'environnement, en visant une meilleure utilisation des ressources matérielles et humaines. Il s'occupe également des établissements humains-habitat, en facilitant l'accès au logement des populations à faibles revenus. Son action est aujourd'hui mondiale et CRATerre travaille en partenariat avec des organisations internationales (dont l'Unesco entre autres), nationales et locales. Dès le début de son existence, CRATerre s'est concentré sur la recherche et l'étude du matériau terre. On peut ainsi signaler, par exemple, les recherches du laboratoire sur l'esthétique de la terre traduite par le travail de Daniel Duchert, architecte d'intérieur, D.P.E.A. terre en 2004 ou de Gisèle Taxil, architecte D.P.E.A. architecture en terre qui animent des ateliers de recherches et d'expérimentations des potentialités esthétiques de la terre pour l'usage sur les murs des bâtiments. Mais dans l'ouvrage publié par le laboratoire en 1995³⁷⁴, un bref paragraphe retrace l'histoire de la technique d'utilisation de la terre qui nous intéresse ici, la brique de terre compressée. « Le bloc de terre comprimée est une évolution du bloc de terre moulée, plus communément dénommé bloc d'adobe. L'idée de compacter la terre pour améliorer la qualité et la résistance des blocs de terre moulée est pourtant ancienne

³⁷⁴ RIGASSI Vincent, *Blocs de terre comprimée : manuel de production* (vol 1) GTZ, Eschborn, 1995. 104 p.

et c'est à l'aide de piliers en bois que l'on réalisait les premiers blocs de terre comprimée. Ce procédé est encore utilisé de par le monde [on parle alors de pisé]. Les premières machines à comprimer la terre auraient été imaginées au XVIII^{ème} siècle. En France, François Coinleraux, inventeur et propagateur zélé d'un "nouveau pisé", concevait la "Crécise" qui était dérivée d'un pressoir à vin. Mais ce n'est qu'au début du XX^e siècle que l'on imagina les premières presses mécaniques qui utilisaient de lourds couvercles rabattus avec force dans le moule.[...] Le développement significatif de l'emploi des presses et de l'utilisation constructive et architecturale du bloc de terre comprimée n'a été finalement engagé qu'à partir de 1952 suite à l'invention de la fameuse petite presse "CINVA-RAM", imaginée par l'ingénieur Raul Ramirez, au centre CIMVA de Bogota en Colombie. Elle fut utilisée dans le monde entier. Les années 70 et 80 ont amené l'apparition d'une nouvelle vague de presses manuelles, mécaniques et motorisées et le développement aujourd'hui considérable [toutes proportions gardées] de la production et de l'utilisation du bloc de terre comprimée »³⁷⁵.

La brique de terre compressée est donc un béton de terre composé de graviers, sables, et d'éléments fins (limons et argiles). On ajoute en générale une faible proportion de ciment ou de chaux pour éliminer la sensibilité au gel. On utilise ensuite des presses pour comprimer la brique. Le joint utilisé pour le montage est généralement constitué d'un mortier de chaux, sable et terre (argile). La capacité de charge de ce type de mur est d'environ 700 psi (48 bars) lorsqu'il est juste fini, 1000 psi (68 bars) une fois séché, et entre 2500 à 3900 psi (172 à 268 bars) mélangé à du ciment. Les normes recommandent une capacité de charge de 300 psi (20,6 bars), la B.T.C. est donc un matériau aux propriétés mécaniques tout à fait suffisantes pour envisager une construction uniquement en terre. De plus, selon le niveau de compression et l'épaisseur mise en place, la terre possède un U situé entre 0,75 et 0,32 ce qui en fait un isolant correct qui possède en outre une inertie très intéressante à exploiter.

Ce sont toutes ces raisons, en plus du coût, de la disponibilité et de l'empreinte écologique faible de la B.T.C., qui ont poussé Martine et Pierre Sabatier à utiliser cette technique pour auto construire leur maison du moulin de la Resse dans le Tarn³⁷⁶ (III.168). La maison est construite au bord d'un ruisseau où subsistent quelques bâtiments dont un moulin aujourd'hui restauré. Le site est isolé dans un vallon encaissé donnant sur le Tarn mais les propriétaires en tirent tout de même les différentes ressources nécessaires à la pisciculture et à l'agriculture qu'ils pratiquent. Pierre Sabatier exerce en effet comme agriculteur depuis 10 ans mais c'est un ancien chef de chantier terre exerçant dans la ville de Ségou au Mali. C'est dans le cadre de cette activité qu'il a rencontré Alain Klein du cabinet d'architecture Inventerre qui l'a épaulé pour cette réalisation. La décision de construire lui-même sa maison répondait à deux besoins : construire un lieu pour habiter et trouver une activité pour les périodes de l'année où il ne pouvait exercer son métier d'agriculteur. C'est pour cette raison que la construction a duré plus de 7 ans, de 1991 à 1998 à mi-temps.

Le choix de la construction en terre lui a permis de travailler avec un outillage commun pour la construction et pour ses activités agricoles mais l'utilisation du bloc de terre comprimée répondait paradoxalement aussi très bien aux conditions très humides du lieu de la construction. Un faible ensoleillement (4 h par jour en hiver) et beaucoup d'humidité (1000 à 1200 mm de pluie par an, un ruisseau et des sources sous le terrain), n'ont pas dissuadé les Sabatier de construire en terre crue.

La première étape du chantier a consisté à monter une toiture agissant comme un parapluie protégeant le chantier des précipitations afin de permettre le bon déroulement de la production

³⁷⁵ RIGASSI Vincent, *Blocs de terre comprimée : manuel de production* (vol 1) GTZ, Eschborn, 1995. Page 5.

³⁷⁶ Ce bâtiment est traité grâce à la fiche monographique qu'en a proposé Samuel Dugelay de CRATerre-EAG Pour Ecobâtir en 2002. Il est également décrit dans OLIVA Jean-Pierre, BOSSE-PLATIÈRE Antoine et AUBERT Claude, *Maisons écologiques d'aujourd'hui*, Mens, Terre vivante, 2002.

des blocs de terre. Cette toiture a été conservée et est devenue celle de la construction finale. La maison se distingue très fortement par ses voûtes qui expriment pleinement les grandes qualités plastiques du matériau. Une longue voûte nubienne en chaînette abrite les 3 chambres et la salle de bain. La pièce à vivre, très spacieuse, est, quant à elle, constituée de 3 voûtes d'arête prolongées par une coupole à pendentif assurant la liaison avec la voûte nubienne. Tous les franchissements, dont le plus grand fait 6 m, ont donc été réalisés en maçonnerie de B.T.C, y compris les arcs pour les portes et fenêtres (**III.169 et 170**). La seule difficulté rencontrée au niveau de la maçonnerie a été l'intersection entre la voûte nubienne et les ouvertures (arcs avec encorbellement), la voûte créant des charges décalées lors de la construction. L'espace entre les voûtes et la toiture a été rempli de cœur de maïs séché et de bourre de matelas de récupération afin d'assurer une isolation performante mais avec une empreinte écologique nulle. Comme c'est le cas pour les maisons en paille, les soubassements ont été maçonnés pour éviter les remontées d'humidité, notamment à l'aide de briques cuites qui ont d'ailleurs également été utilisées dans le montage des murs afin de renforcer certaines parties de la construction et de permettre la fixation des interrupteurs par exemples (**III.171**). Un large débord de toiture suffit amplement à protéger de la pluie les murs de briques restés bruts.

Structurellement, l'habitation est composée de 4 parties indépendantes, la structure métallique et la toiture, les pièces d'habitations en B.T.C., la serre à ossature bois orientée au sud qui permet la circulation entre les différents espaces et des pièces annexes en terre et paille créant une zone tampon au nord (**III.172**). Le fait d'avoir ainsi des parties indépendantes limite les problèmes de dilatation différentielle.

La conception de la maison permet de maximiser les apports solaires passifs grâce à la serre située au sud qui cumule cette fonction thermique avec celle de circulation entre les différents espaces. Elle est également devenue un lieu de vie. Le dessin de la maison permet aussi de réduire les pertes en réduisant l'emprise de la façade nord par une toiture descendant bas et la présence d'espaces tampons. Tout cela couplé à une très bonne isolation malgré l'originalité des matériaux utilisés produit des performances énergétiques très intéressantes. Une chaudière à gaz suffit à assurer le chauffage des pièces par le sol pour 880 € par an (eau chaude sanitaire comprise) et la cheminée permet un apport supplémentaire très chaleureux. La capacité de stockage hygrothermique des murs en terre permet quant à elle de réguler la température. Le chauffage est utilisé avec parcimonie et concentré dans les pièces à vivre. La même démarche d'économie est adoptée pour l'alimentation en eau qui est faite grâce à une source, un puits et la rivière et les consommations en électricité sont réduites au maximum (peu d'appareils électroménagers, lampes basse consommation etc.). Les propriétaires ont tout de même souhaité garder un mode de vie des plus confortables et cela est parfaitement réussi. Ajoutons que la maison fait 169 m² habitables et qu'elle n'a coûté que 52 000 euros soit 302 €/m². Ce coût très faible s'explique par le fait que la ressource en matériau était gratuite et proche puisque le constructeur s'est servi dans ses propres terres à moins de 200 mètres du chantier (**III.173**). L'autoconstruction diminue aussi considérablement les coûts puisqu'il n'y a plus de poste main-d'œuvre.

Le seul petit bémol concerne l'acoustique car dans la pièce à vivre, les voûtes et la coupole créent une ambiance sonore très particulière qu'il a fallu compenser avec des tentures murales.

Pierre Sabatier a fait part de sa vision de l'autoconstruction lors d'une conférence³⁷⁷ sur son chantier. Pour lui « ce sont les personnes intéressées par un habitat et des matériaux sains qui se tournent vers l'auto construction, et pas l'inverse. Ce phénomène s'explique par le manque de professionnels dans le domaine de la mise en place de ces matériaux. En effet, pour

³⁷⁷ 1 et 2 mai 1999 à Lyon lors des rencontres du réseau ECObatir

construire en terre aujourd'hui il faut travailler en autoconstruction, car il y a un grand manque de main-d'œuvre qualifiée et donc des risques de mauvaise finition. L'autoconstruction n'est pas toujours facile, en Afrique par exemple, elle fait partie de la culture traditionnelle car on travaille en fonction des saisons, du climat ; dans nos pays, on doit travailler de plus en plus et généralement toute l'année, sauf dans le cas de l'agriculture, de l'élevage ». Ces quelques mots expliquent pourquoi l'autoconstruction reste un phénomène limité mais nécessaire et tout de même présent dans le paysage architectural français. D'autre part, on constate que l'implication des propriétaires est souvent plus importante dans le cadre de chantier de rénovation que de construction. Cela s'explique par l'appréhension de la difficulté technique, une rénovation ne nécessitant que rarement un travail sur la structure même de la maison.

« L'autoconstruction est incontournable mais aussi appréciée car l'expérience de la création de sa maison d'habitation est inscrite dans nos gènes ». Cette réflexion de l'un des sondés dans le cadre de l'enquête de l'association Empreinte sur la construction en paille en France, matériau également très utilisé en autoconstruction pour les mêmes raisons que la terre, en dit également long sur la question de la réalisation de la personne humaine et du bénéfice du travail manuel sur l'accomplissement individuel qui est aussi souvent recherché par les autoconstructeurs.

II.III.) L'urbanisme.

II.III.I.) L'écoquartier des Terrasses La Fayette à Limoges.

Les Terrasses La Fayette (**III.174 et 175**) sont à ce jour l'un des projets les plus aboutis en matière d'éco-quartier en France. Situé à Limoges, le projet mené par le cabinet d'architecture Périphériques et par le promoteur ING Real Estate est actuellement en cours d'achèvement et les logements ont été mis en vente depuis plusieurs mois déjà.

Les Terrasses La Fayette accompagnent les ambitions de Limoges et de sa politique de développement durable inscrite dans son Agenda 21³⁷⁸ en mettant l'accent sur la gestion de l'eau, les économies d'énergie, l'utilisation des énergies renouvelables et le respect de la biodiversité. Le promoteur n'hésite pas à qualifier le projet de « quartier où la ville et la nature composeront un nouvel art de vivre ». Le programme est ambitieux et s'est donné 7 objectifs qui se déclinent comme suit, « une écologie à vivre », « vivre dans un jardin commun », « une vue sur la nature », « une écriture contemporaine respectueuse de l'environnement », « des maisons bien isolées et bien orientées », « la chaleur du bois » et les « énergies renouvelables ». La plaquette commerciale de l'opération montre, du moins en apparence, que le problème a bien été compris par les promoteurs, « la façon dont nous habitons, dont nous mangeons, dont nous nous lavons ou dont nous nous chauffons engage durablement l'avenir de notre planète ». Cependant, ce genre de petite phrase n'a pas d'autres buts que d'attirer une clientèle déjà sensibilisée aux problèmes environnementaux et le

³⁷⁸ En 1992, lors du sommet de la Terre de Rio, 173 pays adoptent le programme Action 21 (connu en anglais comme Agenda 21). C'est une déclaration qui fixe un programme d'actions pour le XXI^e siècle dans des domaines très diversifiés afin de s'orienter vers un développement durable de la planète. Ainsi, Action 21 énumère quelque 2 500 recommandations concernant les problématiques liées à la santé, au logement, à la pollution de l'air, à la gestion des mers, des forêts et des montagnes, à la désertification, à la gestion des ressources en eau et de l'assainissement, à la gestion de l'agriculture, à la gestion des déchets. Aujourd'hui, le programme Action 21 reste la référence pour la mise en œuvre du développement durable au niveau des territoires.

programme est, disons-le, plutôt réservé à une clientèle à l'aise financièrement. Ce qui ne le rend pas inintéressant pour autant.

Le futur éco quartier est un ensemble de maisons individuelles et maisonnées en copropriétés, au sein d'un parc arboré de plus de 7 hectares « profitant de l'air pur de la campagne et des avantages de proximité de la ville ». Il est en effet situé sur le lieudit La Fayette, entre la campagne limougeaude et le quartier du Roussillon et profite d'une accessibilité remarquable, transports en commun ou voiture, à 10 minutes des centres-ville de Limoges ou d'Isle, à 500 m de tous les commerces et services de la vie de tous les jours (écoles, crèches, centres commerciaux, piscine, universités, hôpitaux), à proximité des méandres de la Vienne et 14 à minutes de l'aéroport. Le complexe est donc situé en zone semi-urbaine ou périurbaine et cette implantation en elle-même est digne d'intérêt.

Le programme est tout de même relativement qualitatif, il s'adresse principalement à une clientèle désireuse de profiter des avantages de la vie à la campagne et cette bi-orientation, à proximité du réseau de transports en commun, est une réponse intéressante au phénomène de mitage qui dénature les campagnes et amène à des temps de transport importants, fatiguants et écologiquement problématiques. Les concepteurs du projet ont donc calculé les temps de transport pour rejoindre différents points de la ville, que ce soit à pied, en voiture ou par les transports en commun pour en faire un argument commercial. Etant donné que c'est en ville que les réseaux de transports sont les plus denses et les mieux organisés, mieux vaut donc étendre la périphérie des villes (avec une architecture digne d'intérêt) que celles des villages isolés. Cependant, le but est tout de même de pouvoir profiter de la proximité avec la nature et du parc boisé dans lequel sera aménagé le quartier. Les architectes ont donc conçu des habitations qui « conjuguent le dehors et le dedans » en laissant pénétrer abondamment la lumière du jour et en multipliant les espaces extérieurs, terrasses, balcons, jardins individuels ou partagés tout en aménageant une « coulée verte » qui comprend notamment un parcours de santé au cœur du vallon. L'aménagement du site a été réduit au minimum, les arbres de haute tige préexistants ont été préservés et le vallonnement naturel du site est respecté pour favoriser le ruissellement et la pénétration dans le sol des eaux pluviales.

La construction des habitations mise sur le bois dont nous avons déjà évoqué les qualités.

Selon les architectes, « le bois permet de s'inscrire en douceur dans un paysage naturel préservé tout en offrant la chaleur, la pérennité voulue et la garantie de hautes performances énergétiques que n'autorisent pas les constructions conventionnelles. Le bois est un élément fondamental de la conception de ce projet. Il est présent à toutes les échelles : de la structure au parement, de l'extérieur à l'intérieur, et il alimentera les chauffages d'appoint grâce à un poêle. Son échelle et sa matière changeante lui donnent une grande sensibilité et qualifient de manière unique chaque logement par la déclinaison de différentes essences ». Chaque construction a donc une structure bois et celui-ci est très présent tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des logements.

Le parc de logements se compose de maisons individuelles et de maisonnées (**III.176 à 181**).

Les maisons sont proposées en 5 pièces et déclinées en 2 types d'architecture, ce qui évite la répétition d'un même modèle. Ces maisons se développent sur 2 niveaux pour suivre la pente naturelle du terrain et profitent d'un grand jardin individuel ouvert sur la fameuse coulée verte.

Les maisonnées, quant à elles, sont réparties dans 2 grands parcs gérés sous forme de copropriétés. Elles se déclinent en 4 types d'architecture et proposent 3, 4 ou 5 logements de 3, 4 ou 5 pièces avec balcon, coursive et/ou terrasse. Chaque logement bénéficie d'un jardin à jouissance privative, en pleine terre, à proximité du logement.

Trois gammes de performance énergétique sont disponibles : maisons économes « 44% d'économies d'énergie », basse énergie « 56% d'économies d'énergie » et très basse énergie

« jusqu'à 75% d'économies »³⁷⁹. Ces performances, qui permettent de bénéficier d'un crédit d'impôt pouvant aller jusqu'à 5000 euros, sont permises par une conception des logements relativement soignée. Les architectes affirment même avoir eu « recours à une architecture « passive ». La double orientation de chaque logement permet de bénéficier au maximum de la lumière du jour et de favoriser une aération correcte de l'espace. Les déperditions thermiques ont été limitées par une excellente isolation et la pose de vitrage faible émissivité. Les concepteurs affirment qu'une grande partie de l'énergie consommée est renouvelable. Les logements sont en effet équipés de ballons E.C.S.³⁸⁰ alimentés par panneaux solaires, de poêles à bois, de dispositifs de ventilation double-flux avec récupérateur de chaleur, de P.A.C. et chaque unité d'habitation est équipée d'un dispositif de récupération des eaux pluviales. Les Terrasses La Fayette ont été conçues dans une démarche de Haute Qualité Environnementale, depuis leur conception (assistée par un consultant environnement H.Q.E.) jusqu'à leur réalisation et à leur exploitation. Cette démarche, vise « à maîtriser les impacts du bâtiment sur l'environnement, mais également à assurer des conditions optimales de santé et de confort. Elle touche à la fois l'environnement au sens général, avec des objectifs d'économie de ressources et de réduction des rejets polluants, et à l'environnement intérieur, celui des futurs habitants ». Les cibles les moins souvent recherchées sont donc bien intégrées dans ce projet. Les résultats de la démarche H.Q.E. ne seront cependant disponibles et validés qu'une fois le chantier terminé, ce qui n'est pas encore le cas.

En ce qui concerne l'aménagement intérieur, les murs porteurs ont été rejetés en périphérie des logements et dans les blocs humides positionnés en partie centrale. Les agencements intérieurs sont donc flexibles et offrent une grande variété de configurations possibles. Le locataire a ainsi la possibilité de faire évoluer son logement du loft à l'appartement classique avec l'arrivée d'enfant(s) par exemple. Cette flexibilité, si elle ne semble pas avoir de bénéfice écologique clair, apporte en revanche un plus environnemental indéniable tant la bonne adéquation entre les besoins de l'habitant et les possibilités offertes par son logement sont facteurs de confort.

Techniquement les solutions mises en place semblent très intéressantes, les performances énergétiques seront sans doute au rendez vous. La conception de l'ensemble a également été bien pensée, et si les impératifs de respect du site n'ont pas toujours permis des orientations nord/sud favorables comme le réclament les principes du bioclimatisme, l'emplacement des arbres et la caducité de leur feuillage a tout de même été pris en compte pour favoriser les apports solaires en hiver tandis que les feuilles revenues ombrageront les constructions en été. Visuellement, si les images du projet se concrétisent, les différents modules en bois, parfois sur pilotis, devraient assurer une ambiance favorable au site. Cet éco-quartier proche par son programme du lotissement en zone rurale réussit à montrer qu'il est possible de marier habitat de faible densité et préoccupation environnementale avec architecture soignée et sauvegarde du site.

³⁷⁹ Données constructeurs, valables sur les consommations électriques liées au chauffage, V.M.C. et eau chaude sanitaire.

³⁸⁰ Eau chaude sanitaire.

II.III.II.) « Le premier quartier 100% écologique de Paris »³⁸¹.

C'est sur l'emprise de l'ancienne gare de Rungis (**III.182**), à la limite du XIII^{ème} arrondissement, à proximité du parc Montsouris et du stade Charléty que sera construit le premier éco-quartier de Paris.

Le conseil de Paris avait d'abord lancé une concertation en septembre 2002. Après en avoir tiré le bilan, il a créé la Z.A.C. de la gare de Rungis, lors de sa séance des 22 et 23 septembre 2003. Son périmètre est délimité au nord par la place de Rungis et la rue Brillat-Savarin, à l'est par la rue des Peupliers, au sud par le boulevard de Kellermann et la rue des Longues Raies et à l'ouest par la limite parcellaire avec la résidence « Cap Sud ».

Il s'agissait alors d'une opération immobilière tout à fait classique comprenant simplement une crèche H.Q.E.. La parcelle devait être percée de trois voies automobiles traversières pour désenclaver le quartier de la place de Rungis et des parkings étaient envisagés. Alors que le projet est bien avancé (P.L.U. modifié, schéma directeur en cours de réalisation, etc.) certains habitants du XIII^{ème} arrondissement de Paris font un constat simple, « BedZED au Sud de Londres, Vauban à Fribourg, Malmö en Suède, Apeldoorn aux Pays-Bas, etc. les exemples de quartiers respectueux de l'environnement en Europe ne manquent pas. Et à Paris ? Rien »³⁸². L'aménagement de l'ancienne friche S.N.C.F. de 3,8 hectares apparaît donc comme une formidable opportunité de développer un éco-quartier, pour la première fois dans une grande ville française. Ils créent donc une association avec la ferme intention de démontrer que les changements sont réalisables. L'association mène des opérations de lobbying intense auprès des décideurs tout en les sensibilisant, notamment en organisant un voyage pour visiter Bedzed et Vauban. En mars 2007, après deux années de militantisme actif, les principaux objectifs de la plateforme de travail rédigée par les militants sont retenus et intègrent le cahier des charges (**III.183**).

Le programme défini à l'issue de cette discussion se caractérise donc par la volonté d'associer des équipements publics à une grande mixité des fonctions envisagées sur le terrain. Il comprend 5000 m² de jardin public dont la forme répond au principe d'ouverture sur le quartier demandé par les habitants. Cet espace comprendra un parcours représentant le passage réel de la Bièvre quelques mètres sous terre, une façon élégante de recréer le lien entre la ville et sa topographie, son milieu naturel, souvent devenu illisibles.

Huit milles mètres carrés seront destinés à une crèche de 60 berceaux, à une halte-garderie et à un établissement de 6 500 m² hébergeant des personnes âgées dépendantes, dont un centre spécialisé Alzheimer (E.H.P.A.D.). Trente-deux milles mètres carrés de construction se répartiront en 13 000 m² d'habitat notamment pour la réalisation de logements destinés aux chercheurs et aux étudiants et des logements familiaux. Au total, le nouveau quartier comprendra 65 à 70 logements familiaux et 200 à 250 logements universitaires. Les 19 000 m² restant seront dédiés à l'emploi (bureaux) dont 1000 m² environ de commerces de proximité programmés en pied d'immeubles.

Selon Patrice Gohier, adjoint au Maire du 13e, chargé de l'environnement et des espaces verts, « trois cœurs feront vivre ce futur quartier : les énergies, la mobilité douce et la récupération des eaux de pluie »³⁸³.

Mais dans un environnement régi par de fortes contraintes (petite ceinture à conserver, enclavement fort, nivellement important) les urbanistes concepteurs de la Z.A.C. Rungis,

³⁸¹ Journal Tre13ieme (treizieme), le magazine de la mairie du 13^e arrondissement, n° 17, mai 2007 page 12.

³⁸² Les amis de l'écoZAC, <http://ecoz.ouvaton.org/>.

³⁸³ Journal Tre13ieme (treizieme), le magazine de la mairie du 13^e arrondissement, n° 17, mai 2007 page 12.

Pierre Riboulet puis Bruno Fortier après le décès du premier, ont dû faire preuve d'imagination. D'autant que le cahier des charges s'est considérablement alourdi après le passage des associations.

Celui-ci se caractérise par une volonté forte de dépasser de loin les exigences de la simple HQE dont le label n'offre aucune obligation de résultats **(III.184)**.

Les transports tout d'abord ont fait l'objet d'une attention toute particulière puisqu'il était nécessaire de désenclaver le quartier. Une fois construits, les 32 000 m² de logements et bureaux seront à 200 mètres du futur tramway des Maréchaux. Des lignes de bus et le R.E.R. passent déjà à quelques minutes à pied ou à vélo du site. Des voies circulées et piétonnes vont relier ce quartier de la gare de Rungis au boulevard Kellermann et à la station de tramway Poterne des Peupliers. Une place particulière est réservée aux circulations douces avec une piste cyclable reliant la place de Rungis à la rue des Longues Raies. Toutes les voiries réduites au minimum seront à sens unique et aménagées selon les règles des zones 15 km/h, favorisant ainsi les piétons et l'accès au tramway. La priorité sera donnée au partage de véhicules à propulsion propre (GPL, électrique...) pour les habitants du site et les entreprises travaillant sur la Z.A.C..

L'éco-quartier de Rungis comprendra également 5000 m² d'espaces verts et de jardins partagés dont certains seront réservés aux enfants des écoles du quartier. Les essences des arbres et végétaux plantés seront issus de l'écosystème local et adaptées au climat parisien. Pour que rien ne vienne briser cette harmonie de la nature, les deux volumes de bureaux seront reliés entre eux par des passerelles traitées en transparence.

Pour Jérôme Marcillet président de l'association des Peupliers (association de quartier partie prenante dans les concertations), « le jardin en pente dont nous verrons de loin le vert du gazon est appréciable. [...] la modernité des plans bouscule le principe de ville, puisque les rues ne seront plus des lignes droites, mais des espaces vastes »³⁸⁴. Le positionnement des bâtiments légèrement en retrait des rues permettra en effet de laisser passer une bonne partie de la lumière. Les immeubles situés tout autour de la friche bénéficiaient d'un ensoleillement très important puisqu'aucune construction haute n'était présente sur le site. Les riverains du terrain étaient donc très inquiets sur ce point.

Afin de créer des lieux conviviaux qui font défaut dans cette partie du XIII^{ème}, des restaurants seront prévus pour les entreprises qui ont des bureaux sur le site. Ils seront également ouverts le soir.

L'ensemble de ces points vise donc à créer de la convivialité et du bien-être par l'omniprésence de la nature. Le travail de conception urbanistique et le rôle positif qu'il a joué sur la société a donc été parfaitement compris. Le travail des urbanistes a également consisté à réfléchir à l'implantation de chaque îlot de construction afin de leur donner les caractéristiques les plus favorables au rôle qu'ils sont amenés à jouer. La maison de retraite a ainsi été implantée pour bénéficier d'un ensoleillement maximal alors que les bureaux ont été placés de manière à ne pas trop souffrir des apports solaires puisque en raison des ordinateurs et de la densité des personnes qui y travaillent, ce type de bâtiment a plus souvent besoin d'être refroidi que chauffé.

Cependant, d'autres objectifs sont visés par les concepteurs du projet, notamment en matière d'insertion socio-économique. Le chantier devra ainsi recruter des personnes en réinsertion, logées par différentes associations actives dans ce domaine dans le XIII^{ème} (Mie de Pain, Foyer de la Poterne des Peupliers...). Il fournira également un support à la formation d'installateurs et devra permettre de former divers corps de métiers aux techniques des énergies renouvelables. La pose de panneaux solaires thermiques (pour la production d'eau chaude) permettra de former des plombiers d'Ile-de-France. La pose de panneaux

³⁸⁴ Journal Tre13ieme (treizieme), le magazine de la mairie du 13^e arrondissement, n° 17, mai 2007 page 12.

photovoltaïques (pour la production d'électricité) servira à former des électriciens. Une fois la Z.A.C. réalisée, une partie des locaux professionnels sera dédiée à des installateurs solaires et à un centre de formation au développement des énergies renouvelables. Le projet développera également la mixité sociale, la location et l'accession à la propriété. Les bâtiments seront tous accessibles aux personnes à mobilité réduite et une attention particulière sera apportée à la réalisation des jardins, afin d'y faciliter leurs déplacements. Le quartier aura pour vocation de recevoir des écoles afin de sensibiliser les enfants à l'environnement et aux énergies renouvelables. La Z.A.C. sera donc un outil de sensibilisation à l'environnement.

En matière d'énergie, l'empreinte écologique du quartier sera réduite grâce à un chantier respectueux de l'environnement. Les bâtiments seront réalisés avec des matériaux propres, et l'ensemble de la démolition et de la construction du site sera écologique. Le tri des déchets mis en place, les membres des associations ont émis l'idée que la ligne ferroviaire de la Petite Ceinture soit rendue utilisable pour évacuer les déchets du chantier et l'approvisionnement.

Les bâtiments auront pour objectif de produire sur l'année plus d'énergie qu'ils n'en consomment. Les surfaces des toits seront utilisées au maximum pour implanter les énergies solaires. 4 000 m² de cellules solaires photovoltaïques donneront de l'énergie non-stockable, revendue à E.D.F. et des panneaux solaires thermiques chaufferont l'eau des utilisateurs. Le site pourrait aussi être équipé en production locale d'énergies renouvelables, production de courant ou de chaleur à partir de bois ou de biogaz par exemple.

Les constructions de Rungis seront des bâtiments très bien isolés qui utiliseront les apports solaires passifs et l'éclairage naturel. Ils consommeront beaucoup moins que les normes de constructions actuelles ne le demandent. Les consommations ne devraient pas dépasser 50 kWh/m²/an.

En ce qui concerne l'eau, les eaux pluviales seront récupérées et stockées dans des citernes souterraines. Ces stocks répondront d'une part aux besoins des jardins et alimenteront d'autre part les chasses d'eau des habitations. Les eaux usées seront nettoyées sur le site grâce à une filtration par les plantes. En fin de cycle, les eaux propres retourneront dans les citernes pour alimenter les chasses d'eau. Ce principe est appliqué sur le site anglais de BedZED.

« La récupération des eaux de pluie assurera la moitié des besoins publics et la quasi intégralité des besoins privés d'arrosage sur l'ensemble de l'EcoZAC » affirme Gilles de Mont-Marin de la Semapa, l'aménageur chargé de l'opération. En cas de pluies exceptionnelles, les eaux s'infiltreront en terre par un puits. Ce programme de récupération pourrait permettre d'économiser jusqu'à 30 % de l'eau consommée sur la ZAC.

L'association des Amis de l'écoZAC a également envisagé une gestion locale des déchets. Les habitants de la Z.A.C., ainsi que les habitants du quartier qui le désirent, pourront composter leurs déchets verts sur le site. Ce compostage permettra de fournir de l'engrais aux jardins potagers, tout comme aux espaces verts.

La seule déception concerne le projet géothermique qui a dû être abandonné. Les sondages que la Semapa a conduits pour évaluer la possibilité d'utiliser cette énergie ont abouti à un résultat négatif, le débit escompté de la nappe étant très insuffisant. Selon Jérôme Coumet, premier adjoint au maire, « c'est une cruelle déception pour la ville. Cela dit, la géothermie n'était qu'une alternative parmi d'autres. Notre défi numéro 1 est de bâtir des immeubles plus économes en énergie notamment par une très bonne isolation. Pour les chauffer, nous allons sans doute nous orienter vers le chauffage urbain dont la vapeur d'eau est fournie largement à partir du traitement des déchets. »

L'ensemble de ces propositions a valu à l'association des Amis de l'EcoZAC de recevoir le prix Eurosolar 2006 pour son travail en faveur de la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du projet de l'aménagement de la Z.A.C. de Rungis. Les Amis de l'EcoZAC étaient les seuls représentants français à obtenir ce prix en 2006. Ils ont en tout cas réussi à

prouver qu'il était possible de lancer un projet ambitieux hissant pour la première fois les enjeux de l'architecture environnementale à l'échelle de la ville grâce à un travail de conception urbanistique soigné.

Il est malheureusement encore trop tôt pour valider cette expérience car la livraison de l'ensemble n'est prévue qu'en 2011. Les projets architecturaux ne sont même pas encore définis. Cependant, le fait que ce cahier des charges se distingue d'ores et déjà par la profondeur de la réflexion qui a mené à sa réalisation et son exigence ainsi que la détermination sans faille des associations qui ont soutenu ce projet garantissent un résultat déjà historique en France.

GÉNÉRALITÉ.

A travers tous ces exemples il est possible d'avoir une vision globale même si elle ne saurait être exhaustive de la pratique réelle de l'architecture environnementale.

Nous cherchions à savoir s'il était possible de distinguer une identité visuelle forte propre à signaler aux alentours la présence d'une réflexion environnementale poussée dans la conception d'un bâtiment. Il faut bien se rendre à l'évidence qu'aucune particularité architecturale n'est réellement commune à la réalisation de chacun des bâtiments envisagés. Pas d'identité formelle donc pour l'architecture environnementale. Cependant, il reste possible de distinguer quelques signes qui peuvent lier aspect artistique et démarche de conception, et ce dans deux domaines, celui de bâtiments très importants à l'échelle de la ville et celui de la maison d'habitation particulière.

A l'échelle de la ville voire du pays, l'érection d'un bâtiment telle qu'une tour donne de toute façon toujours lieu à une réflexion sur la forme capable de fournir un signal optimum. Cet examen n'est donc pas forcément riche de sens. A l'échelle de la maison d'habitation particulière en revanche, le ventre mou des formes du pavillonnaire permet aux conceptions originales dans leur conception technique de se révéler en négatif par leur forme. Ces formes sont souvent celles qui donnent leur identité aux bâtiments organiques, courbes, lignes diagonales, refus de la symétrie systématique, etc.. Il faut cependant bien différencier la volonté de construire un bâtiment formellement organique de celle de se démarquer d'une réalisation banale. Les formes du banal étant généralement bien établies, seules des formes qui sont également celle de l'organique permettent de s'en démarquer. Cela est tout à fait logique si l'on examine le fait que l'architecture du banal, et sa forme, est issue de réflexions visant à abaisser les coûts de manière drastique, réflexions similaires à celles des modernes sur l'industrialisation du bâti ayant amené, pour simplifier, à l'émergence d'un style devenu international lorsque les impératifs économiques se sont également internationalisés. L'architecture organique issue de réflexions différentes a conduit à une autre forme de discours architectural qui a logiquement déteint sur l'architecture qui nous occupe, par le biais d'une approche concordante.

On peut ici évoquer à nouveau les deux écoles évoquées par Desmoulins, celle du low tech et celle du high-tech³⁸⁵. Bien que les deux approches ne soient pas forcément antinomiques, l'approche low-tech serait à rapprocher de la maison Giraud-Ruet ou celle du moulin de la Resse qui privilégie d'abord la conception bioclimatique tandis que la Mairie des Mureaux par exemple serait plus représentative de l'école high-tech qui suréquipe un bâtiment n'ayant pas forcément fait l'objet d'une conception architecturale de base tendue vers l'efficacité

³⁸⁵ DESMOULINS Camille « "Tâche Q.E." : interrogations sur les normes et les pratiques » in *Bâtir éthique et responsable*, éditions du Moniteur, Paris, 2007. Page 107.

environnementale. La différence formelle apparaît alors par le biais de cette explication car si les concepts bioclimatiques n'ont pas de critères déterminant l'architecture, il faut faire avec leur forte présence architectonique. On obtient alors des bâtiments avec des paupières aux fenêtres³⁸⁶ fournies par les dispositifs pare-soleils, des toitures descendant bas ou aux façades peu percées au nord auxquelles l'utilisation de matériaux comme le bois ou la brique apportent une forte personnalité. Cela est surtout valable en France. En Allemagne, la culture de l'isolation et de la chasse aux ponts thermiques donne plus souvent lieu à des constructions aux volumes simples, compacts sans décrochements ne se singularisant que par le traitement de certaines lignes ou par les matériaux qui les composent.

Cette approche low-tech a cependant ses limites lorsque, selon les mots de Desmoulins, elle tombe dans « le baba cool »³⁸⁷. Elle doit donc être tempérée par une technologie l'aidant à garder son efficacité. Cependant, l'excès de technologie est également nuisible. L'exemple de l'analyse de Mathieu Gervais sur le triple-vitrage le montre. Le double-vitrage est nécessaire mais le gain fourni par le triple-vitrage « n'est pas énorme. De plus, un triple-vitrage bloque toutes les pertes de l'intérieur vers l'extérieur mais aussi les apports solaires puisqu'il est isolant dans les deux sens. [...] Enfin, les triples-vitrages sont issus d'une fabrication que peu de professionnels maîtrisent, et entraînent jusqu'à 50% de surcoût par rapport à une fenêtre double-vitrage performante »³⁸⁸. Attention donc à la surenchère technologique, chère, pas toujours efficace et souvent très difficile à entretenir. Remplacer les coûts de chauffage par les coûts de maintenance ne semble pas très intéressant. Ricciotti a tout à fait intégré cette problématique, « les lobbies industriels autant qu'énergétiques ont largement compris le caractère fécondant de ce nouveau dispositif idéologique [...]. On pressent bien comment la R.T. 2005 va promouvoir d'avantage de [...] suréquipements en matière thermique ; souffler davantage d'air dans des conduits pour davantage l'aspirer est devenu un projet révolutionnaire et romantique »³⁸⁹. D'autant qu'une approche strictement technologique élude généralement la réflexion architecturale éloignant d'autant l'efficacité environnementale au profit de la seule efficacité énergéico-économique.

³⁸⁶ Lorsqu'Adolf Loos a réalisé l'immeuble de la Michaelerplatz à Vienne en 1909-1911, il a subi de nombreuses critiques dont certaines regrettant que l'immeuble aux fenêtres simplement percées et dénuées de modénature soit dépourvu de paupières. Loos est également l'auteur du célèbre *Ornement et crime* datant de 1908 qui lui vaudra d'être considéré comme un des grands précurseurs de l'architecture moderne. Rudy Ricciotti dans *H.Q.E.* en fait une critique dont la verdeur n'a que l'élégance pour égale (Voir chapitre sur la H.Q.E.).

³⁸⁷ DESMOULINS Camille « "Tâche Q.E." : interrogations sur les normes et les pratiques » in *Bâtir éthique et responsable*, éditions du Moniteur, Paris, 2007. Page 107.

³⁸⁸ GERVAIS M. « triple vitrage : un gain réduit » in 60 millions de consommateurs, hors série N° 136, mai 2008. Page 52.

³⁸⁹ RICCIOTTI Rudy, *H.Q.E.*, Transbordeurs, Paris, 2007. Page 10.

QUESTIONS D'OUVERTURES

Au début de l'année 2006, il n'était pas encore question de Grenelle de l'environnement et rien ne laissait prévoir l'implication effective et grandissante des pouvoirs publics dans le domaine de l'écologie et du développement durable mis en lien avec l'architecture, la construction et la politique de la ville. Pourtant, de nombreux détails nous avaient déjà incités à nous pencher sur ces problèmes et quelques brèves recherches avaient mis en lumière la profondeur historique et la matière scientifique suffisante à cet essai. La connaissance universitaire de ce sujet étant alors très limitée, pour ne pas dire inexistante, le but premier était de constituer une base scientifique la plus large possible ouvrant ensuite sur de multiples domaines de recherches. Il fallait donner une vision, la plus large possible, de tous les domaines pouvant entrer dans le cadre de ces recherches, tout en essayant de retrouver les prémices historiques et historiographiques d'un mouvement dont les contours restaient encore à définir. Notre volonté était également d'essayer de commenter l'architecture d'une façon nouvelle, sans oublier l'aspect plastique ni la dimension urbanistique, économique ou politique d'un bâtiment mais en traitant aussi avec une grande attention l'aspect technique et parfois technologique de la construction, bref en nous intéressant tout autant à la conception qu'à la construction en elle-même. « L'architecture sans architecte » selon les mots de Rudofsky, c'est-à-dire l'architecture dite du banal, celle des constructeurs mais aussi des autoconstructeurs à l'échelle domestique méritait également l'intérêt des universitaires. Tous ces points sont des aspects importants de ce que nous avons choisi d'appeler l'architecture environnementale et l'étude de ce mouvement nous a permis de nous pencher sur chacun de ces problèmes. Il reste cependant de larges compléments à apporter.

Ce travail s'ouvre par une large introduction qui vise, entre autres, à situer le contexte socio-politique de l'étude à travers les trois principaux motifs de préoccupation des tenants de l'architecture environnementale, le réchauffement climatique, le problème de l'énergie et notamment du pétrole, et la question de la pollution et de l'épuisement des ressources. A ces trois thèmes qui traversent l'étude, il serait bon d'ajouter celui des relations entre l'habitant, l'utilisateur et l'architecture, le cadre bâti. Contrairement aux autres dont l'histoire est plutôt simple à retracer, cette question bien qu'elle soit souvent évoquée est beaucoup plus délicate à traiter.

L'étude des fondements théoriques est ensuite subdivisée en deux périodes, l'une des années 1970 à 1982, la suivante des années 1990 à nos jours. Ces deux périodes correspondent très exactement à deux types de discours différents et la césure est très nette dans les dates des publications. Entre les deux, rien ou très peu de choses. C'est ce vide qu'il faudra combler ou expliquer de manière plus approfondie dans les travaux à venir.

La première partie cherchait donc à établir les bases et les premières influences de ce mouvement en regardant vers l'architecture organique. Malheureusement, ce qui semblait bien documenté est en fait très peu étudié, quelques paragraphes dans les ouvrages de Jencks ou Francastel et dans les ouvrages généraux sur l'architecture, un ouvrage de deux architectes, Zipper et Bekas, les publications de l'international forum man and architecture et quelques parallèles possibles dans les ouvrages de Migayrou. A part ces derniers d'ailleurs, tout le reste a plus de vingt ans... Il semble fondamental de trouver ou de rédiger enfin une vraie synthèse sur ce morceau de l'histoire de l'architecture.

Les auteurs grand public traitant plus précisément de construction environnementale et qui ont pu avoir une influence importante sur le mouvement, Friedman, Chareyre, Rudofsky ou Gac, qui traduit le très important Shelter, sont en revanche mieux connus. Cependant, il peut être

intéressant de se pencher sur les ouvrages spécialisés destinés aux architectes eux-mêmes, comme celui de Givoni par exemple, dont la lecture demande une connaissance technique beaucoup plus poussée. Il faut également étudier la formation des architectes de l'époque afin de mieux comprendre leur relative absence de ces premiers moments de l'architecture environnementale et comparer leurs prescriptions techniques avec les solutions mises en place par les autoconstructeurs. La partie concernant les techniques de cette première période pourrait également être augmentée, les principes du bioclimatisme par exemple, sont bien connus mais son origine est assez mal documentée. La recherche sur les matériaux et les technologies considérées comme environnementalement valables à l'époque mérite également un approfondissement et demande à être mise en parallèle avec ce qui existe aujourd'hui sur le marché afin, par exemple, de mieux connaître les options qui n'ont pas été retenues. Pour ce qui est de ces vingt dernières années en revanche, c'est le foisonnement qui prévaut et la question n'est pas de chercher mais d'éliminer et de trier. Les informations qui n'ont pas été insérées dans le texte ont principalement été évincées pour des raisons d'équilibre formel, sans toutefois nuire à la cohérence de l'essai. Il est donc assez facile d'enrichir cette partie du texte, notamment en s'intéressant de plus près à la place et à la formation des architectes qui ont pris une importance grandissante dans le mouvement. Les matériaux et les techniques sont, quant à eux, en perpétuelle évolution et chaque nouvelle construction majeure apporte son lot d'innovations. Les salons ouverts au grand public sont également vecteurs de nouveautés, notamment dans le domaine de l'autoconstruction.

La question de la place si importante de l'autoconstruction dans ce mouvement et de son évolution depuis ses balbutiements jusqu'à aujourd'hui (avec un quasi retournement des proportions entre architectes et autoconstructeurs) mérite également d'être mieux mise en perspective.

Enfin, il était impossible de traiter l'architecture et la construction environnementale de ces dernières années sans étudier la mise en place d'un cadre législatif important avec les R.T. 2000 et R.T. 2005 ainsi que l'impact de la mise en place de certifications et de labels d'intérêt public comme le fameux label H.Q.E. (pour Haute Qualité Environnementale) que l'on peut comparer aux autres labels européens mais aussi aux labels issus du milieu associatif comme le label Oikos. Cette comparaison est très intéressante car ces labels indépendants se veulent une réponse à la faille critiquée du label H.Q.E.. Malheureusement, le label test environnemental vient à peine d'être mis en place, ce qui explique son absence de cette étude. En ce qui concerne le label H.Q.E., une thèse est en cours à Paris I, nous avons donc décidé d'utiliser le recul historique déjà suffisant sur cette expérience pour se faire l'écho des critiques parfois violentes de certains architectes comme Ricciotti ou Perrault mais aussi des autoconstructeurs plus profondément engagés dans ces recherches. Ici aussi, la question demande à être approfondie en rencontrant ces personnes, car à travers la critique du label, c'est une critique de tout le mouvement qui commence à poindre.

L'approche pratique consiste à proposer une série de réalisations qui rendent visibles les préceptes énoncés plus haut. Ces exemples illustrent concrètement les théories mais permettent aussi de poser la question du style, de l'aspect plastique ou artistique des réalisations environnementales, qu'ils soient présents ou non d'ailleurs. On peut ainsi dégager les spécificités stylistiques du mouvement.

Ce catalogue est divisé en trois grandes catégories qui correspondent chacune à un grand type de réalisations. Les projets d'envergure tout d'abord, intéressant la commande publique, collèges, mairies, grands équipements, mais aussi bâtiments commerciaux, immeubles de bureaux, etc.. Cette dualité est très importante car l'Etat, qui se doit de montrer l'exemple, pousse vers la construction environnementale tandis que les entreprises ont bien compris les bénéfices en terme d'image que pouvait leur apporter une construction de ce type. Le

deuxième grand type de bâtiments est le logement qui peut être collectif ou particulier. L'habitation particulière est très intéressante car, par sa petite taille, elle est un lieu d'expérience unique, que ce soit par le biais des architectes ou des constructeurs. Elle est aussi le lieu d'expression des autoconstructeurs qui mènent aujourd'hui encore les expériences les plus originales. Nous abordons deux techniques parmi les plus originales : la construction en bottes de pailles et l'utilisation de la terre crue, mais il faudrait en ajouter d'autres comme l'utilisation du bois ou du bois cordé. Reste l'urbanisme qui est traité à travers deux exemples : un en province et l'autre à Paris. Cette question de l'urbanisme n'est traitée qu'à travers l'éco-quartier situé en ville mais la question d'un « urbanisme rural » se pose avec le phénomène d'éco-hameau ou d'éco-village qui se développe de plus en plus et qui donne lieu pour l'une des toutes premières fois à une concertation et une réflexion sur l'aménagement d'un ensemble de maisons d'habitation particulière et qui forment en quelque sorte un retour aux communautés hippies américaines des années 1960/70 justement à l'origine de la réflexion sur l'habitat environnemental.

Le principal défaut de ce catalogue tient aux dates des bâtiments. Les exemples proposés ont tous vu le jour dans les quinze dernières années tout au plus. Pour les grands projets, il n'en existe que très peu qui soit antérieurs si l'on excepte les bâtiments dits organiques qu'il faudra de toute façon envisager lors de l'étude de ce mouvement. Il en va de même pour l'urbanisme. En revanche ce n'est pas le cas de la maison d'habitation particulière et nous avons récemment pris connaissance de maisons ou de villas autoconstruites (c'est le cas de celle de Chareyre par exemple) ou construites par des architectes dès les années 1970. Le corpus est assez difficile à rassembler puisqu'étant des expériences assez isolées, elles ont rarement été publiées. Les informations sur ces constructions sont rares mais il semble important de prendre le temps de les étudier.

On le voit, les perspectives de recherches sont déjà nombreuses si l'on se contente simplement d'approfondir celles déjà menées pour proposer une synthèse la plus complète possible. Un champ de recherches nouvelles, dont l'intérêt est évident, s'ouvre aux universitaires. Cependant la question de l'architecture organique à elle seule nécessite un traitement particulier et ce que nous considérons comme un terrain déjà défriché auquel il serait possible de rattacher notre étude après une brève présentation s'est en fait révélé quasiment vierge. Ce nouveau champ d'étude ne peut rester plus longtemps aussi mal traité. D'autre part, l'architecture environnementale qui est une des filles de l'architecture organique et qui existe maintenant depuis près de quarante ans s'est affirmée au cours de ces dernières années comme l'une des spécificités architecturales très forte de la fin du vingtième siècle et nécessite également une attention particulière. Ces travaux ont donc besoin d'être complétés, critiqués et enrichis. Nous avons ainsi décidé de ne pas rencontrer d'architectes ou de personnalités afin que ces entretiens ne nuisent pas à une appréhension du mouvement par les écrits qu'il a produit. Il est maintenant temps d'aller plus loin pour mieux cerner ce que les écrits ne disent pas toujours. Ce travail doit être fait d'autant plus rapidement que ces personnes sont maintenant de plus en plus âgées.

Il faudra également songer à élargir le champ géographique de l'étude. La France n'est pas le pays le plus en avance dans le domaine, l'Europe du nord et notamment l'Allemagne ou les Pays-Bas ont déjà bien mieux intégré ces pratiques; c'est aussi le cas pour les États-Unis. Enfin, il faudra nécessairement s'intéresser aux années d'avant guerre et d'immédiate après-guerre, notamment pour étudier l'architecture organique.