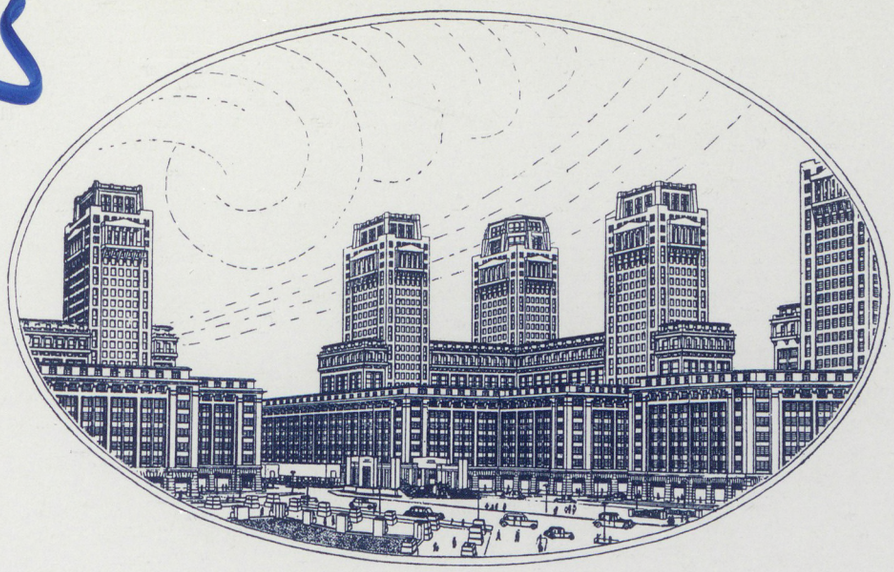
Problèmes énergétiques de la ville : Actes du séminaire ARDEPA, les 13, 14 et 15 mai 1982 et du séminaire Plan-Construction, 17 juin 1983 : Microclimat, confort et économie d'énergie

Philomena Miller-Chagas, Jean-Pierre Devillers, Jean-Pierre Péneau

295



Problèmes énergétiques de la ville

Actes du Séminaire ARDEPA, les 13, 14 et 15 mai 1982
à l'Ecole d'Architecture de Nantes
et du Séminaire Plan-Construction, le 17 juin 1983
Microclimat, confort et économie d'énergie.

A.F.M.E. - Direction de l'Architecture - Plan-Construction

Sommaire

1 - Séminaire ARDEPA - 13, 14 et 15 mai 1982
Problèmes énergétiques de la ville

2 - Séminaire Plan-Construction - 17 juin 1983
Microclimat, confort et économie d'énergie

1- 13, 14 et 15 mai 1982 - Séminaire ARDEPA Problèmes énergétiques de la ville

Liste des participants au séminaire

AIRIAUD	Architecte à Nantes
AL HOSNI	Architecte à Treillères (Loire-Atlantique)
AUTET	Ingénieur D.D.E. - (Deux Sèvres)
BARET	Chef de section TPR-DRE-Nantes
BERTHELOT	Stagiaire en Hélio-thermie, CERMA, UPA de Nantes
BEURRET	Urbaniste, Grenoble
BIENVENU	Architecte, Saint Herblain (L. At.)
BINEAU	Architecte à l'Agence d'Urbanisme de Rennes
BOUCHERET	G.A.A. Paris
BOURRIOT	C.E.R.E.N. Paris
BUHOT	Architecte, Nantes
CABESSA	Etudiant en Urbanisme Paris
CHAILLOU	Chargée d'Etudes au CERMA - UPA de Nantes
CHAMPANHET	Chargé d'Etudes au CETE de Lyon
CHAPLET	Architecte
CHASSAGNOUX	Enseignant Architecte à l'UP de Nantes
CHOMARAT	Ingénieur UP de Nantes/CERMA
COUSSY	Architecte à Rochefort
DAGOBERT	Agréé en Architecture à Nantes
DARLOT	Ingénieur Arts et Métiers - Agence d'Urbanisme de Rennes
DEVAL	Direction de l'Architecture
DEVILLERS	Architecte A.U.A. Bagnolet
DIACOM	Enseignant à l'UPA de Rennes
DOIZE	Métreur Economiste à Montlouis
DUCHENE-MARULLAZ	C.S.T.B. de Nantes
DUDON	Enseignant à l'UPA de Nantes
DUMONIER	CETUR Paris
DUPONT	Architecte à Challans (Vendée)
DURAND	Plan-Construction
EDDI	Chargée d'Etudes au S.T.U. Paris
FERY	G.A.A. Paris
FRAGNAUD	Maître assistant à l'U.E.R. de Physique Nantes
GAUDIN	Dessinateur en Bâtiment St Georges s/Loire (M et L)
GENTILHOMME	Etudiante, Paris
GERMA	Ingénieur Conseil Paris

GIMBERT	Architecte à Nantes
GIRARD	Agréé en Architecture à Chantonnay (Vendée)
GOURITEN	Ingénieur, Brest
GROLEAU	Architecte CERMA/UPA de Nantes
GUIBERT	Architecte, Nantes
GUYOT	Groupe A.B.C. Marseille
HOURDEL	Ingénieur D.D.E. du Val de Marne
HUE	CETE de Rouen
JEANCENELLE	I.T.P.E. du CETE de l'Est-Metz
JOUBERT	
LAPLANQUE	Chargé d'Etudes au CETE de Rouen
LE BESQ	Directeur du CAUE des Côtes du Nord
LE COCQ	Chargé d'Etudes en Urbanisme, Nantes
LEPOIVRE	COMES
MARIE	UPA de Rennes
MATHIEU	Plan-Construction
MAUCQ	Mission de Recherche Urbaine, Paris
MAUREL	Etudiant à l'UP de Nantes
MILLER-CHAGAS	Architecte UPA de Strasbourg
MOISAN	Architecte, Paris
MOISSON	Architecte, Paris
NICOLAS	Stagiaire, St Georges sur Loire
NIZOU	U.E.R. de Physique de Nantes
ORFEUIL	Ingénieur à l'IRT, Paris
PATTEE	Ingénieur Chargé d'Etudes, STU, Paris
PENEAU	Enseignant, UPA/CERMA de Nantes
PERETSATKO	Ingénieur Urbaniste à Brest
PEREZ	Architecte Treillières (L. At)
PIGNOUX	Etudiant à l'UP de Nantes
PINON	GEFAU, Maisons-Alfort
PLANE	Architecte Urbaniste
RASTOUL	Architecte, Agence d'Urbanisme de Rennes
REMON	Architecte, Paris
RIVOISY	Agréé en Architecture, Les Sables d'Olonne
RUE	Architecte, St Herblain (L. At)
SACRE	C.S.T.B. Nantes
SAVEL	Enseignant, UP de Nantes
SAINT-PAUL	Ingénieur Nantes
SISCHERMAN	Agence d'Urbanisme et d'Aménagement de Reims
TOURAULT	Conservateur Régional des Bâtiments de France, Nantes
TRIBEL	Directeur Adjoint de l'Architecture, Paris
TROCHE	Association Re-Source, Paris
TURPIN	Architecte Urbaniste, Nantes
VILLIEN	Ingénieur Chargé d'Etudes, Agence d'Urbanisme de Lyon
VRIGNAUD	Maître d'oeuvre en bâtiment, Challans

Introduction

En organisant ces journées, l'ARDEPA souhaitait un élargissement du point de vue un peu technique qui avait jusque là caractérisé ses actions dans le domaine de l'architecture bio-climatique.

Au-delà de l'optimisation des qualités thermiques du seul bâtiment, n'y aurait-il pas lieu d'aborder de manière plus globale les problèmes énergétiques du quartier et de la ville ?

En regard des questions liées aux économies d'énergie dans la construction, ne convient-il pas d'élargir la visée et de resituer les phénomènes au prix d'une approche générale de la répartition des consommations d'énergie ?

Cette double extension nécessitait l'intervention de nombreux spécialistes et appelait pratiquement des communications couvrant la gamme très large allant de l'économiste à l'architecte, en passant par l'aménageur, l'urbaniste, le thermicien, le climatologiste. La réunion de ces catégories où l'on pourrait encore distinguer les expérimentalistes, les théoriciens, les praticiens, constituait en elle-même une gageure. Elle comportait tout de même en germe l'intérêt de la nouveauté dans la mesure où ces mêmes spécialistes ont leurs propres sphères d'échanges et de regroupements et n'ont que très rarement l'occasion de confronter des points de vue qui sont jugés à priori différents.

Remercions la Direction de l'Architecture, le Plan construction et les nombreux intervenants d'avoir permis le déroulement de ces deux journées de Juin 1982. Les compte-rendus des exposés que nous livrons ci-après témoignent tout à la fois de l'étendue du domaine que l'on s'est efforcé d'interroger, de l'intérêt des apports successifs des conférenciers et de la complémentarité nécessaire des approches qu'ils développaient.

Qu'il soit ici permis de souhaiter le renouvellement de telles rencontres et le maintien du dialogue et du courant d'échanges qui a été amorcé à NANTES et que tous les participants du colloque ont souhaité voir perdurer.

Les problèmes énergétiques de la ville : une introduction

H. Mathieu

Plan-Construction

La question des relations entre ville et énergie est bien évidemment trop vaste et complexe pour qu'il soit envisageable d'en traiter tous les aspects pendant ce séminaire. Il y a dans ce domaine beaucoup plus d'interrogations que de "réponses", et encore -malheureusement- plus d'opinions que de véritables connaissances.

Dès lors, l'introduction générale que je suis amené à vous proposer ne peut ni prendre la forme d'un exposé académique ni se réduire à un inventaire (qui, de toutes façons, ne saurait être exhaustif) de "problèmes concrets" que l'énergie poserait à la ville.

Dans un cas, une approche trop globale risque de s'enfermer dans un cadre théorique peut-être séduisant, "bien ficelé", mais désincarné, sans accrochage réel aux préoccupations et possibilités d'intervention des acteurs urbains ; dans l'autre, à découper la réalité "en rondelles", on risque de reproduire des cloisonnements conceptuels, techniques, administratifs... dont précisément -je crois- cette réunion souhaite sortir.

Je m'en vais donc m'en tenir à dresser une sorte de toile de fond sur laquelle on essaiera de situer des acteurs, des enjeux, des contraintes et peut-être quelques perspectives d'action en termes d'aménagement de l'espace.

* *
*

La France consomme actuellement environ 190 Mtep (millions de tonnes-équivalent-pétrole) d'énergie primaire par an, soit, si l'on met de côté la consommation propre du secteur énergétique, à peu près 170 Mtep d'énergie dite "finale".

Qui utilise cette énergie ?

Pour un peu moins de 60 %, le secteur productif marchand (agriculture 3 %, services et transports 18 %, industrie 37 %) ; pour 5 à 6 % les administrations (Etat et collectivités locales) ; et pour 36 % les ménages (27 % pour les utilisations résidentielles et 9 % pour la mobilité automobile).

Pourquoi cette énergie est-elle consommée ?

Pour "fabriquer" au sens large (48 %), pour chauffer les locaux (24 %) pour éclairer (2,5 %), pour transporter (19 %) et le reste (6,5 %) pour tous les autres usages domestiques.

Où est consommée cette énergie ?

Pour l'essentiel, dans les zones urbaines : plus de 70 % des consommations s'effectueraient sur moins de 2 % du territoire.

A partir du point de départ que constitue cette extrême concentration de la demande dans l'espace, quatre sous-ensembles de questions apparaissent si l'on s'interroge de la façon la plus générale sur la nature des "problèmes énergétiques de la ville":

1. Quels problèmes cette concentration pose-t-elle au "système énergétique" (en termes de localisation des équipements, de transport et de stockage de l'énergie...) ?

2. Quels sont les problèmes posés aux villes par cette concentration des flux énergétiques sur leur territoire (par exemple en termes d'utilisation des sols, d'insertion des infrastructures de distribution, de pollution, d'effets sur le climat, etc...) ?

3. En quoi cet afflux d'énergie transforme-t-il les villes, à la fois dans leur configuration physique, dans leur "fonctionnement", et dans l'usage qu'en font les habitants ?

4. Le caractère très "urbain" de la demande d'énergie provient-il uniquement et simplement du fait que la plupart des grandes catégories d'acteurs évoquées plus haut (entreprises, administrations, ménages) est localisée dans les villes, ou bien la demande d'énergie est-elle aussi pour partie déterminée, spécifiée par le mode d'organisation et d'équipement de l'espace ?

C'est surtout, je pense, ces deux derniers ensembles de questions qui vont être abordés aujourd'hui et demain, mais il importait de les situer et de rappeler qu'ils ne constituent pas TOUS les "problèmes énergétiques de la ville".

* *
*

Revenons maitenant sur l'interdépendance ville-énergie, en introduisant la dimension du temps que j'ai négligée jusque là.

De tous temps, les disponibilités en énergie (formes, volumes, prix) ont eu des implications sur les modes d'occupation et d'utilisation de l'espace ; et, en retour, ceux-ci ont constitué un des déterminants importants de la demande d'énergie (en quantité et en qualité).

Si l'on fait un survol très rapide des époques précédentes, on s'aperçoit -pour dire vite- qu'à une économie traditionnelle, fondée sur une utilisation d'énergies dispersées (énergie de flux : bois, vent, cours d'eau, animaux) et à laquelle correspondait une occupation dispersée du territoire, a succédé une époque où, parallèlement à l'usage d'une énergie de stock concentrée (chimiquement et géographiquement), le charbon, s'est développé un mode d'utilisation concentrée de l'espace (l'ère de la vapeur et du chemin de fer fut celle des économies d'échelle et des usines et agglomérations géantes) ; aux XXème siècle, nouvelles mutations : l'électricité et surtout le pétrole, énergies bien plus fractionnables et diffusables permettent un fractionnement et une diffusion de l'occupation des sols.

C'est en partie le facteur énergétique qui a, sinon entraîné, du moins rendu possible l'exode rural et l'urbanisation massive ; dans le contexte permissif des années cinquante à soixante-dix, les types-mêmes de l'urbanisme et de la construction ont relevé pour beaucoup d'un "esprit d'abondance pétrolière" qui a inspiré aux aménageurs (plus que la Charte d'Athènes !) l'idée que l'on pouvait séparer dans le temps et l'espace les différentes fonctions du système social.

Zonage et spécialisation des espaces, accroissement de l'accessibilité par la mobilité automobile généralisée (qui a profondément marqué la texture de la ville moderne pour finalement contribuer à son éclatement par la "rurbanisation"), amélioration du confort résidentiel et des conditions de travail affranchis des contraintes locales traditionelles (climat, micro-climats, matériaux et techniques de construction), transformation des modes de vie dans le sens d'un surcroît de consommation à fort contenu énergétique en partie encouragé par l'organisation même des villes.

Si l'énergie a été permissive par ses formes nouvelles et l'individualisation de son usage, elle l'a été également et surtout par son prix qui la rendait accessible à tous : entre 1952 et 1972, le prix de l'essence a cru de 85 % alors que les prix de détail croissaient en moyenne de 170 % et les revenus de près de 500 % ; il n'est pas étonnant dans ces conditions, que les ménages aient souhaité profiter massivement d'un espace plus large, à dominante d'habitat individuel séparé, considéré comme offrant une aménité supérieure et d'un prix foncier bien moindre.

Dans l'aménagement, et particulièrement dans les grandes opérations d'urbanisme, les critères d'ordre bioclimatique ont été relégués au second plan, voire totalement négligés : la taille des parcelles, la forme et l'espacement des volumes, la dimension et la disposition des voies, la localisation des espaces plantés et même la sélection des essences végétales ont été avant tout déterminés par des considérations de zonage fonctionnel, d'organisation des circulations, d'économie de la construction (le chemin de grue, les parois légères...).

Dans une large mesure, on a compensé une "économie d'organisation" à l'investissement (qualité thermique des constructions, agencement des espaces, imbrication des fonctions...) par une "sur-dépense énergétique" dans le fonctionnement de la ville (transports, services collectifs...) et des bâtiments (chauffage, éclairage...).

Il ne s'agit pas ici de porter un jugement de valeur sur ces pratiques, mais simplement de constater qu'une rationalité ou des critères nouveaux ont remplacé une rationalité ou des vertus anciennes.

Ce qui a caractérisé cette période permissive, c'est que l'énergie a pénétré, insidieusement pourrait-on dire, partout et massivement dans l'économie, dans le fonctionnement social, dans la vie quotidienne. Les structures, les paysages, les comportements, les valeurs mêmes s'en sont trouvés profondément transformés.

Ce rappel peut-être un peu long (quoique superficiel) ne me paraît pas inutile : du passé, on ne fait aisément table rase ; c'est à cette période, où se sont tissés un certain nombre de dépendances, que les "problèmes" que l'on a à affronter actuellement, trouvent leur origine.

Comprendre ce qui s'est passé à ce moment peut aider à analyser ce qui est à l'oeuvre aujourd'hui, et permettre peut-être d'éviter de privilégier des adaptations/optimisations trop étroites ou à trop courte vue, et de s'enfermer ainsi dans d'autres dépendances, techniques et économiques.

Amorcée par la crise pétrolière de 1973 -et confirmée depuis- une mutation profonde du contexte énergétique est en cours. Une rupture de tendance radicale s'est produite, qui a ouvert une période de transition dont on n'est pas sorti, et dont bien malin serait celui qui pourrait dire à coup sûr sur quelle tendance durable elle va déboucher.

Renforçant la main mise de l'état sur la planification/régulation du système énergétique, les gouvernements précédents ont réagi par la mise en oeuvre d'une importante politique de substitution (électricité nucléaire, principalement) et d'économies techniques.

Cette politique avait comme points d'application certains éléments constitutifs de la ville (isolation des bâtiments, modification de processus industriels, amélioration de l'efficacité énergétique des modes de transport...), mais en aucune façon son organisation tant socio-économique que spatiale.

Aujourd'hui, se met en place une nouvelle politique énergétique, qui se veut sensiblement différente et met l'accent sur une double stratégie alternative :

- D'abord, diversification des ressources, faisant appel à toutes les énergies "classiques" et "nouvelles" ; ceci suppose une adaptation des structures utilisatrices sans doute bien plus importante que dans le cas de la poursuite du "scénario électrique" ;

- Ensuite, politique à long terme de conservation de l'énergie, qui, au-delà des économies techniques réalisables à court et moyen termes, se donne pour objectif une maîtrise de l'évolution de la demande de base.

Autant le choix d'une production centralisée de l'énergie et la prépondérance accordée au vecteur électricité avaient peu d'implications spatiales (au moins immédiates) et étaient éloignés des échelons territoriaux locaux auxquels il n'était confié qu'un rôle d'accompagnement et d'accueil des équipements, autant l'appel aux énergies renouvelables, au charbon et à la géothermie, la plus grande utilisation des déchets urbains et agricoles et des rejets thermiques industriels, le développement des transports en commun et des réseaux de chaleur, et surtout l'action structurelle sur les déterminants de la demande énergétique confèrent une réelle responsabilité aux politiques locales en termes de planification, de gestion de l'espace, de mobilisation horizontale des ressources énergétiques.

Cela dit, d'une part les conditions de prise en charge de ces missions nouvelles par les collectivités locales, à de rares exceptions près, sont loin d'être réunies, et, d'autre part, l'évolution à long terme du contexte énergétique (tant international que national) reste marquée par de grandes incertitudes. Au delà de celles relatives à la structure de l'offre disponible (volume et répartition) il subsiste deux inconnues majeures concernant :

- l'évolution des prix des différentes formes d'énergie,
- la capacité réelle des structures utilisatrices à s'adapter au changement de l'offre.

Sur le premier point, bien que les cycles de conjoncture ne soient pas sans effet sur l'optimisme ou le pessimisme des experts (on l'a encore vu tout récemment), l'opinion générale semble cependant être que cette évolution est pour longtemps orientée à la hausse, à un rythme moyen qui pourrait se situer en tendance entre 2 et 7 % par an en valeur réelle pour les énergies fossiles. En dehors de toute action politique ou règlementaire, cet "effet-prix" aura inévitablement des implications sur la demande. Nous y reviendrons.

Quant au second point, il est au coeur des "problèmes énergétiques de la ville" et des réflexions que l'on peut mener sur l'aménagement urbain. D'une façon ou d'une autre, il ne fait aucun doute qu'il y aura adaptation ; mais celle-ci peut s'avérer plus ou moins coûteuse économiquement et socialement. Et c'est là, à mon avis, que se situe le principal "enjeu énergétique" de l'urbanisme, qui est de nature prospective : les villes évoluent, certes, mais avec une très grande lenteur ; on est bien là dans le domaine du très long terme.

Face à cette rupture et à ces incertitudes, l'interdépendance ville-énergie-modes de vie constitue un héritage de fait qu'on ne peut ignorer quand on s'interroge sur la conception du cadre de vie futur.

Pour les responsables politiques et professionnels de l'aménagement, il est clair qu'il n'est plus possible de se réfugier dans une neutralité -illusoire- vis-à-vis de la question énergétique, et de "laisser-faire" le jeu du "marché" pour assurer une régulation qui reflèterait les valeurs de rareté relatives des différentes énergies.

Il n'est pas non plus possible de se contenter d'un rôle "d'accompagnement technique" (dont l'intérêt, par ailleurs, en matière de construction, de transport, de création d'équipements n'est pas à priori en cause). A l'opposé, (presque) tout le monde s'accorde à penser qu'il n'est ni envisageable ni souhaitable (et de toute façon sans portée opérationnelle) d'imaginer et de prôner des formes urbaines "idéales" ou "optimales" du point de vue énergétique, avec la perspective plus ou moins affirmée de "forcer l'adaptation" par une réorganisation rationnelle et "disciplinaire" de l'utilisation de l'énergie.

Ni le laxisme, ni le volontarisme excessif n'étant de mise, l'urbanisme ne pouvant par ailleurs voir son statut réduit à celui d'instrument au service de telle ou telle politique énergétique ou économique, il reste la voie -pas si étroite que certains veulent bien le dire- de l'anticipation et de la recherche de l'adaptabilité.

Explorer cette voie et essayer de dégager des perspectives d'action (et non pas des recettes) suppose un effort de réflexion prospective, de recherche, d'étude, d'observation qui, il faut bien le reconnaitre, est à peine entamé. Cependant, des travaux existent déjà, non négligeables, et c'est le mérite de ce séminaire d'en présenter et d'en confronter quelques uns.

* *
*

Pour ma part, et avant de terminer par quelques remarques sur ce que me semble être les enjeux d'une prise en compte de l'énergie dans les politiques urbaines, je me contenterai de "mettre sur la table", de façon très ramassée, quelques données qui me paraissent constituer une sorte de fil conducteur commun aux trois interventions qui vont suivre.

Aujourd'hui, on l'a vu, l'utilité de l'énergie devient en grande partie dépendance, la facilité devient contrainte : avec l'augmentation du prix des énergies fossiles, le "coût énergétique" des villes, des équipements, des logements (autrefois largement invisible) tend à se traduire par un coût monétaire de plus en plus important ; la rigidité de la consommation d'énergie -inscrite très fortement dans l'espace- entraine une ponction croissante sur le budget des ménages, des entreprises et des collectivités locales et ce pour un même "service" ou une même "utilité".

Je voudrais essayer d'être un peu plus explicite sur la nature de ces contraintes ou dépendances énergétiques, en m'intéressant essentiellement aux ménages et un peu aux collectivités locales, mais en laissant de côté les entreprises et prestataires de service (bien que la question ne soit pas sans intérêt et puisse dans une certaine mesure être à l'origine de "problèmes énergétiques indirects" pour les villes).

Entre 1960 et 1978, la consommation française d'énergie primaire s'est accrue globalement de 112 % ; mais la progression a été de 200 % dans le secteur résidentiel et tertiaire, de 170 % dans les transports, contre seulement 60 % dans les autres secteurs. Aujourd'hui, la part de l'énergie directement facturée aux ménages (combustibles, électricité, carburants) représente un tiers de la consommation totale du pays (ce qui correspond en 1982 à une dépense de l'ordre de 200 milliards de francs). Mais tous les ménages français ne consomment pas la même chose et, au-delà des volumes moyens de consommation, il faut examiner leur nature et leur caractère plus ou moins "obligés".

Sans entrer dans le détail (les exposés suivants fournissent des informations plus précises), voici quelques chiffres pour situer les ordres de grandeur.

Les consommations domestiques :

Elles sont en moyenne de 2,4 tep/ménage/an (près de 3 tep pour les ménages équipés de chauffage central) ; les deux tiers de ces consommations sont affectés au chauffage, or, à niveau de confort égal et à volume égal, les besoins de chauffage d'une maison individuelle sont actuellement supérieurs de 50 % à ceux d'un appartement.

Certes, les consommations peuvent varier énormément selon les caractéristiques et l'occupation des logements et il ne faut pas s'enfermer dans une évidence statistique qui peut être trompeuse ; je m'en tiens simplement au constat d'une importante disparité autour de la moyenne, liée en partie à l'habitat (cf. M. BOURRIOT).

Les consommations de transports :

Elles sont en moyenne légèrement supérieures à 1 tep/ménage motorisé et par an ; il est également difficile d'avancer des chiffres précis quant aux écarts de consommation effective d'un ménage à l'autre, mais on peut affirmer (pour dire vite et faire "contraste") que dans leur grande majorité les habitants péri-urbains ont un niveau moyen de dépenses de carburants très supérieur à celui des occupants de zones plus centrales (cf. J.P. ORFEUIL).

Si l'on additionne ces deux postes, on observe que la part des dépenses directes d'énergie, dans la consommation totale des ménages est passée de 6,6 % en 1970 (1 880 F/Ménage/an) à 9,2 % en 1980 (8 340 F/ménage/an) soit en dix ans, une augmentation de 390 % en francs courants et de plus de 100 % en francs constants.

Cela constitue indéniablement une donnée "forte", mais ce que je voudrais surtout noter c'est que ce taux d'effort moyen recouvre en fait de grandes disparités liées (outre bien sûr au revenu et à l'équipement des ménages) à leur localisation spatiale et à leur type d'habitat.

Il est également important de noter que la nature de la localisation urbaine influe de façon sélective sur les possibilités réelles d'inflexion de ces consommations, que ce soit par modification des pratiques ou par investissement d'amélioration ou de transformation des équipements.

Dans un contexte de progression limitée des revenus, ce constat de rigidité* et de disparité spatiale de la demande d'énergie conduit à s'interroger sur les effets des hausses de prix futures.

Jusqu'à quel point l'espace jouera-t-il un rôle différenciateur ? Dans la mesure où, favorisant ou freinant certaines adaptations, il peut accentuer certaines inégalités ou en révéler d'autres, il risque même d'être source de tensions sociales et, du même coup, objet de nouvelles revendications (cf. M. SICHERMANN).

En l'absence de toute anticipation collective permettant de réduire cette dépendance individuelle des citadins ou de développer des structures d'accueil correspondant à ces nouvelles revendications ou demandes urbaines (pression sur les zones d'habitat de bonne qualité thermique et bien desservies en équipements et transports collectifs), le risque est réel de voir apparaître des phénomènes d'aggravation des inégalités : poussée des prix immobiliers et fonciers, spéculation, ségrégation sociale par exclusion spatiale, encombrement, surcoûts de fonctionnement et d'équipement... Ceci suggère, en noircissant probablement un peu le tableau, que les "problèmes énergétiques des villes" n'apparaitront peut-être pas uniquement là où on les attend, sous des formes bien circonscrites et n'appelant que des réponses "techniques".

Un mot sur les dépenses énergétiques à la charge des collectivités locales pour indiquer qu'elles sont, elles aussi, en forte croissance : pour les services, bâtiments et équipements communaux, elles ont représenté en 1980 environ 400 F/ménage/an* (plus de 7 milliards de francs au niveau national et 8,5 % des budgets de fonctionnement des communes, avec des cas extrêmes allant de 5 % à 20 %).

Mais les communes ne sont pas seulement consommatrices d'énergie : elles peuvent être **productrices et/ou distributrices** d'énergie (régies de gaz, d'électricité, de chauffage urbain...), elle sont impliquées dans la préservation et la **mise en valeur des ressources locales** d'énergie, leurs responsabilités en matière de **protection de l'environnement** et de **sécurité civile** doivent fréquemment intégrer des dimensions énergétiques, enfin et plus généralement, **leur pouvoir décisionnaire et réglementaire** leur permet d'induire ou d'orienter les conditions d'utilisation de l'énergie de l'ensemble des usagers de la ville.

L'importance des choix des collectivités locales face aux contraintes et "pressions" énergétiques dépasse donc largement en enjeu les quelques 4,5 Mtep qu'elles consomment annuellement.

De cela, élus et techniciens locaux en prennent manifestement de plus en plus conscience : décentralisation, relance de la planification locale et nouvelle politique énergétique doivent aller de pair. Mais **le débat ne fait que s'engager** sur la nature des politiques à mener en la matière, sur leurs modalités concrètes de mise en oeuvre, sur les moyens humains, financiers, techniques... à mobiliser, et sur les systèmes de solidarités régionales ou de garanties nationales à mettre en place.

* *
*

* S'ajoutant aux rigidités d'ordre économique (solvabilité des ménages) ou institutionnel (statut d'occupation : locataire ou propriétaire).

* Non compris ce qui relève du secteur para-communal : transport en commun, hôpitaux, H.L.M., etc.

Faute de temps, mais aussi faute d'une vision plus claire de la façon dont pourra se dérouler ce débat, je n'irai pas plus loin sur ce terrain, et je me contenterai de terminer cette trop longue introduction par quelques remarques sur les enjeux qui me paraissent liés à une prise en compte de l'énergie dans les politiques urbaines.

Il y a, bien entendu, un enjeu proprement énergétique. L'impératif national de réduction de la dépendance énergétique du pays conduit, dans le cadre des orientations actuelles, à la nécessité d'instaurer de nouveaux rapports entre énergie, aménagement et gestion de l'espace à l'échelle urbaine : l'Etat est amené à susciter une intervention des collectivités territoriales en leur assignant une fonction de relais et d'accompagnement, sur des objectifs clairement finalisés de pénétration des énergies nouvelles et d'économies d'énergie.

Ce type d'action requiert un aménagement approprié de l'espace et suffit à justifier le fait que l'énergie devienne une dimension majeure des nouvelles politiques urbaines.

Mais la prise en considération d'autres enjeux renforce cette nécessité :

Enjeu économique :

Mieux utiliser l'énergie, c'est aussi réduire un poste important de dépenses de fonctionnement des collectivités locales et donc leur permettre d'affecter une partie de leurs ressources de façon plus productives (en termes de services offerts aux usagers et de développement économique local) ;

Enjeu social :

Réduire la dépendance énergétique des habitants, c'est aussi leur donner la possibilité de limiter une ponction (qui tend à devenir de plus en plus lourde et inégale) sur leurs budgets : c'est, si l'on veut, une forme "d'aide en nature au logement et à l'accessibilité" préférable à toutes les formes d'assistance financière.

Enjeu urbanistique et architectural :

Mieux gérer collectivement et localement l'adéquation entre l'offre et la demande d'énergie, c'est aussi la plupart du temps rendre plus satisfaisant le cadre de vie (en termes de sécurité, de qualité de l'environnement, de niveau de confort des bâtiments et espaces extérieurs, d'accessibilité urbaine, d'autonomie...).

Mais, du même coup, les critères de choix des actions à entreprendre ne sont plus seulement énergétiques, et la justification ou l'évaluation de ces décisions ne peuvent plus seulement se faire en termes de "tonnes-équivalent-pétrole économisées ou substituées". Pour dire ceci autrement, il me semble que l'argument du "civisme énergétique" (chassez le gaspi...), l'approche par les "droits et devoirs de chacun", la conception étroite de l'aménagement comme instrument

au service d'une "ardente obligation nationale de désenclavement énergétique", etc... ne suffisent pas pour fonder de véritables politiques au niveau urbain. D'autres raisons existent (aussi) pour motiver localement une intervention planificatrice qui vise à mieux valoriser les ressources régionales et à réduire les contraintes énergétiques susceptibles de peser sur les individus et collectivités publiques et privées qui "font la ville".

Certes, l'efficacité énergétique ne saurait devenir le critère exclusif -ni même premier- des partis d'aménagement, mais il se trouve, en règle générale, (et on le verra aussi bien pour l'urbanisme bioclimatique que pour la "reconquête des espaces de voisinage"), que "ce qui est bon pour la maitrise de l'énergie est bon pour la ville".

Panorama des consommations du secteur résidentiel et principaux facteurs explicatifs des dispersions des consommations unitaires

F. Bourriot

C.E.R.E.N. Paris

Dans le vaste débat énergétique qui s'est amorcé dès la première crise de l'énergie, le CEREN a un rôle important comme bureau d'études statistiques et économiques sur l'énergie. Mais qu'est-ce que le CEREN ? Fondé en 1958 à l'initiative des producteurs nationaux d'énergie, le CEREN est actuellement un G.I.E. qui regroupe les principaux producteur d'énergie français. Son rôle est de collecter et mettre en forme les statistiques issues des producteurs d'énergie, de créer l'information là où elle manque en mettant sur pied des enquêtes dans les secteurs résidentiel, tertiaire et industriel. Fort de cette base statistique sur la demande d'énergie, le CEREN est à même d'effectuer un certain nombre d'études sur l'énergie qui ne sont plus simple collecte de données, mais utilisation de ces données pour pouvoir insérer les problèmes de l'énergie au sein d'études économiques.

Mais je ne vous parlerai aujourd'hui que d'une partie de ce que l'on fait au CEREN, à savoir l'étude de la consommation d'énergie dans le secteur industriel.

1 - Les différentes approches possibles

1.1 Les approches "globales"

Une approche globale caractérisée est celle du macroéconomiste qui utilise à toute fin qu'il juge utile des statistiques très agrégées de consommations d'énergie. Il utilisera par exemple les comptes nationaux de l'I.N.S.E.E., exprimés en francs courants ou en francs constants, et mènera à bien son étude sans trop se préoccuper du pourquoi de telles consommations. L'énergie est pour lui un bien parmi d'autres, tous exprimés dans la même unité -monétaire- et c'est à partir de ces agrégats qu'il s'attachera à résoudre des problèmes tels que -par exemple- la liaison entre prix de l'énergie, revenu des ménages et consommations d'énergie. Mais une telle démarche est totalement déconnectée de l'acte concret de consommer de l'énergie.

1.2. Les approches "techniques"

A l'opposé des méthodes globales, les approches que je qualifie de techniques sont celles qui restent très proches de l'acte concret de consommer de l'énergie. Une notion importante est alors celle de besoin de chauffage, et le technicien étudiera avec soin les conditions climatiques et surtout la construction du bâtiment (matériaux, exposition, matériel utilisé pour le chauffage...) ainsi que les caractéristiques techniques du système de chauffage, pour déterminer quelle est la consommation théorique nécessaire pour que tel logement soit à la température réglementaire de 19°. Une telle approche, pour intéressante qu'elle soit au niveau de la construction, est totalement inadaptée pour connaitre les consommations réelles des logements. A supposer même que l'on puisse connaître le coefficient G (*), on ne pourrait guère estimer de consommation car on ignore tout du comportement des occupants.

(*) Coefficient de déperdition calorifique par unité de volume. Le besoin théorique de chaleur entre les instants t0 et t1 s'exprime par la formule : $B\,Ch = G \times V \times \int_{t0}^{T1} \mathrm{Max}(0, \theta_0 - \theta(t))\,dt$ où

G est le coefficient de déperdition ; V est le volume chauffé θ_0 la température de non-chauffe ; $\theta(t)$ la température à l'instant t. Pour passer à la consommation théorique, il faut diviser le besoin théorique de chauffage B Ch par le rendement R de l'installation C = B Ch/R.

1.3. L'approche retenue au C.E.R.E.N.

Nous nous sommes attachés à développer une voie intermédiaire fondée sur une connaissance statistique aussi fine que possible

. du parc des appareils consommateurs
. des consommations unitaires de ces appareils.

Les consommations d'énergie se calculent par simple multiplication des parcs par les consommations unitaires.

Pour ce faire, nous avons élaboré tout un système d'enquêtes sur chacune de ces deux variables :

Les enquêtes de parcs

Les principales enquêtes de parcs sont les enquêtes de stocks, menées à peu près tous les 3 ou 4 ans au CEREN. Ce sont des enquêtes le plus souvent effectuées par l'I.N.S.E.E., auxquelles le CEREN participe par la connaissance des équipements énergétiques (systèmes de chauffage, appareils de production d'eau chaude sanitaire, de cuisson, etc...). Ces enquêtes de stocks sont complétées par des enquêtes annuelles de flux concernant les installations de chauffage central dans les constructions neuves, ainsi que les modifications du parc existant. Nous pouvons donc assurer le suivi annuel des parcs d'appareils.

Les enquêtes consommations

Les enquêtes "Consommations" sont beaucoup plus difficiles à mettre en oeuvre que les enquêtes "Parcs". En effet, pour relever des parcs, il suffit de questionner une fois le ménage enquêté. Pour les enquêtes consommation, au contraire, il faut relever la consommation d'énergie au cours de toute une année, ce qui suppose des passages répétés des enquêteurs. C'est pourquoi les enquêtes consommations sont le plus souvent faites auprès d'un nombre restreint de ménages (plusieurs centaines) ayant tous un équipement donné (par exemple : chauffage central au fuel en maison individuelle) : c'est le système des Panels. Le CEREN a ainsi étudié plusieurs panels, certains permanents, d'autres pendant une année seulement, pour cerner les principales consommations d'énergie. Et puis, plus rarement, est lancée une enquête générale auprès de tous les types de ménages, afin de connaitre non plus les principales seulement, mais toutes les consommations unitaires. La dernière enquête de ce type effectuée au CEREN remonte à 1974, où 3 000 questionnaires environ ont pu être exploités.

La qualité des résultats d'enquêtes dépend surtout de 2 facteurs

. le nombre d'enquêtés,
. la qualité des réponses. Les réponses sont de bien meilleure qualité, entre autres, si l'enquête est faite par enquêteur et non par voie postale.

Mais hélas, ce sont les mêmes facteurs qui influent aussi sur le coût d'une enquête, et la collecte des données coûte de 500 à 1 000 Frs par enquête pour une enquête par enquêteur. Une enquête par voie postale coûte sensiblement moins cher (50 F/enquête), mais d'une

part, les questionnaires sont obligatoirement moins détaillés, et d'autre part, la qualité des données en souffre. C'est pourquoi la presque totalité des enquêtes du secteur domestique au CEREN est faite par enquêteur. Mais c'est aussi la raison pour laquelle on ne peut envisager de vastes enquêtes de plusieurs dizaines de milliers de ménages qui donneraient des résultats permettant des analyses beaucoup plus fines que celles que nous effectuons.

2 - Les différentes composantes de la consommation d'énergie des ménages

Si on élimine les transports, les principales composantes de la consommation d'énergie des ménages sont :

. le chauffage,
. l'eau chaude sanitaire,
. la cuisson,
. l'électricité spécifique

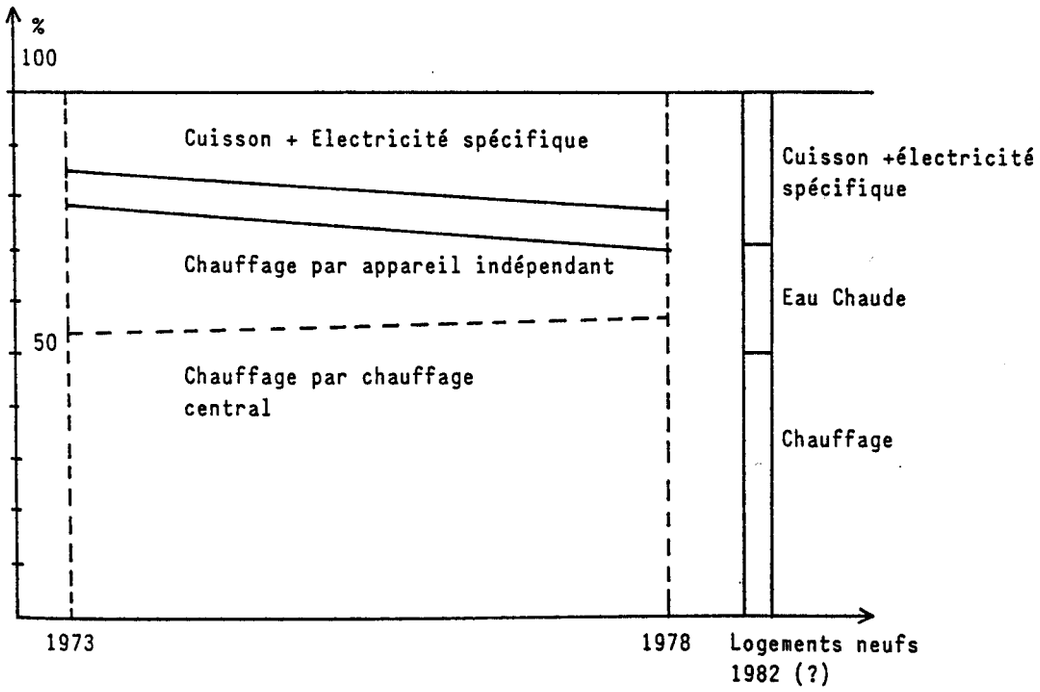
Par électricité spécifique, il faut entendre tous les usages tels que éclairage, gros électroménager, petit électroménager.

Il nous faut, de plus, parler d'une nouvelle notion qui prend d'autant plus d'importance que les logements sont et seront mieux isolés thermiquement : c'est la notion de "chaleur gratuite". On entend par là un certain nombre de consommations non comptées avec les consommations de chauffage, mais qui contribuent à apporter des calories au logement. Par exemple, lorsqu'on allume une ampoule électrique de 100 Watts, la chaleur qu'elle dégage est quasiment la même que s'il s'agissait d'un radiateur de 100 W. Ou encore, la chaleur dissipée par un four de cuisson, et encore la chaleur dégagée par toute personne présente dans le logement, et enfin, la chaleur issue du rayonnement solaire.

Toutes ces chaleurs apportées au logement n'étaient que de faible importance lorsque le logement était mal isolé et que l'on consommait des 30 000, voire 40 000 kWh. Mais lorsqu'on descend, comme c'est le cas actuellement dans les logements isolés CEI *, vers les 4 000 kWh, ces chaleurs "gratuites" ne sont plus négligeables en regard des consommations comptabilisées pour le chauffage. Et ce phénomène ira en s'accentuant avec les nouvelles normes d'isolation qui seront en vigueur en octobre prochain, sans parler de celles prévues pour 1985. On atteindra alors un domaine où les chaleurs "gratuites" assureront la moitié, ou plus, des besoins thermiques des logements, et l'analyse de la consommation énergétique des ménages risque d'en être profondément modifiée puisque, pour le moment, l'essentiel des consommations est le fait du chauffage (traditionnel) des locaux sur lequel on porte donc l'essentiel de notre attention.

* CEI = Chauffage Electrique Intégré

Evolution, par usage, de la consommation du secteur domestique (en %)



Bilan des consommations

Climat normal

Energie / Année / Usage	Charbon (kTEP)		Fuel (kTEP)		Gaz (kTEP)		GPL (kTEP)		Electricité (Gwh)		Urbain + div. (kTEP)	
	1973	1981	1973	1981	1973	1981	1973	1981	1973	1981	1973	1981
Chauf-fage	2587	1645	16516	13703	3051	6376	278	575	3628	17121	601	1072
Eau Chaude					375	432	320	274	6257	10209		
Cuisson	3026	1549	1320	557	771	889	940	955	1953	4768	5	2
Electri-cité spé-cifique									17669	29805		
TOTAL	5613	3194	18836	14260	4137	7697	1538	1804	29507	61903	606	1074

Quelques consommations types, en tonnes équivalent pétrole (TEP)

CHAUFFAGE

Maison fuel, 110 m2, moyennement isolé..... 2,5 Tep
Appartement 70 m2, chauffé au gaz..... 1,1 Tep
Appartement 65 m2, chauffé à l'électricité..... 4000 kWh
soit 0,4 ou 0,9 TEP*

EAU CHAUDE

Par chauffage central..... 0,2 à 0,4 Tep
Par appareil indépendant..... 0,1 à 0,2 Tep

CUISSON..... environ 0,1 Tep

ELECTRICITE SPECIFIQUE..... Moyenne nationale 1 500 kWh = 0,1 ou 0,3 Tep

3 - Les facteurs de variation des consommations unitaires

A cause des ordres de grandeur exposés ci-dessus, on s'intéresse essentiellement aux consommations de chauffage. Quels sont les facteurs explicatifs de la dispersion de ces consommations ?

L'appareil consommateur

a) Il y a tout d'abord l'appareil consommateur : une chaudière à fuel faisant fonctionner un chauffage central collectif est un appareil très différent d'une chaudière à gaz chauffant un pavillon, et tous deux sont très différents d'un convecteur électrique.

(*) La conversion de l'électricité en Tep peut se faire en raisonnant au niveau du consommateur. En pareil cas, le kWh doit être converti en Tep en se fondant sur la quantité de chaleur restituée dans une résistance chauffante dans laquelle passe un courant électrique. En ce cas, 1000 kWh sont "équivalents" à 0,086 Tep.

mais on peut aussi raisonner sur la quantité de pétrole qu'il a fallu brûler pour produire un kWh. En ce cas, puisque le rendement d'une centrale électrique est de l'ordre de 40 %, il faut considérer que 1000 kWh sont "équivalents" à 0,222 Tep.

Selon le type d'étude qu'on est amené à faire, il est préférable de raisonner avec l'un ou l'autre coefficient de conversion, mais il est encore meilleur d'éviter au maximum toute conversion, aucune forme d'énergie n'étant réellement comparable à une autre -et surtout pas l'électricité-.

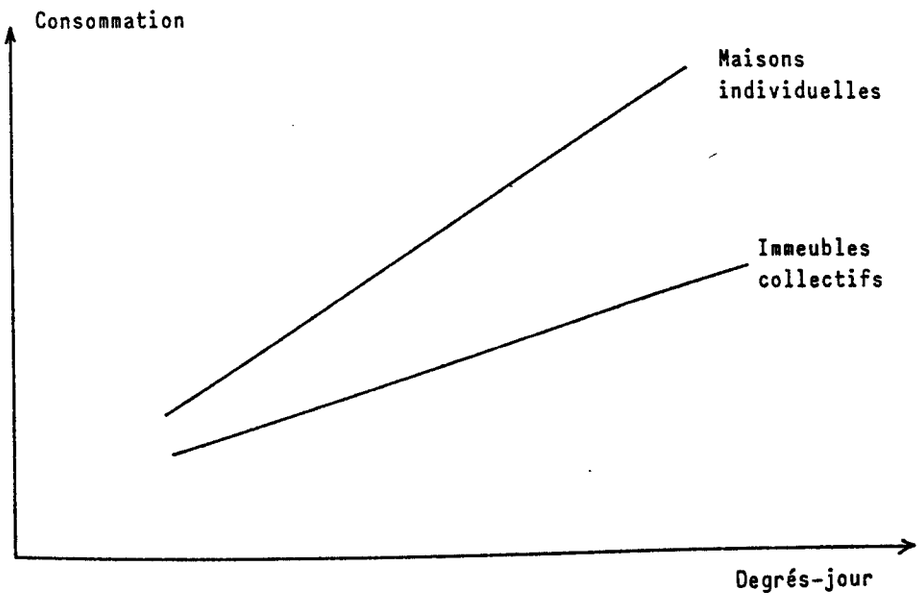
Donc le premier facteur de dispersion est le type d'équipement de chauffage : on distingue au CEREN une vingtaine (1) de types de chauffages centraux, et une dizaine (1) de types d'appareils indépendants de chauffage. Ces équipements diffèrent les uns des autres par les facteurs suivants :

. Sont-ils utilisés en maison ou en immeuble ?
. la forme d'énergie
. (pour les chauffages centraux en immeubles) : le chauffage central dessert-il un seul logement ou tout l'immeuble (ou groupes d'immeubles).

Le climat

b) La deuxième variable explicative des consommations de chauffage est le climat. Le CEREN a été amené à faire deux types d'études sur le climat, fort différentes :

- Dans les premières, on se pose la question : comment, pour un logement donné, évoluent ses consommations au cours du temps lorsque le climat évolue ? Un des principaux résultats de ce type d'études est de pouvoir restituer des consommations "à climat normal", indispensables pour pouvoir comparer des consommations d'une année sur l'autre. Une année "chaude", les consommations peuvent être inférieures jusqu'à 8 % à ce qu'elles auraient été si l'année avait été "normale". Les liaisons entre climat (compté à partir des degrés-jours) et les consommations ont les allures suivantes (en immeubles et en maisons).

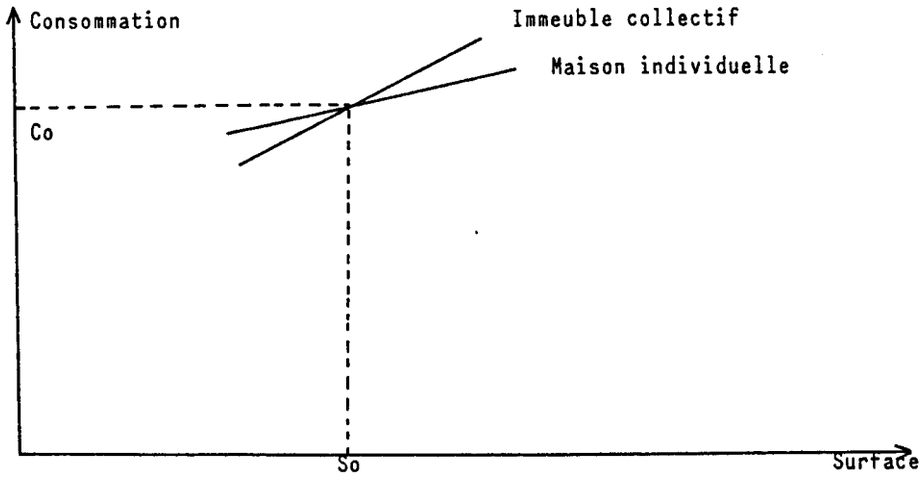


(1) Ces chiffres incluent la distinction -fondamentale- que nous sommes amenés à faire entre Maison Individuelle et Immeuble Collectif.

- le deuxième type d'études effectuées au CEREN, et qui n'a rien à voir avec le précédent, est le suivant : Comment vont évoluer les consommations entre un logement situé dans une région froide et un même type de logement avec même équipement de chauffage situé dans une région chaude ? On s'aperçoit alors que certes les consommations baissent lorsqu'on va vers des régions chaudes, mais à ce phénomène se superposent d'autres phénomènes, non strictement climatiques, mais qui font que statistiquement on constate des sur-consommations ou des sous-consommations dans telle ou telle région. On met alors en lumière des spécifités régionales qui dépassent les stricts facteurs climatiques.

La surface

Le dernier facteur dont on est capable de chiffrer l'impact sur les consommations unitaires est la surface. Il est, en effet, compréhensible qu'un logement ayant même équipement et même climat qu'un autre consomme plus s'il est plus grand; On a pu alors chiffrer des coefficients de proportionnalité (différents pour les immeubles et pour les maisons) tels que, au voisinage de la surface moyenne, on puisse corriger linéairement les consommations selon le graphique suivant :



Les autres facteurs

L'influence des autres facteurs sur les consommations n'est pas quantifiable, et nous ne pouvons que donner une appréciation qualitative sur l'importance de leur influence. Est-ce à dire qu'il faut renoncer à les prendre en compte ? Certes non, mais il nous est encore impossible d'écrire

une relation quantifiée simple entre, par exemple, le facteur "Revenu" et la variable "Consommation d'énergie". Nous avons donc procédé autrement, par des méthodes d'analyse des données, pour mettre en lumière quels sont les facteurs importants et ceux qui le sont moins. On a mis en oeuvre deux méthodes d'analyse des données :

- La méthode de segmentation qui permet de scinder une population donnée en sous populations homogènes au regard d'un critère défini par le statisticien.

- Les méthodes d'analyse des correspondances qui permettent de visualiser sur un graphique quels sont les points images de certaines variables socio-démographiques liés à de faibles ou de fortes consommations.

L'intérêt de telles études est de mettre en évidence des variables pertinentes, utilisées, par exemple, lorsqu'il faut mettre sur pied une matrice de redressement d'échantillons. On saura que l'échantillon doit être redressé de façon à respecter les caractéristiques de la population totale pour tous les critères qui ont une réelle importance, et on ne tiendra pas compte, dans le redressement, d'autres variables socio-économiques dont on aura vu que l'importance est moindre.

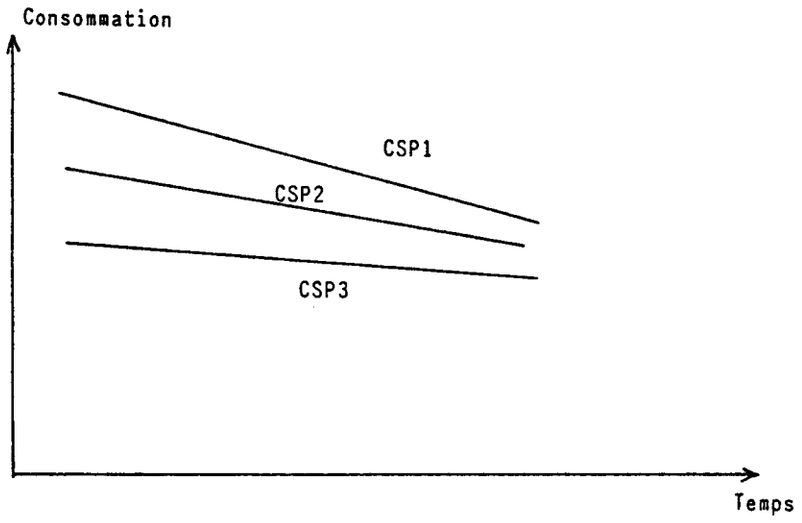
Les variables ainsi mises en évidence sont :

Liées à de faibles consommations	Liées à de fortes consommations
. Logement accolé sur 2 côtés (c'est-à-dire maison "en bande" ou appartement en façade et non en pignon)	. Grandes surfaces
. Petite surface	. Région parisienne
. Faibles degrés jours	. Catégorie socioprofessionnelle agriculteurs, patrons de l'industrie et du commerce, cadres supérieurs
. Régions de l'Ouest	. 6 personnes au foyer ou plus

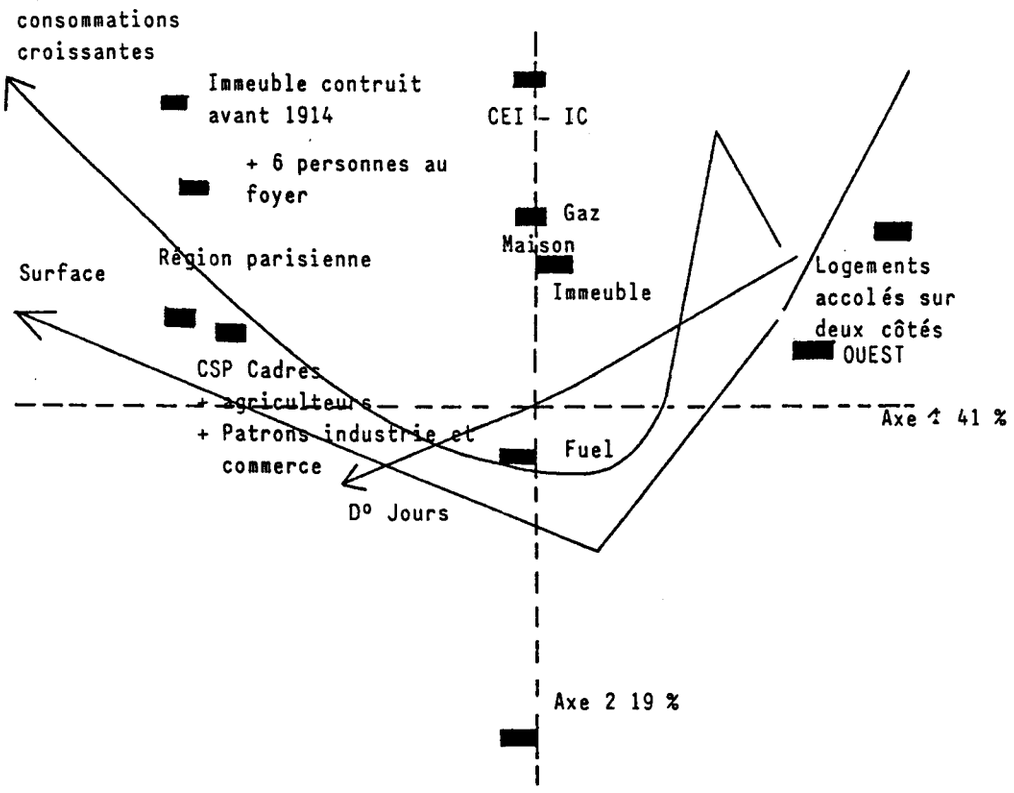
Le rôle particulier des prix de l'énergie

Les prix jouent un rôle très particulier. En effet, s'imposant à tous à un moment donné, ils ne peuvent expliquer la dispersion des consommations à cet instant. L'influence des prix de l'énergie ne s'exprime que si on prend en compte le facteur temps. Et il n'est pas alors facteur explicatif de la dispersion des consommations unitaires, mais facteur explicatif -essentiel- de leur évolution. Et ce n'est qu'au deuxième degré qu'il pourrait alors influer sur les dispersions : on pourrait en effet imaginer que différentes sous-populations également équipées, mais ayant au départ des consommations différentes, voient leurs consommations converger vers un même point bas sous l'effet de la hausse des prix de l'énergie.

Eventualité d'évolution de courbes de consommation en fonction du temps



Liaison entre consommation d'énergie et variables socio-démographiques



En fait, il n'en est rien, et au contraire on a en particulier constaté que les différentes catégories socioprofessionnelles ont toutes économisé, en pourcentage, de façon à peu près identique. Si on veut chercher des facteurs de non-dispersion des consommations, on constate que c'est encore du côté des équipements qu'il faut les chercher ; le C.E.I. en maison individuelle par exemple est l'équipement qui est lié aux consommations les moins dispersées cela tient certes à la relative homogénéîté de la sous-population équipée de C.E.I., mais surtout à des facteurs techniques : la régulation du système de chauffage et l'excellente isolation des logements tendent en effet à réduire l'influence des comportements individuels.

4 - Ouvertures

Je vous parlais au début de cet exposé, de schématiquement trois méthodes pour étudier les consommations d'énergie. L'approche statistique la plus fine suivie au CEREN permet le dialogue avec chacune des deux autres approches et de réaliser des études parmi lesquelles deux me semblent devoir intéresser les urbanistes-architectes que vous êtes.

La première est une étude régionale qui a pour but de regarder l'influence de certains types d'urbanisation sur les consommations d'énergie : à partir de 3 cas types (Paris, Reims, un village situé en Bourgogne), le CEREN a recensé toutes les consommations d'énergie induites par le type d'urbanisation :

- Il s'agit bien sûr des consommations de chauffage très différentes car, selon les cas, prédominent les immeubles collectifs ou des maisons individuelles, prédominent les chauffages centraux ou les appareils indépendants, prédominent telle ou telle forme d'énergie.

- Il s'agit aussi des consommations de transport : on a mesuré les transports liés à l'urbanisation en recensant les distances séparant les lieux d'habitation des lieux de travail, des commerces, des principaux équipements collectifs...

La prise en compte de ces facteurs nous permettra, à l'issue de cette étude, à laquelle nous souhaitons associer au maximum les instances régionales, de chiffrer l'influence de l'urbanisation sur le type et le montant des consommations globales d'énergie.

La deuxième étude se rapproche plus de l'approche macroéconomique : Elle a pour but de chiffrer l'impact sur différentes grandeurs, telles que l'investissement, l'emploi, les importations et bien sûr les consommations énergétiques de différents scénarios d'évolution future de l'équipement énergétique des ménages. Les économies d'énergie

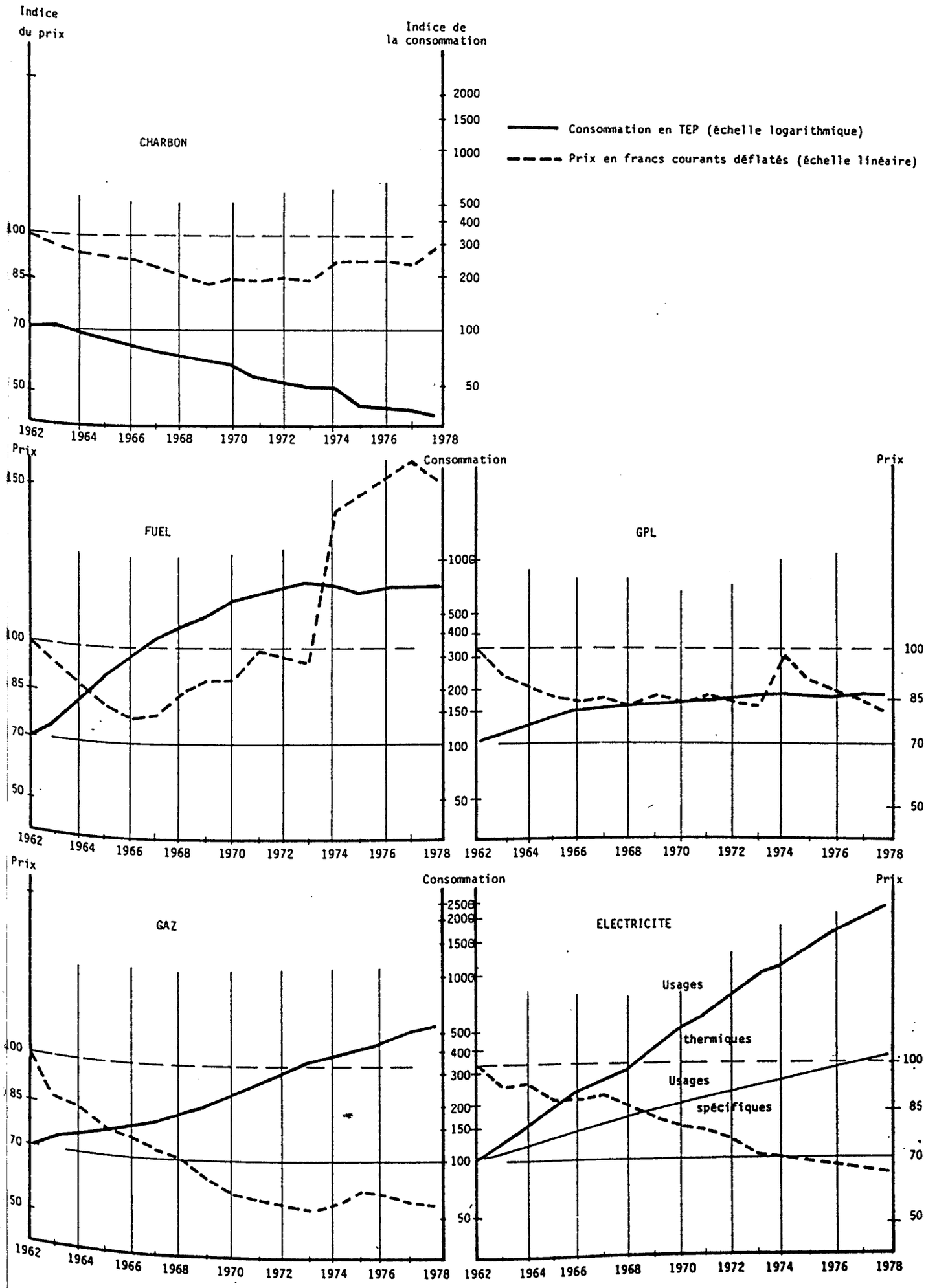
ne sont pas, pour le décideur, un but en soi, mais elles sont un des éléments à intégrer parmi tous ceux qui motivent ses choix. Une des premières choses à faire est alors de valoriser les bilans énergétiques, pour nous permettre, ainsi que je le disais au début, de comparer l'énergie à d'autres biens. Puis, on construit une base de données qui recense, pour l'installation de chaque type d'équipement, les investissements nécessaires, les emplois, etc... On met ensuite en parallèle le système d'offre qui doit satisfaire la demande d'énergie, lequel système d'offre nécessite aussi investissements, emplois... Par utilisation d'un tableau "Entrées - Sorties" de la Comptabilité Nationale, on peut alors chiffrer l'impact des différents scénarios énergétiques sur toutes les grandeurs que doit prendre en compte le "décideur", telles que l'emploi, l'investissement, la balance extérieure, la consommation d'énergie...

* *
*

5 - Débat

(Dans le débat qui a suivi, j'ai eu à répondre à une question sur les formes d'énergie dominantes, à laquelle je souhaiterais que ma réponse soit ainsi rédigée :)

Le système d'offre d'énergie à une importance considérable et souvent mal perçue, voire totalement ignorée par l'utilisateur : ce n'est pas parce que les utilisateurs ont demandé brusquement du fuel que celui-ci a été l'énergie dominante des années 60, mais bien parce que le fuel était à l'époque abondant et bon marché, et donc offert aux utilisateurs. En ce moment, la seule énergie "nationale" en quantité importante est l'électricité nucléaire que les gouvernements successifs ont décidé de soutenir. Il ne m'appartient pas ici de discuter ces choix, mais il faut bien se rendre compte que c'est à cause de ce choix qu' E.D.F. dispose et va disposer d'électricité "abondante" et que les services commerciaux d'E.D.F. peuvent mener campagne en faveur du chauffage électrique. Je ne crois pas qu'il y ait eu brusquement une demande "spontanée" des consommateurs pour le chauffage électrique, mais il y a d'abord une offre et une concurrence entre les systèmes d'offre qui se traduit par les prix, en aval de laquelle le consommateur peut choisir.



Evolutions comparées, par forme d'énergie, de la consommation et du prix unitaire (base 100 en 1962)

Déplacements urbains et consommations d'énergie

J.P. Orfeuil

I.R.T. Paris

1 - Le point de vue global de la politique énergétique nationale

Le secteur des transports (tous modes confondus, voyageurs et marchandises, intérieur et international) absorbe 20 % environ des consommations d'énergie. Rapporté au pétrole importé, la situation est très différente puisqu'il consomme 40 % aujourd'hui et 75 % à l'horizon 90 (tableau 1) du pétrole importé.

Les consommations relatives aux déplacements urbains (tableau 2) sont modestes, et essentiellement dues à l'automobile. Elles ont encore cru après 1973, sous l'impact d'un recours important à l'automobile et d'un accroissement des distances domicile-travail, dû notamment à la "rurbanisation".

L'accroissement des distances de migrations poserait un problème important, en cas de rupture momentanée d'approvisionnement, notamment parce qu'une fonction essentielle -aller au travail- deviendrait problématique pour une part (de l'ordre d'un quart) des actifs.

Malgré les hausses pétrolières de 1973 et 1979, les prix du super et du gazole restent à leur niveau de 1950 (en francs constants). On estime qu'il fallait 21 minutes de travail à un ouvrier pour acheter un litre d'essence en 1960. Il ne faut plus que 9 minutes en 1980. La lenteur de la dérive des coûts depuis 1973 a été permise par une modération des taxes perçues par l'Etat.

Néanmoins, l'année 73 marque une rupture très nette dans les rythmes de hausse de consommation (tableau 5). Depuis 1973, l'ensemble des consommations de transport croît moins vite que la consommation totale, et, au sein des consommations de transport, les modes individuels croissent moins vite que les transports collectifs.

2 - Le point de vue des collectivités locales

L'offre et la fréquentation des transports collectifs ont atteint leur apogée en 1965, et ont lentement décliné jusqu'en 1973 : on ne leur attribuait plus alors qu'un rôle social, destiné à assurer la mobilité de ceux qui n'avaient pas accès à la voiture. L'approche était entachée d'une contradiction interne manifeste : comment assurer un service "social" (donc de prix modique) avec une clientèle réduite dans un domaine où les rendements sont croissants.

Des luttes assez vives ont traduit cette contradiction au début des années 1970 notamment en Région Parisienne. Par ailleurs, l'envahissement des villes par les voitures a posé des problèmes, et les transports collectifs, économes d'espace, sont réapparus comme une solution plausible à la revitalisation des centres.

Depuis 1973, l'argument énergétique s'est associé aux précédents, induisant une croissance assez rapide de l'offre et de la fréquentation (tableau 6). La France reste toutefois très en-dessous des niveaux d'usage de certains pays voisins (Pays Nordiques, RFA, notamment). La modération des évolutions tarifaires, la tendance à la tarification par carte à vue, mais aussi et surtout l'absence de mesures efficaces (tableau 7) quant à la gestion de l'espace de voirie ont induit une hausse importante des déficits, couverts par le versement transport (à la charge des entreprises de plus de 9 salariés dans les agglomérations de plus de 100.000 habitants) ou des contributions directes des collectivités locales. Cette situation n'est pas propre à la France : tous les pays développés subventionnent leurs réseaux.

L'organisation actuelle des prélèvements fiscaux et parafiscaux ne facilite pas l'émergence de solutions très rationnelles : on note en particulier que l'état gagne beaucoup (par le biais de la taxe sur les carburants, de la vignette, de la TVA sur les véhicules, etc.) sur les déplacements urbains et dépense peu, tandis que la situation est inversée pour les collectivités locales. En tout état de cause, la dépense pour les transports en commun reste très faible par rapport aux dépenses de voirie : environ dix fois moindre.

3 - Eléments de réflexion pour une maitrise des consommations dues aux déplacements en zone urbaine

Du point de vue des consommations au kilomètre parcouru, les modes s'ordonnent de la façon suivante, par consommation croissante : marche, vélo, cyclomoteurs, transports en commun, automobile.

Penser systématiquement à cette hiérarchie dans la pratique quotidienne de l'action municipale serait opportun. Quelques pistes de réflexion :

Les déplacements très courts (moins de 2 kilomètres)

Marche et deux roues peuvent les assurer dans la plupart des cas. On estime pourtant que sur 100 déplacements automobiles, 30 à 50 selon les agglomérations font moins de 2 kilomètres.

Rien ou presque n'a été fait dans les années récentes concernant ces modes. Bien au contraire, les trottoirs se sont souvent transformés en parking dans de nombreux quartiers. Reconquête des trottoirs, mesures en faveur des 2 roues légers, maitrîse du stationnement constituent un enjeu énergétique d'autant plus important que les automobiles consomment énormément lors des petits déplacements : un déplacement de moins de 2 kilomètres, moteur froid, en hiver, avec un véhicule bas de gamme entraîne une consommation ramenée aux 100 kilomètres de 15 à 25 litres. Campagnes d'information, aménagements ponctuels, voire fourniture de service pour assurer la sécurité au voisinage des écoles primaires, et éviter aux parents d'accompagner les enfants à l'école par exemple, peuvent être des instruments efficaces au service d'une telle politique.

Les déplacements intermédiaires (3 à 5 kilomètres)

Les 2 roues et les transports collectifs par bus constituent un outil adapté à la couverture de ces distances, sous réserve que la sécurité (2 roues) et la qualité du service (T.C.) soient assurées.

Pour l'usager, les déterminants majeurs de son choix sont le temps "porte à porte" et la régularité du service, notamment pour les personnes se rendant à leur travail.

Une réservation physique d'espace aux transports collectifs permet de gagner sur le temps, la régularité, et bien sûr, sur le coût puisqu'une même heure de travail de chauffeur permet d'assurer un meilleur service.

Par ailleurs, les coûts du système TC sont aggravés par les phénomènes de pointe : le parc est dimensionné pour une ou deux heures d'utilisation intensive par jour. Une politique visant à étaler les horaires de travail ou à proposer des réductions tarifaires en heure creuse attirerait sans aucun doute une clientèle nouvelle aux transports collectifs et, en décongestionnant la voirie, serait source d'économies d'énergie pour les automobilistes eux-mêmes.

Les distances longues

Dans les grandes agglomérations, il existe en général quelques lignes de flux suffisamment importantes pour justifier un service de tramway en site propre sur tout ou partie du parcours. Ses avantages sont la traction électrique, affranchie du pétrole, la grande capacité (et donc de faibles coûts d'exploitation), la régularité permise par le site propre. Si l'on veut favoriser les transferts VP - TC, il y a évidemment intérêt à ne pas envisager de solution en souterrain, par ailleurs très coûteuse.

Dans des agglomérations de taille plus modeste, on pourra, en concertation avec les employeurs, proposer des systèmes plus ou moins rigides, plus ou moins pris en charge par la collectivité pour les dessertes de zones industrielles par exemple (carpool, van pool, transport "souplement organisé" comme à SAUMUR, transport employeur classique, etc.).

On notera que dans tous les cas, les différentes mesures envisagées ont un impact positif sur :

- la sécurité (3400 tués dans les zones urbaines et 200.000 blessés, dont, pour les tués 1000 piétons et 1200 utilisateurs de 2 roues),

- l'emploi local, qu'il soit du secteur administratif (contrôle du stationnement), des travaux publics (réalisation de pistes cyclables, d'aménagements piétonniers, de sites propres...) ou des transports (personnel des transports en commun).

De plus, des ménages dépendant moins pour leurs déplacements quotidiens (dont une part notable est payée à l'étranger, via le carburant) pourront dépenser plus pour d'autres besoins et contribuer ainsi à la relance de l'emploi.

4 - Eléments de réflexion sur la liaison entre urbanisme et dépense d'énergie pour les transports

Les types d'organisation urbaine (et en particulier d'offre résidentielle) constituent un déterminant majeur des consommations d'énergie des ménages. Ces phénomènes ont fait l'objet d'analyses en profondeur par l'IRT sur les Agglomérations de Paris, Grenoble, Toulouse, Rennes. La méthodologie a été employée par l'Agence d'Urbanisme de Reims pour tester, du point de vue des dépenses énergétiques des ménages, différentes options relatives au S.D.A.U.

La méthode consiste à recenser l'ensemble des déplacements des ménages au cours d'une journée, à en évaluer la dépense énergétique lorsqu'ils sont réalisés en voiture, en transports en commun ou en 2 roues à moteur, à additionner toutes ces dépenses pour calculer le Budget Energie-Transport, somme des dépenses des différents membres des ménages au cours d'une journée, et à raisonner sur de grandes catégories de ménages (habitants de la ville-centre ; des banlieues ; des tissus pavillonnaires, etc.)

Les principaux faits mis en évidence sont les suivants :

Lorsqu'on passe de la ville centre à sa périphérie assez lointaine, la dépense énergétique des ménages est multipliée par 3 ou 4 selon les agglomérations. Cette augmentation est due à différents facteurs :

. La composition démographique des ménages change. Les ménages "périphériques" comptent à la fois plus de personnes et plus d'actifs,

. Le nombre d'activités pratiquées par personne change peu, mais la distance à parcourir pour réaliser ces activités croît dans des proportions très importantes. C'est bien sûr le cas pour les déplacements domicile-travail, dans la mesure où la ville-centre continue à concentrer les emplois -notamment tertiaires- mais c'est aussi le cas pour la plupart des autres activités. En particulier, dans les zones de faible densité, la marche à pied est moins pratiquée, et l'automobile indispensable pour nombre de déplacements quotidiens comme les achats ou les aller-retour de l'école.

. Toutefois, dans tous les cas étudiés, les distances parcourues en transport collectif (réseau ou ramassage) sont plus importantes dans les zones éloignées de l'agglomération que dans la ville-centre. Même minoritaires, ceux-ci jouent un rôle non négligeable de modération des consommations.

Le poids des structures urbaines est donc très important. Il ne doit pas faire oublier l'autre déterminant très important, qui est l'appartenance sociale. Pour les usages urbains, la consommation de carburant croît notablement plus rapidement que le revenu dans tous les cas étudiés : l'augmentation des tarifs des transports collectifs touche beaucoup plus les personnes modestes, l'augmentation des prix du carburant touche beaucoup plus les ménages aisés. On rappellera par exemple qu'en Région Parisienne, les 15 % des ménages les plus aisés consomment 15 fois plus de carburant que les 15 % les plus modestes. Dans l'agglomération toulousaine, les ménages résidant en périphérie et classés dans le tiers supérieur de l'échelle des revenus représentent 12 % des ménages mais 35 % des consommations de carburant. A l'opposé, les ménages de Toulouse-ville, classés dans le tiers inférieur des revenus représentent 28 % des ménages et seulement 5 % des consommations...

1970	1980	1990
30	40	70

1. % consommation transport dans la consommation de pétrole

MODE	TRAFIC 10^9 PK	CONSOMMATION TOTALE (10^6 TEP)	CONSOMMATION AU KILOMETRE PARCOURU (gep/PK)
DOMAINE URBAIN	175	7,5	43
dont automobile	120	6,8	57
dont 2 roues moteur	12	0,2	16
dont TC	23	0,5	23
dont marche et vélo	20	0	0
DOMAINE INTERURBAIN	391	10	26
dont automobile	310	8,4	27

2. usage des modes de transport intérieur

NB : 10^9 PK = 1 milliard de Passagers-kilomètres

10^6 TEP = 1 million de tonnes d'équivalent pétrole

Gep/pk = gramme équivalent pétrole par passager-kilomètre

Pour convertir : 1 litre de super = 750 gep

	1950	1960	1970	1973	1980
Super	100	116	86	77	101
Gazole	100	105	74	69	99

3. Indice en francs constants du prix des carburants principaux

	1970	1973	Début 1981
Super	72 %	70 %	55 %
Gazole	65 %	62 %	44 %

4. Part de la fiscalité dans le prix TTC du carburant

	1973/1960	1978/1973
Achats d'automobiles	12.1	2.
Achats de carburant	12.8	2.
Transports collec-	0.3	2.9
tifs urbains	0.3	0.3
Chemin de fer	2.3	3.4
Air Intérieur	9.5	8.3
Télécommunications et poste	7.8	9.1

5. Rythme annuel de croissance en volume de diverses consommations

	% augmentation de l'offre 1979/73	% augmentation de la fréquentation 1979/1973
Agglomérations millionnaires	+ 41	+ 28
Agglomérations de 300 à 700.000 hab.	+ 34	+ 24
Agglomérations de 100 à 300.000 hab.	+ 65	+ 37
Agglomérations de moins de 100.000 hab	+ 44	+ 28

6. Evolution de l'offre et de l'usage des transports collectifs entre 1973 et 1979

Longueur des couloirs réservés	255 km
Longueur des lignes	6 800 km

7. Mode de circulation sur les réseaux en 1979

1973	1975	1977	1979	1980
86 %	77 %	63 %	55 %	55 %

8. Couverture des dépenses d'exploitation par les recettes (100 premiers réseaux de province)

Paris Intra-muros	1000
Banlieue intérieure	1600
Banlieue extérieure (collectif)	2200
Banlieue extérieure (individuel)	2800
Lyon-ville	1000
Banlieue proche	1500
dont pavillonnaire est à 12 km du centre	2100
Toulouse ville	1100
Reste de l'agglomération	3100
Dont : mixte, équipée, desservie	2400
.Pavillonnaire, non équipée, non desservie	4200

9. Ordre de grandeur des consommations d'énergie pour les déplacements urbains, par jour et par ménage, en grammes équivalent pétrole

	Augmentation du budget énergétique	Part due à la structure démographique	Part due aux distances par personne		Part due au partage modal
			Travail	Aut. Motifs	
De Paris à la banlieue intérieure	+ 60 %	+ 20 %	+30 %	-10%	+ 20 %
De la banlieue intérieure à la banlieue extérieure	+ 60 %	+ 15 %	+30 %	+20 %	- 5 %
Du collectif à l'individuel en grande banlieue	+ 20 %	0 %	+ 7 %	+13 %	- 10 %

10. Les facteurs de croissance du budget énergétique en fonction de la localisation résidentielle (région parisienne, 1976)

Reims : Energie - Urbanisme

J. Sischerman

agence d'urbanisme et d'aménagement de Reims.

Avant propos

La relation qui existe entre l'énergie et l'urbanisme n'est pas nouvelle : l'évolution des disponibilités énergétiques a contribué à la transformation en profondeur de l'organisation spatiale du territoire :

- avec l'utilisation dispersée du bois et d'énergies locales (moulin à vent, moulin à eau) a dû correspondre une occupation dispersée de l'espace,

- la découverte et l'utilisation de formes d'énergies concentrées que sont les combustibles solides, ont contribué au développement d'un usage concentré de l'espace ; le chemin de fer, qui en est découlé, a accentué cette polarisation du territoire ; cette période fut l'ère des économies d'échelle, avec la création des usines et des agglomérations de taille importante.

- au début du XXème siècle, l'apparition de l'électricité et surtout du pétrole, énergie fractionnable et facilement diffusable, va permettre une diffusion de l'occupation des sols ; les conditions d'un éclatement spatial ne seront réellement réunies qu'après la deuxième guerre mondiale avec la banalisation de l'automobile, et ce nouvel aménagement ne verra le jour que récemment.

Ce déphasage, dans le temps, est dû à la grande inertie des infrastructures en place et au fait que les établissements industriels ont contribué à se localiser auprès des villes importantes parce qu'elles constituaient des réservoirs de main d'oeuvre.

La planification urbaine actuelle, inscrite dans les S.D.A.U. éclatés et dans le développement de l'habitat péri-urbain semble entériner, aujourd'hui, les conditions économiques et énergétiques des années passées. La question que l'on est en droit de se poser est de savoir si le nouveau contexte énergétique annonce une nouvelle mutation de l'organisation de la société ou s'il n'est qu'un phénomène conjoncturel ne remettant pas en cause les orientations passées. A une réponse affirmative à la première hypothèse, devrait logiquement correspondre une remise en cause du développement de l'habitat individuel péri-urbain tel que nous le connaissons aujourd'hui, c'est-à-dire une urbanisation diluée et mal contrôlée des campagnes.

Dans ce contexte d'incertitude sur l'avenir, il n'est pas question de chercher à tirer des conclusions tranchées participant de l'une ou de l'autre hypothèse. Le seul objectif que l'on puisse, raisonnablement, se fixer est de réintroduire dans nos réflexions sur l'urbanisme le paramètre énergie et de tenter d'appréhender les conséquences des choix de planification effectués à la lumière du nouveau contexte énergétique.

Le S.D.A.U. de la Région Urbaine de Reims a été approuvé le 9 juillet 1975, il prévoit l'arrêt de la croissance de l'agglomération sur elle-même et le report de son développement sur des pôles secondaires et sur le milieu rural.

Dans le cadre de la réflexion sur sa mise en oeuvre, il est apparu opportun de tenir compte du contexte énergétique dans lequel nous nous trouvons depuis le premier choc pétrolier en 1974.

La présente étude a pour objet de mettre en évidence les liens qui existent actuellement entre aménagement de l'espace et consommation d'énergie ; délibérément nous nous sommes placés du point de vue des ménages, arguant du fait qu'en dernier ressort, ce sont les ménages qui subiront les contraintes d'un renchérissement du prix de l'énergie où les conséquences d'une raréfaction éventuelle de l'énergie. Nous avons donc étudié les consommations d'énergie des ménages et les dépenses induites.

Nous rappellerons qu'en 1979, sur les 190,9 MTep consommés, le secteur résidentiel représente 25,7 % de la consommation totale et le secteur des transports 21,9 %. L'utilisation du pétrole intervient pour 40 % dans le secteur résidentiel, et pour 95 % dans le secteur des transports.

Trois scénarios de développement ont été testés : le scénario inscrit au S.D.A.U. qui prévoit une production importante de logements (plusieurs milliers) sur le site de PRUNAY qui se trouve éloigné de 12 km du centre-ville ; une alternative à cette localisation, à savoir la construction de plusieurs milliers de logements en périphérie immédiate de REIMS, par exemple sur le secteur Est ; le troisième scénario correspondant à la construction de logements en petites opérations dans le milieu rural.

Globalement, pour chacun des scénarios, les consommations et dépenses d'énergies des ménages peuvent se résumer ainsi :

		PRUNAY	Secteur EST	Diffus Rural
Energie résidentielle	Consommation (Tep)	2,95	2,6	3,5
	Dépense (F)	5 260	4 900	6 275
Energie de Déplacements	Consommation journalière (Gep)	2 800	1 800	3 550
	Dépenses annuel.	3 500	2 400	4 300
TOTAL	Consommation annuelle (Tep)	3,65	3	4,35
	Dépenses	8 760	7 300	10 575

L'estimation de ces consommations et de ces dépenses d'énergies repose sur une enquête effectuée auprès de 300 ménages localisés dans des sites proches des scénarios d'étude : sur REIMS ont été enquêtés les quartiers Z.A.C. Nord-Est et Val de Murigny 1 et 3, à WITRY-les REIMS la Z.A.C. des Nelmonts et un certain nombre de lotissements en milieu rural.

Les chiffres fournis s'appuient aussi sur des calculs théoriques de consommations d'énergies.

La méthodologie retenue implique que le tableau ci-dessus correspond aux pratiques actuelles ayant cours dans l'utilisation des énergies de chauffage et aux comportements actuels des ménages en matière de déplacements ou d'économies d'énergies.

Des chiffres fournis par ce tableau, il apparait qu'à type d'urbanisation identique, (production de masse de logements) les dépenses d'énergies des ménages augmentent de près de 20 % dès lors que le lieu de résidence est éloigné de la ville-centre : PRUNAY est à 12 km du centre-ville, le secteur Est à 5,3 km.

Dès que l'on passe à une forme d'urbanisation diffuse en milieu rural, ces mêmes dépenses sont en hausse de 41 %.

Si l'on prend en compte les hypothèses moyennes d'évolution des prix de l'énergie qui figurent dans le VIIIème plan (+ 7 % par an pour les énergies fossiles, stabilité du prix de l'électricité en francs constants) ces taux d'effort seraient en 1990 de 15,7 % pour un ménage résidant sur le secteur Est, et de 22,2 % pour un ménage résidant en milieu rural.

Encore faut-il noter que l'on ne prend en compte que les dépenses d'énergie ; si l'on raisonne maintenant en terme de dépenses induites par le choix de l'habitat (loyer ou remboursement d'emprunts, impôts locaux, dépenses de déplacements incluant amortissement du véhicule) le taux d'effort des ménages varie, actuellement entre 32 % sur le secteur Est et de 52 % pour le diffus rural.

On sait que, dès à présent, l'urbanisation en milieu rural s'adresse à des ménages dont les revenus sont supérieurs à la moyenne (ce qui ne veut pas dire que les ménages ouvriers sont absents de la péri-urbanisation).

Le problème énergétique risque d'amplifier cette ségrégation sociale.

D'autre part, si aucune mesure n'est prise pour limiter l'augmentation des dépenses d'énergies, le développement de l'habitat en milieu rural risque de rencontrer deux séries de problèmes : problèmes financiers pour ceux qui résident dans ce type d'habitat, et difficultés de commercialisation de ce type d'habitat ; dans cette optique, on risquerait d'observer une accélération du phénomène "du retour vers le centre" qui ne manquera pas de peser sur le marché foncier et immobilier de l'agglomération.

Cette conclusion brute ne condamne pas l'habitat rural au nom des économies d'énergies, mais elle met en évidence le fait que l'introduction du paramètre énergie dans les études d'urbanisme devient une nécessité et que le développement de l'habitat péri-urbain doit passer par une plus grande maitrise des consommations d'énergies.

Rechercher les paramètres liés à l'urbanisme susceptibles d'induire des économies d'énergies nécessite l'analyse des différents facteurs qui déterminent les dépenses énergétiques.

Les dépenses énergétiques résidentielles des ménages

Les différences de dépenses énergétiques résidentielles entre scénario de localisation restent faibles (28 % au maximum). Les principales causes de distorsions sont de trois ordres : le type d'habitat, la taille du logement, l'énergie de chauffage utilisée.

Le type d'habitat

les réalisations de ces cinq dernières années et les tendances de commercialisation font apparaître, qu'en milieu rural, sont programmés, à quelques pourcentages près, que des logements individuels, alors que sur des zones de production de masse, 30 à 50 % de logements collectifs paraissent crédibles.

Or, les normes d'isolation sont plus fortes en logements collectifs qu'en individuels : de ce fait, les besoins d'énergies en matière de chauffage sont plus importants, à volume égal, en individuels qu'en collectifs : les calculs théoriques montrent que la surconsommation en individuels, tous usages, est de l'ordre de 40 %.

La taille du logement

Les consommations d'énergies, notamment en matière de chauffage, sont étroitement liées au volume à chauffer. Or, la taille des logements est, en général, supérieure en individuels qu'en collectifs : ainsi, sur les Z.A.C. construites récemment sur REIMS, la taille moyenne des logements est de 4,23 pièces, alors qu'en milieu rural, elle dépasse 5.

L'énergie de chauffage utilisée

Si aujourd'hui l'utilisation du fuel entraine des dépenses de chauffage supérieures à celles des autres énergies, cela est dû aux fortes augmentations du prix du pétrole ; actuellement, le recours au gaz apparaît comme le plus économe, mais sur la base des hypothèses d'évolution du prix des différentes énergies, l'électricité, sur la base du pari nucléaire, apparait être rapidement la moins coûteuse. Selon les énergies utilisées, les dépenses énergétiques résidentielles varient aujourd'hui selon la taille du logement et son type, de 25 % à 40 %.

Dans les scénarios de développement étudiés, et sur la base des énergies utilisées dans la construction nouvelle, nous avons fait l'hypothèse qu'en milieu rural 25 % des logements ont recours au fuel, 50 % à l'électricité et, qu'en site de logement en nombre important, les collectifs sont chauffés par un réseau de chaleur (chauffage urbain ou géothermie), ce qui permet de réduire les dépenses d'énergie résidentielle. Ainsi, à type d'habitat donné et à taille de logement donnée, les dépenses d'énergies seront plus importantes en opération diffuse qu'en opération de masse.

Pour une dépense de 100 d'un ménage moyen sur la Z.A.C. de MURIGNY, à REIMS, on constate :

Ecart dû :	WITRY	Communes rurales < 12 km	Communes rurales > 12 km
- au type d'habitat	+ 11 %	+ 18 %	+ 18 %
- à la taille du logement	+ 7 %	+ 18 %	+ 11 %
- à l'énergie	- 9 %	- 5 %	+ 3 %
- au comportement	- 2 %	-	+ 4 %
TOTAL	+ 7 %	+ 31 %	+ 36 %

A côté de ces trois paramètres qui sont déterminants pour le niveau des dépenses d'énergie résidentielle, d'autres facteurs interviennent pour moduler le budget énergie des ménages :

- la catégorie socio-professionnelle qui induit des comportements différents et engendre des consommations d'énergies différentes,

- la climatologie (exposition au soleil et au vent) qui peut moduler les besoins de chauffage,

- l'utilisation du mode de chauffage plus économe en énergies : pompe à chaleur, solaire...

Aujourd'hui, des travaux d'économies d'énergies par isolation, substitution d'énergies sont techniquement possibles mais ne seraient rentables pour des logements neufs construits aujourd'hui qu'au delà de 10 ans ; c'est-à-dire qu'à court terme, les ménages sont prisonniers de leur budget d'énergie résidentielle qui apparait difficilement compressible.

Réduire les consommations d'énergie résidentielle suppose donc une intervention en amont du logement, au niveau de la production du cadre bâti.

Quelles peuvent être les actions des principaux responsables locaux ?

. Le retour au tout collectif, plus économe, parait non crédible et peu souhaitable, dans la mesure où il ne peut répondre à tous les besoins ; par contre, une plus grande diversité du type d'habitat peut être envisagée : le petit collectif locatif est-il à exclure du milieu rural ? La densification, qui permet de mieux rentabiliser un système de chauffage urbain, constitue-t-elle une mesure d'urbanisme utopique ? Ne convient-il pas d'assurer la promotion de l'individuel en bande, moins énergivore ?

. la diminution de la taille du logement peut difficilement être considérée comme un objectif souhaitable, et cette voie doit être écartée.

. Le choix de l'énergie de base n'est pas en lui-même, aujourd'hui, du ressort des Collectivités Locales ; il est effectué, à priori, par le promoteur ; l'introduction rapide du tout électrique dans l'habitat repose sur le faible coût d'investissement de l'installation et sur le pari nucléaire ; pour les opérations de taille moyenne, la concurrence des producteurs d'énergie apparait et on peut se demander si, à défaut d'arbitrage de l'Etat, les Collectivités Locales ne pourraient pas, à l'avenir, intervenir à ce niveau et au moins assurer la promotion d'énergie locale ou de technique de pointe.

En tout état de cause, trois attitudes devraient devenir des réflexes:

. Penser au système de chauffage urbain dès que l'on envisage une production de logements de collectifs suffisamment importante. Dans la même optique, si le forage sur la Z.A.C. de Murigny II démontre la possibilité de recourir à la géothermie à REIMS, ne faut-il pas prendre en compte cet élément dans les scénarios de développement de l'agglomération ?

. Introduire des études de climatologie dans les études de plan de masse de lotissements ou de Z.A.C., une bonne exposition au Sud, l'utilisation d'espaces tampons, la protection du vent par des aménagements paysagers, judicieux, peuvent permettre d'économiser 20 à 30 % des dépenses de chauffage, pour un surcoût de 5 %.

  Les études de plan-masse prennent en compte aujourd'hui, l'aménagement paysager, est-il inconcevable de prendre en compte le soleil et le vent comme élements d'organisation du plan-masse ?

. analyser le niveau des contraintes pour les ménages dans le cas de hausse du prix de l'énergie ou de raréfaction des énergies fossiles. Ceci demande un effort de prospective certain ; cependant, faut-il attendre les situations de blocage pour étudier les problèmes ?

Principaux paramètres expliquant la différence des dépenses d'énergie résidentielle des ménages enquêtés

Ménages dotés de :	REIMS	WITRY	Communes rurales < 12 km	Communes rurales > 12 km
0 voiture	3,7 %	6,5 %	-	-
1 voiture	72,0 %	66,0 %	47,0 %	43,0 %
2 voitures	24,3 %	27,5 %	53,0 %	57,0 %
Taux de motorisation	1,2 %	1,21 %	1,53 %	1,57 %

Un taux de motorisation plus important en péri-urbain

	REIMS	WITRY	Communes rurales <12 km	Communes rurales >12 km
Nombre de déplacements motorisés par ménage	5,78	6,05	7,18	7,40
Taille des ménages	2,70	2,88	3,47	3,93
Nombre de déplacements motorisés par personne	2,14	2,10	2,07	1,88

Un nombre de déplacements plus important en milieu rural, mais une mobilité réduite

Répartition modale	REIMS	WITRY	Communes rurales < 12 km	Communes rurales > 12 km
T.C.	27 %	6 %	8 %	8 %
V.P.	63 %	87 %	82 %	87 %
2 R.	10 %	7 %	10 %	5 %

Une utilisation renforcée de l'automobile en milieu rural

Les dépenses d'énergie dues aux déplacements

L'analyse globale montre que ces dépenses varient du simple au double selon la localisation. L'augmentation de la construction énergétique, et par voie de conséquence des dépenses énergétiques, est principalement liée à quatre facteurs :

- l'éloignement des pôles d'emplois et des services qui rallonge les déplacements,

- le nombre de déplacements motorisés, lui-même fonction de la taille des ménages, du taux de motorisation. Or, le type de population qui réside dans les constructions neuves en milieu rural présente une taille de ménage supérieure à la moyenne ; plus de la moitié des ménages résidant en milieu rural dans les opérations récentes possède deux véhicules, contre moins d'un quart dans les opérations de masse,

- le mode de déplacement ; les statistiques nationales montrent, qu'en moyenne, la consommation par passager-kilomètre transporté en transports collectifs est inférieure de plus de la moitié à la consommation en véhicules particuliers ; sur REIMS, compte tenu du taux d'occupation des autobus, cet écart est encore plus grand. Dans l'agglomération rémoise, 27 % des déplacements motorisés sont effectués en T.C. contre moins de 8 % ailleurs.

- la puissance des véhicules est d'autant plus grande que la résidence est éloignée du centre-ville.

Cet ensemble de facteurs explique la hausse des consommations et des dépenses énergétiques en milieu rural ; si, sur REIMS, 65 % des ménages enquêtés consomment moins de 2 000 gep par jour, en milieu rural, cette proportion s'abaisse à 31 %. On note donc combien le milieu rural est tributaire de l'énergie pétrolière.

Face à cette situation, quelles actions peuvent mener les responsables locaux ?

. La diminution de la consommation d'énergie liée aux déplacements passe par une réduction du nombre et de la longueur des déplacements. Ceci suppose un urbanisme où la division socio-économique de l'espace sera moins marquée ; ceci signifie, en particulier, que pour réduire les consommations énergétiques induites par la péri-urbanisation, les collectivités locales devront lutter contre les tendances actuelles de sous-équipement en activités et services en milieu rural. L'expérience de certaines communes (MUIZON, FISMES...) montre qu'une volonté politique peut renverser cette tendance (cf. étude de l'Agence sur l'emploi en milieu rural).

. Une autre possibilité de réduction des dépenses énergétiques résulte de la mise en place d'une offre de transport collectif si la capacité des sites d'urbanisation est suffisante ou d'une offre de transports semi-collectifs pour un type d'urbanisation plus diffus.

La pratique montre que la création d'une offre de transport intervient souvent une fois l'urbanisation réalisée, sous la pression des résidents ; il parait souhaitable de prévoir, dès la conception des zones à urbaniser, la possibilité de desserte en transports autres qu'individuels ; c'est-à-dire que, même si le développement choisi se situe en péri-urbain, il faut qu'il soit organisé.

Faute de cette possibilité d'offre de déplacements alternative, les dépenses de consommations énergétiques liées aux déplacements doubleront en 10 ans (à moins que le parc de véhicules en service dans 10 ans voit sa consommation unitaire divisée par deux).

Pour les zones de production de masse de logements, une inversion de la répartition modale en faveur des transports collectifs (qui nécessite un doublement de l'offre de transport), permettrait de réduire d'environ 20 à 30 % les dépenses d'énergies des ménages, ramenant ainsi l'augmentation du budget énergie transport des ménages à 30 % au lieu de 70 - 80 %.

Ceci étant, il faut être conscient que cette réduction de consommation énergétique passe par un transfert de charges des ménages vers les Collectivités Locales, et apparait comme contradictoire avec le principe même sur lequel s'est développé la péri-urbanisation, à savoir l'individualisation des besoins et des charges.

	REIMS			WITRY			Communes rurales < 12 km			Communes rurales > 12km		
	Chef	Conj.	Enf.	Chef	Conj.	Enf.	Chef	Conj.	Enf.	Chef	Conj.	Enf.
A pied	4	7	46	-	3	62	-	-	46	5	3	45
2 roues	6	-	1	7	-	1	3	-	4	-	-	4
Voiture conducteur	73	50	-	80	77	-	91	72	-	91	67	-
Voiture passager	12	13	19	10	10	20	-	20	30	2	20	34
T.C.	15	30	32	3	10	17	6	8	20	2	-	17

Les déplacements "domicile-travail" (en pourcentage)

MENAGES	REIMS	WITRY	Communes rurales < 12 km	Communes rurales > 12 km
Utilisant :				
- une voiture	61 %	78 %	71 %	80 %
- les T.C.	7 %	1 %	-	-
- autres	32 %	21 %	29 %	20 %
Effectuant ses achats				
- dans le quartier de résidence	40 %	22 %	34 %	32 %
- dans les grandes surfaces	51 %	60 %	51 %	42 %
- ailleurs	9 %	18 %	15 %	26 %

Les achats courants

MENAGES	REIMS	WITRY	Communes rurales < 12 km	Communes rurales > 12 km
Utilisant :				
- leur voiture	75 %	95 %	95 %	99 %
- les T.C.	23 %	5 %	5 %	1 %
Effectuant les achats occasionnels				
- au centre ville	66 %	63 %	58 %	67 %
- en gdes surfaces	33 %	34 %	39 %	33 %

Les achats occasionnels

	REIMS	WITRY	Communes rurales <12 km	Communes rurales >12 km
Consommations des déplacements	1 899	2 203	3 115	3 961
Distance du centre de Reims	4,7 km	8,0 km	11,1 km	17,5 km

Les consommations (en GEP) des ménages

	1 p	2 p	3 p	4 p	5 p
REIMS	1 426	1 893	1 827	2 240	2 206
WITRY	1 686	1 881	2 294	2 213	2 773

Influence de la taille des ménages sur les consommations

	REIMS	WITRY	COMMUNES RURALES
Ménage à 1 actif	1 684	2 004	3 390
Ménage à 2 actifs	2 221	2 428	3 996

Influence du nombre d'actifs

Ménages consommant moins de 1000 GEP par jour

	REIMS	WITRY	Communes rurales <12 km	Communes rurales >12 km
% des ménages consommant moins de 1000 Gep	22 %	17 %	6 %	5 %

Taille des ménages	1 pers.	2 p.	3 p.	4 p.	5 p.
% des ménages consommant moins de 1000 Gep	42,0 %	11,5 %	12,0 %	18,0 %	9,0 %

Revenus (KF)	40	40-50	50-70	70-90	90
% des ménages consommant moins de 1000 Gep	28,0 %	24,0 %	16,0 %	14,0 %	6,0 %

Conclusion

L'analyse des dépenses énergétiques montre que si l'on prolonge les tendances qui ont cours actuellement dans la construction neuve et dans la pratique des déplacements des ménages, un schéma d'urbanisation prévoyant le développement de la Région Urbaine par petites opérations diffuses en milieu rural est fortement dépendant de l'approvisionnement et du coût du pétrole. Une autre politique de l'Etat visant à réduire, par des normes d'isolation plus contraignantes, les consommations résidentielles et favorisant des technologies nouvelles, permettra, à plus ou moins brève échéance, de réduire ce niveau de dépendance.

Dans la période transitoire actuelle, il apparait que plus que jamais, il faut éviter que la croissance ne repose que sur un seul type de développement, alors que, parallèlement, on sait que la demande de logement est un produit fort diversifié. L'introduction du paramètre énergie, dans les études d'urbanisme, renforce cette intuition fondamentale.

L'introduction du paramètre énergie oblige à ne plus raisonner uniquement en termes d'investissements et de produit fini, mais en termes de fonctionnement et de comportement des ménages : quelle contrainte produit tel type de schéma ?

Nous avons vu que la construction en diffus rural renforce le recours aux transports individuels, la multimotorisation, l'exclusion d'une catégorie de la population (jeunes et vieux) de toute possibilité de déplacements autonomes ; il est clair aussi que l'urbanisation en diffus rural accroit les difficultés de mise en oeuvre de services de substitution pour les besoins de déplacements et les coûts correspondants. L'extension de ce type d'urbanisme, simultanée à la hausse du prix du pétrole, risque donc de provoquer des revendications en matière de transports et de pousser l'institutionnalisation de systèmes de transports qui, aujourd'hui, sont du domaine de l'auto-organisation privée ; il est donc nécessaire de veiller à ce que la construction en milieu rural se fasse selon un schéma de développement en milieu rural.

Ces propos peuvent être illustrés en prenant en compte les consommations et dépenses d'un ménage de 4 personnes selon qu'il réside en zone d'habitat de masse ou en milieu de lotissements.

Malgré une mobilité légèrement plus faible en milieu rural, malgré un taux d'occupation des véhicules plus important en milieu rural, l'éloignement des centres d'activités et de services et l'absence de mode de déplacement collectif accroissent considérablement les consommations et dépenses d'énergies de déplacement du milieu rural par rapport à des sites d'habitat plus proches de la ville-centre et de volume de logements plus important.

Le même ménage, en situation de choix, c'est-à-dire ayant des revenus de l'ordre de 80 000 Frs, s'il se loge en collectif occupera un appartement dont la surface sera inférieure au logement de même taille en individuel, et dont l'énergie servant au chauffage est différente de celle utilisée en individuel ; faut-il encore noter que les énergies de base dans les logements varient selon la localisation.

Consommations d'énergie des ménages

Dans ces conditions, les consommations d'énergies sont en moyenne les suivantes (1) :

Consommation d'un ménage de 4 personnes	PRUNAY	SECTEUR EST	DIFFUS RURAL
Déplacements quotidiens (en gep)	3 700	2 360	4 500
Résidentielles annuelles (en Tep)	2,6	2,4	3

Les dépenses induites et les taux d'effort des ménages sont alors :

	PRUNAY	SECTEUR EST	DIFFUS RURAL
Dépenses en F.	9 340	7 750	10 750
Taux d'effort	11,7 %	9,7 %	13,4 %

(1) Les chiffres indiqués sont des moyennes. Il est bien évident, dans l'ensemble, qu'un ménage habitant sur le secteur Est, en collectif et utilisant essentiellement les transports collectifs consommera moins d'énergies (sur le secteur Est : 1,85 Tep) qu'un ménage habitant en individuel et n'empruntant que la voiture comme mode de déplacements (2,98 Tep).

Dans 10 ans, que deviendra le budget énergie des ménages ? Si nous prenons en compte l'évolution des prix de l'énergie du "scénario gris" du VIIIème Plan qui correspondait à un doublement du prix du kWh gaz et pétrole, la dépendance du milieu rural vis-à-vis de l'énergie va se renforcer ; en effet, on peut supposer que, compte tenu de la possibilité d'avoir recours à REIMS à la géothermie, les zones de production de masse de logements pourront faire appel pour leur secteur dense à cette source d'énergie "gratuite", on peut supposer que l'existence d'une desserte de transports collectifs permettra une diminution de l'utilisation de la voiture particulière sur les zones de production de masse ; dans cette hypothèse, le budget énergie des ménages devient le suivant :

à 10 ans	PRUNAY	SECTEUR EST	DIFFUS RURAL
Dépenses en F.	11 750 F	9 610 F	18 520 F
Taux d'effort	14,4 %	12 %	23,1 %

Budget énergie des ménages

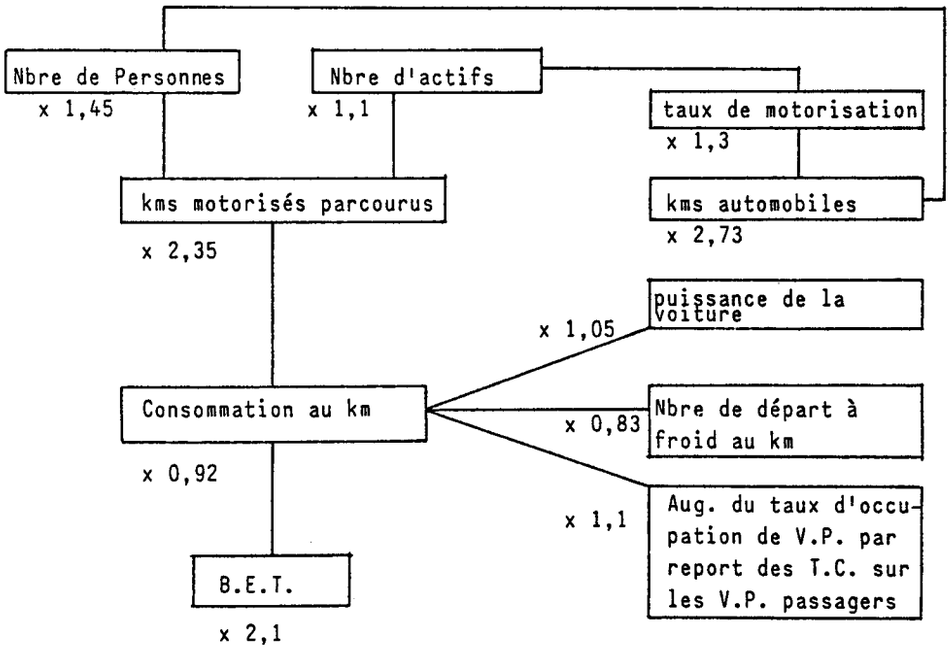
L'importance, à terme, de ce taux d'effort, en milieu rural, risque de devenir difficilement supportable pour certains ménages ; ces problèmes sociaux, s'ils deviennent trop nombreux, risquent alors d'être posés aux élus.

En effet, des interviews auprès d'une vingtaine de ménages, montrent qu'aujourd'hui, les ménages sont encore peu sensibles aux problèmes d'énergies ; ils apparaissent très attachés à leur habitat (essentiellement les accédants à la propriété) et à leur mode de déplacements (1) : la solution "car pool" n'apparait que comme une solution transitoire qui se heurte à des difficultés pratiques d'organisation, mais aussi à l'attachement des ménages à leur autonomie et indépendance.

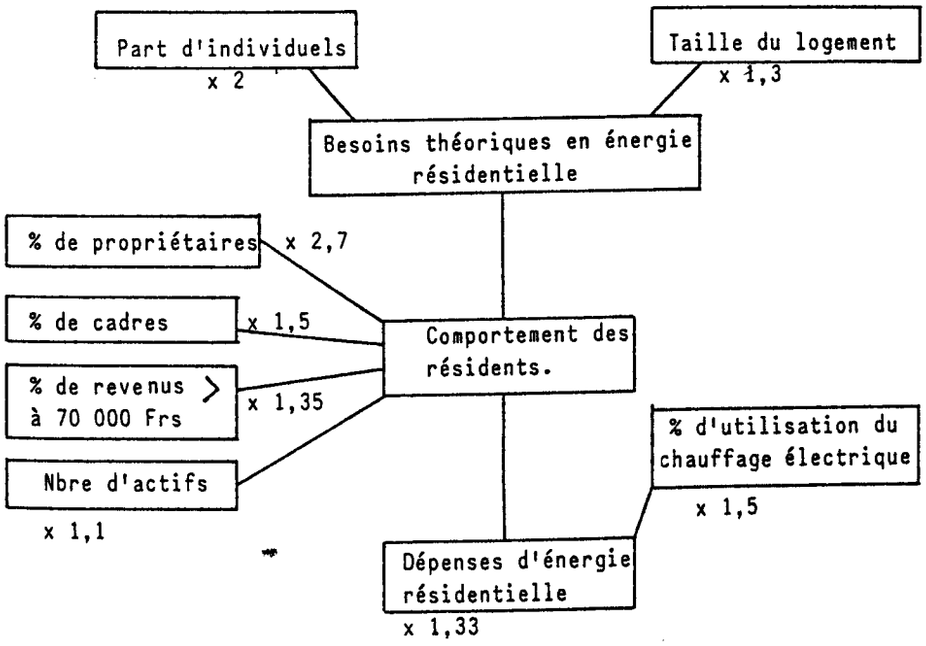
Les transports collectifs apparaissent comme une solution alternative quand ils existent. Mais, face à l'émergence d'une crise accrue de l'énergie, les ménages attendent le salut soit d'innovations techniques, soit d'intervenants extérieurs, tels que les employeurs, les Collectivités Locales, ou l'Etat.

Cette attente des ménages trouvera d'autant plus facilement de réponse que le développement de l'agglomération rémoise sera le résultat d'une planification prenant en compte les contraintes énergétiques: facilité d'organisation des déplacements par un autre mode que l'automobile, remise en cause de la division socio-économique de l'espace par intégration des fonctions urbaines, mise en valeur des énergies locales.

(1) Les dépenses d'énergies apparaissent aujourd'hui comme le coût inévitable à payer au choix de résidence effectué.



Evolution du budget énergie transport lorsque l'on passe d'une résidence en site de production de masse en périphérie immédiate de Reims à une résidence en lotissement rural



Evolution des dépenses d'énergie résidentielle d'un ménage lorsque l'on passe d'une résidence en site de production de masse à Reims à une résidence en lotissement rural

Propriétés des espaces collectifs de distribution de logements couverts avec des matériaux à effets de serre

C. Devillers

A.U.A. Bagnolet

Objectifs de la recherche

Rappelons tout d'abord que la recherche porte sur un type d'espace, la "rue couverte" dont il s'agit d'explorer globalement les potentialités architecturales, urbanistiques, thermiques et sociales.

Nous entendons plus particulièrement ici par "rue couverte" un espace de distribution de logements, dont la couverture est transparente ou translucide. Le statut de cet espace peut être public,et dans ce cas recevoir des locaux et des activités autres que les logements, ou privé-collectif.

Les dimensions de cet espace peuvent varier dans des limites au-delà desquelles sa nature architecturale changerait radicalement. On peut dire qu'il doit être au moins deux fois plus large et plus haut qu'un couloir (ou une coursive) traditionnel et que, s'il peut comporter des élargissements ("places"), il ne saurait dépasser les dimensions usuelles d'une rue.

Les raisons qui ont motivé cette recherche sont d'ordre divers.

La "rue couverte" nous parait être un dispositif thermique efficace, susceptible d'apporter des économies d'énergies importantes, comme l'a prouvé l'observation empirique de la réalisation d'un ensemble de logements HLM à SAULX-LES-CHARTREUX (Paul CHEMETOV, 1975). La couverture de la rue se comporte en effet comme un grand capteur solaire, intégré à l'architecture du bâtiment, dont le coût de construction est pratiquement faible dans la mesure où il est compensé par des économies importantes sur l'étanchéité du sol et des parois de la rue et dont le coût de fonctionnement et d'entretien est également insignifiant.

Il convenait donc d'élaborer les modèles de calcul du comportement thermique de la rue et de définir les conditions de son fonctionnement optimum.

L'espace collectif de distribution du logement social est défini ici d'une façon nouvelle et riche en potentialités spatiales et sociales. On sait que depuis la fin du 19ème siècle, l'espace collectif du logement social est chargé de valeurs négatives malgré plusieurs tentatives de réhabilitation (avant-garde soviétique des années 1920, Cité Radieuse de Le Corbusier...). Dès 1850, l'idéologie dominante tend à privilégier le modèle de l'habitation individuellle et à considérer l'espace collectif comme un mal nécessaire réduit à son minimum fonctionnel (couloir, palier minimum, ascenseur, escalier de secours...) ou nié comme espace autonome (la coursive extérieure est sensée être une prolongation de l'espace public de la rue, soumise à la même surveillance sociale, aussi peu susceptible d'appropriation collective). Cette désaffection de l'espace collectif du logement social s'est accompagnée d'une disparition de ces anciennes pratiques collectives. Les relations sociales qui trouvaient place dans la cage d'escalier ou sur le palier ont été réduites au sentiment de promiscuité et au désir d'échapper aux nuisances du voisinage (cf. par exemple : Rénovation Urbaine et Changement Social, H. COING, Editions Ouvrières). Cet abandon des pratiques collectives correspond d'ailleurs à la fois à une évolution du mode de vie et à une volonté plus ou moins explicite, mais toujours présente, des constructeurs de logements sociaux d'en nier l'existence possible.

Au 19ème siècle, il s'agissait d'éviter que les ouvriers se rassemblent et menacent l'ordre social (cf. Les origines du logement social en France, R.H. GUERRAND, Ed. Ouvrières). Aujourd'hui, il s'agit plutôt de privilégier le caractère privé de la "cellule" monofamiliale, et ses relations avec l'ensemble du corps social, hors d'un lieu déterminé (Relations de travail et mobilité des travailleurs, développement des média à émission nationale et à réception privée comme la télévision, etc...)

Les conséquences de ce qui précède se lisent dans l'état de dégradation des espaces collectifs de la plupart des logements sociaux. D'une certaine façon, la pratique se venge car la casse est la dernière pratique possible de ces lieux, qui transgresse leur usage strictement programmé (passer le plus vite possible). Il y a, croyons-nous, un besoin mal défini, un désir frustré pour un espace collectif du logement.

Il n'entrait pas dans nos intentions de développer une utopie phalanstérienne en projetant des lieux qui ne seraient comblés que des fantasmes sociologiques de l'architecture, tout au plus pouvons-nous ouvrir quelques portes, donner quelques possibilités nouvelles en nous appuyant sur des pratiques ou des embryons de pratiques existantes.

En effet, la disparition de l'espace collectif n'est ni fatale, ni universelle. Au 19ème siècle, la bourgeoisie triomphante qui cherchait à interdire la "rencontre des ouvriers" se plaisait à habiter des immeubles collectifs (ce que nous appelons les "immeubles haussmanniens") comportant des porches, des halls, des escaliers, parfois des cours ou des jardins d'usage collectif, traités de façon luxueuse, voire monumentale qui correspondaient au cérémonial de la réception et surtout exprimaient le niveau social des habitants (voir par exemple les nombreuses descriptions d'immeubles parisiens dans les romans d'Honoré de Balzac). Aujourd'hui, ce luxe spatial reste à l'état de trace ou de "prestation" comme on dit, un peu de marbre dans l'escalier distingue l'immeuble de standing du HLM.

La rue couverte dont on a vu plus haut le caractère économique offre la possibilité de donner au logement social un espace collectif de grande dimension, très lumineux, abrité du vent et de la pluie et plus chaud que la température extérieure en hiver. L'espace supplémentaire qu'elle offre peut donner lieu éventuellement à certaines activités, à des opérations de parquage, à des plantations, à des délimitations, etc...

Cet espace peut avoir des caractéristiques monumentales, donner une autre image du logement collectif social et permettra le développement de formes urbaines intégrant certaines activités publiques : commerces, bureaux, etc... comme les passages du 19ème siècle nous en montrent l'exemple.

Limites et contenu de la recherche

Comme on l'a vu plus haut, l'objet du travail est un type d'espace auquel on a appliqué différentes disciplines scientifiques ou projectuelles. Cette approche est assez inhabituelle. La plupart des recherches dans le domaine bioclimatique a en effet pour objet le développement d'une technologie particulière pouvant ensuite être utilisée dans des projets ou porte plus fondamentalement sur les principes scientifiques fondamentaux. Une autre approche courante consiste à dresser un catalogue analytique de réalisations existantes pouvant, le cas échéant, servir de modèle ou de référence. Ces deux directions de recherches sont indispensables et efficaces. Cependant, il suffit d'observer un habitat traditionnel bien adapté à son climat pour constater que ses qualités thermiques n'y sont jamais dissociables d'un grand nombre d'autres qualités dont l'analyse relève de disciplines

différentes. L'adaptation au climat n'est pas seulement technique, elle est aussi sociale, elle contribue à modeler certaines pratiques dans l'espace, pratiques qui, à leur tour, qualifient cet espace concurremment à d'autres déterminants qu'il importe de connaître. On assiste ainsi à la formation de "types" dont les traits distinctifs sont reproductibles et qui sont, en fait, des structures de correspondances entre des dispositions spatiales, des modes d'effectuation des pratiques sociales et des techniques constructives disponibles et compatibles à un moment donné.

Analyser un habitat traditionnel du seul point de vue thermique, est donc nécessaire mais insuffisant, non seulement parce qu'on ne rendrait pas compte de l'ensemble de l'objet analysé mais bien plus, parce qu'on ne pourrait pas comprendre les raisons qui ont déterminé l'existence du dispositif thermique considéré. De façon analogue, un projet d'architecture "bioclimatique" "passif" doit intégrer dans une conception spatiale globale l'ensemble des données thermiques, économiques, techniques, sociales et architecturales. L'optimisation de ces données se pose alors en terme de compatibilité et d'équilibre à l'intérieur d'une forme spatiale cohérente plutôt qu'en terme de rendement énergétique maximal. L'économie du projet réside dans la meilleure utilisation possible, à tous points de vue, des espaces ou des objets construits.

Notre recherche est donc par nature pluridisciplinaire et tend au fur et à mesure de son avancement à restreindre l'objet analysé à cet équilibre possible dont nous parlions. Ainsi, l'analyse sociologique d'une réalisation nous a conduit à éliminer les "passages couverts" et, en général, les espaces à caractère public pour recentrer l'étude sur les espaces collectifs ; ces deux statuts impliquent en plus des pratiques, des règlements, du fonctionnement et de la formalisation architecturale des caractéristiques très différentes.

De même, les calculs effectués à l'aide d'un premier modèle de simulation thermique nous ont conduit à éliminer certaines dispositions peu avantageuses et à proposer un mode de récupération de la chaleur produite par la serre. Ainsi, nous concluons à la nécessité de maintenir une isolation entre les logements et la "rue couverte" et on utilise l'air réchauffé de la rue comme air de renouvellement des logements. Néanmoins, le modèle de calcul garde sa généralité et permet d'étudier d'autres dispositifs.

La recherche a aussi montré qu'il était nécessaire de faire appel à d'autres disciplines. Les interviews faites à Saulx-les-Chartreux révèlent en effet que ce type d'espace dépourvu de "bruit de fond" naturel ou produit par l'environnement urbain, met en relief les bruits produits occasionnellement : jeux d'enfants, bruits de pas, etc... au point de les rendre gênants et donc de diminuer les pratiques possibles du lieu. Une recherche complémentaire a donc été entreprise par le C.S.T.B. sous la direction de M. RAPIN et avec l'aide du Ministère de l'Urbanisme et du Logement, sur le cas d'un projet expérimental afin d'évaluer les mesures à prendre (isolation, absorption, diffusion, création d'un environnement sonore) pour améliorer l'acoustique d'un tel espace.

Ce recentrement de l'objet étudié se manifeste plus particulièrement dans le projet expérimental en cours de réalisation à Saint-Etienne que nous présentons dans cette communication et qui est, pour nous, une des synthèses possibles des préoccupations de la recherche. Il reste que pour cerner cet objet, nous avons dû explorer un champ plus large.

Le modèle de calcul mis au point et vérifié expérimentalement par des campagnes de mesures effectuées à Saulx-les-Chartreux est applicable d'une façon générale à la thermique des grandes serres et étudie d'une façon générale la notion de confort des personnes pratiquant un tel lieu, ainsi que les échanges thermiques avec tous locaux avoisinants.

On trouvera un complément d'information au plan théorique dans la thèse des Docteurs-Ingénieurs de Pascal CROZET et Eric HUTTER, "Etude du comportement thermique des galeries couvertes par simulation en régime varié avec prise en compte de la stratification de l'air", Paris VII, 1981.

L'étude sociologique menée par Ginette BATY, selon la méthode de l'interview non directif, à Saulx-les-Chartreux, souligne que la perception et la pratique de la galerie couverte sont relatives à un milieu urbain particulier, à un statut d'occupation (locataires H.L. M.) et qu'elles comportent des éléments d'appréciation parfois contradictoires : forte identification au lieu et approbation du principe, mais exigence plus grande quant au traitement de finition de l'espace collectif. Cette étude montre bien que ce qui est en cause profondément, c'est l'existence et l'usage d'un espace collectif non réduit à ses fonctions minimales de circulation.

La galerie couverte est perçue par les habitants de Saulx-les-Chartreux comme un espace collectif de distribution, privé. Un ensemble de qualités, tel que l'éclairage naturel, la dimension et la couverture, permet les déplacements d'autres appartements de l'extérieur et du parking plus agréables que dans les ensembles de logements traditionnels (couloirs étroits, ascenseurs, éclairage artificiel) ou que dans les ensembles de logements avec coursive (aucune isolation des intempéries concernant plus de la moitié de l'année).

Des critiques soulevées par les habitants après une pratique allant de 2 à 5 années de la galerie couverte, nous pouvons déjà dégager un ensemble de recommandations pour l'aménagement de cet espace nouveau, ni rue, ni entrée, plus privé que public et dont on ne peut accuser le concepteur de n'avoir pas su prévoir la volonté d'appropriation individuelle familiale et collective qui s'est exprimée dans les interviews.

La volonté d'une image accueillante, chaleureuse, que les habitants veulent trouver plus pour les autres (ceux qui viennent en visite) que pour eux-mêmes (qui profitent de tous les avantages matériels de la galerie) se dégage de la critique faite par la réduction de la galerie à un lieu monofonctionnalisé dans la distribution.

Nous pouvons donc déjà noter comme premières recommandations que les galeries couvertes ne doivent pas être seulement des lieux fonctionnels de distribution mais, par des éléments appropriés, permettre une identification collective des habitants qui s'exprimerait par une image accueillante donnée à ce lieu. Cette image, au dire même des habitants, pourrait s'obtenir en utilisant des matériaux naturels (le bois plutôt que le fer), des couleurs franches, complémentaires (plutôt que des teintes) et des éléments bancs, pour permettre des haltes aux personnes qui se rencontrent même si elles ne durent que peu de temps.

Cette image ne pourrait apparaître qu'à la condition que l'insonorisation de ce lieu soit bien faite avec les appartements, donc que les gens passant dans la galerie, ne se sentent pas contrôlés dans leurs paroles et dans leurs gestes, malgré eux, par le bruit que provoque leur déplacement, que ce lieu ait donc son identité, lieu symbolique du collectif de la résidence.

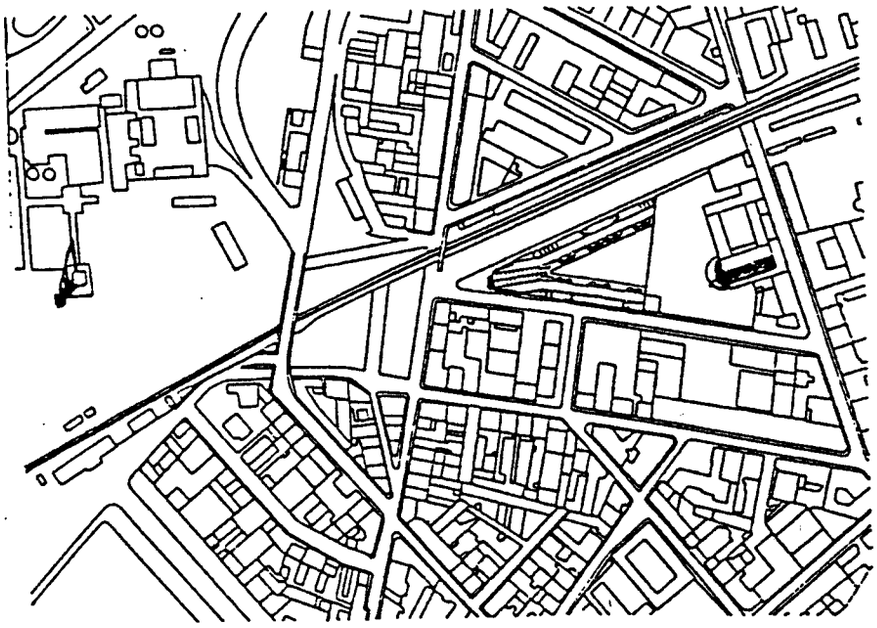
L'étude architecturale a donc consisté à faire une sorte d'archéologie de la notion d'espace collectif dans l'architecture du logement social depuis un siècle à travers les réalisations les plus caractéristiques de cette préoccupation. Le statut et la formalisation de ce type de lieu sont analysés par thème et l'étude se poursuit par un inventaire-bibliographie de toutes les réalisations comparables et disponibles en publication.

En commençant ce travail, nous avions l'ambition de faire un guide pratique simplifié à l'usage des concepteurs des galeries couvertes. Nous avons abandonné cet objectif.

Le modèle de calcul mis au point est assez lourd parce qu'il prend en compte le grand nombre de paramètres existant dans une réalisation aussi complexe. Il serait possible d'aboutir à des formes de calcul paramétrique simplifiées mais au prix d'un travail dépassant considérablement les possibilités de cette recherche. Cependant, les résultats de plusieurs tests et le projet expérimental fournissent de bons points de départ pour la conception d'une galerie couverte.

De même, il nous a paru préférable de ne pas réduire les études sociologiques et architecturales à quelques recettes. On voit, au contraire, que tout ici est relatif à une vision d'ensemble et à certaines situations particulières, le concepteur aura donc intérêt à tenter d'appréhender l'ensemble des problèmes soulevés par l'étude dans leur pluralité et dans leurs contradictions éventuelles. On peut d'ailleurs en déduire un grand nombre de solutions différentes.

Plutôt que de rechercher une impossible conclusion à cette recherche-rapport, nous avons proposé quatre projets parmi d'autres. Deux projets de Gennevilliers explorent deux types de rapport du logement social à un grand espace collectif vitré sans approfondir l'aspect thermique. Le projet de Vienne est un développement de celui de Saulx-les-Chartreux et reste depuis quelques années à l'état d'avant projet. Celui de St Etienne est en cours de réalisation, il a été conçu en appliquant les enseignements de la recherche et a donné lieu à des calculs prévisionnels. Nous présentons ici le seul bâtiment de Saint-Etienne.



Présentation du projet - 106 logements - Rue Etienne Dolet

Le théâtre urbain

Ce projet a pu être mené à bien grâce à la volonté municipale de réaliser des logements sociaux en centre-ville, en cédant le terrain à un prix compatible avec les financements disponibles, et les lourdes charges qui pèsent sur une construction urbaine : fondations spéciales permettant de construire sans talus à l'alignement des rues, nombre réglementaire de parkings devant être bâtis en sous-sol, difficulté de chantier.

Trop d'opérations de rénovation urbaine, sous des prétextes économiques et urbanistiques détruisent le tissu urbain sans égard pour sa morphologie, pour ses lieux constitués ou pour son caractère architectural donnent ainsi l'image de la rupture spatiale et de la ségrégation.

Une tendance inverse recherche "l'intégration" mot ambigu qui cache mal l'impossibilité réelle de faire passer une centaine de logements sociaux pour des constructions traditionnelles sur parcellaire. On oscille alors du faux anonymat de "l'architecture d'accompagnement" aux artifices souvent incongrus d'un pauvre décor replaqué : fausse diversité, fausses arcades, fausses lucarnes, fausse urbanité, qui caricaturent d'autant mieux l'histoire qu'ils l'ignorent, et qui ne trompent personne.

Nous pensons que le projet ne doit, ni ignorer la ville, ni la singer, mais la révéler à elle-même avec sympathie et distance. Le théâtre d'opération (terme militaire) qu'est la ville peut être alors le lieu d'une mise en scène, c'est-à-dire d'une mise en expression de l'espace urbain permettant à chaque acteur (édifices, lieux, objets) de dire son existence et son histoire.

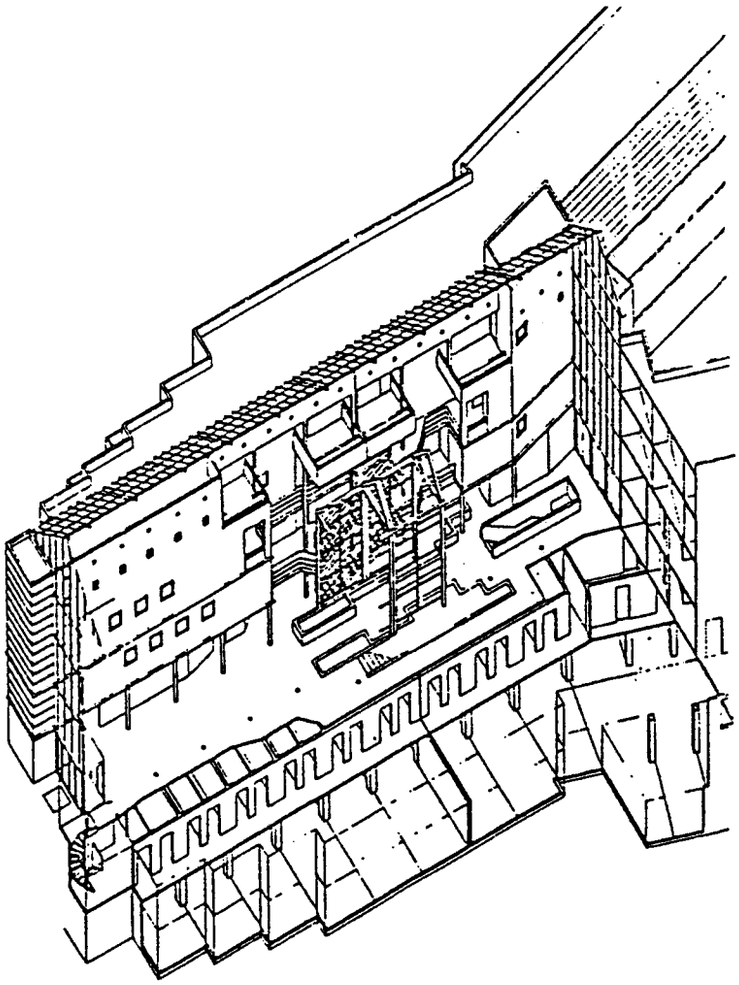
Peu de sites se prêtaient mieux à cette démarche que le terrain où nous devions construire. A l'Est, un quartier de centre ville, bâti au 19ème siècle, avec ses rues profondes et bien droites, avec ses façades austères presque répétitives en pierre grise ; un quartier d'ensemble bourgeois, lieux d'habitation ou de travail, quiétude provinciale et sévérité de cette cité vouée depuis toujours à l'industrie. A l'Ouest, au-delà d'une voie ferrée, une banlieue ouvrière, quelques vieilles maisons, des H.L.M.. Au Sud, dans l'axe de la bissectrice de notre terrain triangulaire, le chevalement du dernier des puits de mine stéphanois qui va devenir le Musée de la Mine, flanqué à droite d'un grand crassier et, à gauche, d'un vieux quartier de mineurs. Au Nord, à la base du triangle, le jardin d'un couvent transformé en hôpital, dont le chevet de l'église néo-gothique occupe précisément le centre, sur la bissectrice à l'opposé du chevalement de mine.

Lieu en limite, en articulation, où se regardent les symboles monumentaux et quotidiens d'une histoire de ville. C'est ce que le projet tente de mettre en évidence. Le centre du terrain triangulaire, libre de toute construction, sera un jardin prolongeant celui de l'ancien couvent. De part et d'autre, deux immeubles linéaires sont construits à l'alignement des deux rues bordant le terrain. Ils se rencontrent à la pointe d'une grande galerie vitrée orientée suivant la bissectrice de l'angle et l'on verra, dans l'axe, d'un côté le chevalement du puits de mine et, de l'autre, le chevet de l'église. La mise en scène de ces deux monuments est donc réalisée au premier degré , celle du quartier du 19ème siècle et de la banlieue l'est de façon plus indirecte à travers le thème de la "façade austère".

La fonction de circulation est évidemment primordiale mais elle ne doit pas en oblitérer tout autre usage. On a ainsi ménagé des espaces de transition entre le passage central et l'accès aux logements séparés par des bacs à fleurs et des grands treillages habillant les escaliers. De plus, les logements sont desservis par de petites coursives presque privatives et comportant des bacs à fleurs afin d'encourager l'appropriation et le marquage individuel de ces lieux de transition.

Nos deux immeubles sont des "barres modernes" par leur forme et leur rationalité constructives mais "urbaines" par leur position à l'alignement et par le caractère spécifique des deux façades qui opposent l'espace de la rue à celui du jardin.

On a cherché à donner aux logements une organisation et un aspect traditionnel, ils bénéficient pour la plupart d'une double orientation entre la rue et le jardin. Les espaces collectifs : paliers et escaliers sont éclairés naturellement.



Axonométrie intérieure

Le bâtiment de la pointe et la galerie couverte

On a vu plus haut la fonction urbaine de la galerie couverte. La galerie peut être utilisée comme entrée du jardin et donne à celui-ci une échappée nécessaire dans un angle assez aigu. Mais le bâtiment de pointe, traité de façon différente des autres bâtiments, constitue une expérience du double point de vue du traitement de l'espace collectif du logement social et du chauffage solaire passif de bâtiments collectifs d'habitation.

Notre ambition était de manifester la valeur de l'espace collectif du logement social en lui donnant une dimension, une qualité architecturale et une potentialité de pratique sociale. Cet espace collectif est, en effet, presque toujours laissé pour compte et réduit à sa fonction minimale d'accès au logement. Il est aussi, et ce n'est pas un hasard, mal vécu par les habitants, fréquemment détérioré.

L'étude sociologique menée dans un autre immeuble collectif comportant une galerie couverte à Saulx-les-Chartreux, a montré que ce dispositif était très apprécié par les habitants et qu'il provoquait de leur part une forte identification au groupe et un fort développement des activités associatives ou collectives qui ne se déroulent pas nécessairement dans la galerie elle-même. La galerie est ici liée aux quelques fonctions collectives usuelles : le jardin, la loge du concierge et le local collectif (L.C.R.) qui s'ouvre dedans.

Les logements ont tous une double orientation. On s'est interdit d'ouvrir des pièces principales (chambres et séjours) uniquement sur la galerie. Certains séjours s'éclairent à la fois sur la galerie et la plupart des cuisines, des salles de bains et des dégagements ont leur fenêtre sur cet espace collectif.

Les logements à rez de galerie et du premier étage sont des simplex, mais les deux derniers niveaux sont des duplex, leur accès est ainsi rapproché du sol et autorise des surchauffes plus importantes du haut de la galerie en été.

A l'exception de l'accès aux loggias-jardin d'hiver du dernier niveau, toutes les fenêtres donnant sur la galerie sont fixes, certaines pouvant être ouvertes occasionnellement pour l'entretien.

L'utilisation de l'air de la galerie pour ventiler les logements exclut en effet qu'on puisse ouvrir sur elle des fenêtres de cuisines ou de sanitaires, génératrices d'odeurs.

Le traitement de la galerie doit tenir compte de l'ambiguité du statut de cet espace à la fois intérieur (comme un hall) et extérieur (comme une cour). Sa grande dimension et un système d'ouverture pneumatique de ventilations hautes très importantes pour le confort d'été, permettent de le considérer comme un espace extérieur au regard des règlements des pompiers, le désenfumage étant largement assuré. De même, l'étude réalisée par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment a conclu qu'il suffisait de prévoir une isolation phonique des façades de 35 dB (A) aux bruits roses alors que cette isolation aurait dû être supérieure pour un couloir ou un hall d'entrée. Ces deux dérogations aux règlements usuels permettent de créer des fenêtres entre les logements et la galerie.

La conception thermique de cet espace doit viser deux objectifs parfois contradictoires :

- assurer un bon confort d'hiver et d'été à l'intérieur de la galerie,
- récupérer le maximum de chaleur au profit des logements (économies d'énergie)

La forme de la galerie a été conçue pour atteindre au mieux ces deux objectifs.

Le rapport entre la hauteur (15 m au faîtage) et la largeur (variant de 3,50 à 7 m environ) accentue le gradient de température qui est renforcé par le débord de la verrière au-dessus du toit terrasse (largeur de la verrière : 9 m). L'air en haut de la galerie aura donc une température maximale favorisant la récupération de chaleur en hiver mais ne provoquant pas de gêne en été car les huit derniers mètres sont inaccessibles aux personnes. En bas de la galerie, du fait de l'inertie thermique des murs et des dalles, la température est beaucoup plus stable, en saison de chauffe elle ne descend jamais en dessous de 0°C et reste supérieure de 5°C en moyenne à la température extérieure ; en été, du fait d'une ventilation naturelle importante, la température au niveau du piéton reste pratiquement égale à la température extérieure.

La récupération de chaleur a lieu par soufflage de l'air de la galerie pris en partie haute en hiver dans chaque pièce des logements, chaque moitié du bâtiment, de part et d'autre de la galerie, disposant de sa propre installation (1). En été, l'air est pris à l'extérieur, côté Nord et en partie basse afin, au contraire, de rafraichir les logements.

L'économie d'énergie calculée après bilan thermique est d'environ 20 % des charges de chauffage des logements. Cette économie est très honorable pour un dispositif de chauffage solaire dont le coût de fonctionnement et de maintenance est très réduit. Elle ne suffit cependant pas à amortir le coût de l'installation (verrière et soufflerie) qui doit être également considéré du point de vue des avantages qu'on en retire au niveau du confort d'accès aux logements, de la qualité de l'espace et d'autres usages sociaux de la galerie.

(1) Le règlement de ventilation prévoit le renouvellement horaire du volume d'air des pièces habitables ; d'autre part, le calcul montre que le renouvellement d'air de la galerie ne doit pas dépasser 1 volume/heure pour un bon rendement. On en conclut que le volume de la galerie doit être, comme dans ce projet, sensiblement égal à celui des pièces principales des logements ventilés.

Aspects climatiques et énergétiques sur des opérations de rénovation en milieu urbain à Marseille

A. Guyot

Groupe ABC - Marseille

Préambule

Le Bioclimatique dans l'habitat s'appuie sur l'idée de concevoir une architecture et un urbanisme qui tiennent compte des particularités d'un climat local.

Mais, que devient cette approche lorsqu'elle s'inscrit dans un cadre opérationnel plus difficile où les contraintes économiques et règlementaires forment une toile de fond rigide et complexe ?

Quel va être le comportement des maîtres d'ouvrages face à des options parfois contradictoires aux vues à court terme ?

Quel sera le degré d'efficacité des méthodes et des outils d'aide à la conception dans la pratique des architectes ?

Rappel de l'objet de l'étude

L'objet de l'étude est de procéder à l'observation précise et rigoureuse d'une démarche bioclimatique issue d'une démarche théorique confrontée à une opération concrète.

La mise en présence des méthodes et moyens élaborés par le Groupe interdisciplinaire ABC avec un processus de conception propre à des architectes dans le cadre d'une procédure classique doit permettre de dresser un bilan.

Dans une étude antérieure, nous avions posé quelques définitions :

Projet

"Représentation aussi fidèle que possible de l'objet architectural dans son aspect et sa constitution futurs par divers moyens (dessins, textes, maquettes, calculs...)"

Processus conceptuel

"Suite d'actions mentales dont le but est l'élaboration du projet".

Nous constatons, en outre, que :

"Le processus conceptuel est lié à la procédure de production du domaine bâti" et nous avions caractérisé le processus par rapport à la procédure en relevant que : "Le processus conceptuel est itératif, tandis que la procédure de production (du projet notamment) est linéaire..."

Ces mécanismes font appel à des systèmes de représentation nécessaires à la définition du projet. Une démarche incluant la dimension climatique n'échappe pas à ce développement.

vis-à-vis de la procédure :

Il s'agit donc de déceler les choix qui seront de caractère irréversible, d'évaluer la part déterminante ou simplement modifiante dans la mise en forme du projet.

Ainsi, un bâtiment plongé dans l'ombre permanente en hiver par la présence de bâtiments voisins présente une situation irréversible dans l'objectif de capter le soleil d'hiver. Il est donc indispensable, avant le dépôt du plan de masse, de modifier l'implantation ou la hauteur des constructions si l'on veut sauvegarder cet objectif. Dans le cas contraire, prenons un bâtiment bien ensoleillé l'hiver et trop ensoleillé l'été : le dépôt du plan de masse peut être adopté. Quant au traitement des protections solaires sur certaines façades, il pourra être effectué ultérieurement dans le projet.

vis-à-vis du processus de conception :

Les systèmes de représentation se trouvent directement impliqués : il s'agit de les situer à l'intérieur de ce mécanisme.

- identification du problème posé ;
- Définition de son activité
- Recherche du système de représentation approprié
- Simulation du phénomène en fonction de l'objectif défini
- Choix entre plusieurs solutions.

Par exemple, assurer la protection du soleil d'été dans les logements consiste à repérer les façades nécessitant cette protection dans un premier temps.

A ce stade de développement, plusieurs systèmes de représentation peuvent répondre à cette tâche (simulation du soleil sur une maquette, outils graphiques...).

Le choix du système dépendra, dans le cas présent, de l'existence ou non d'une maquette, de la possibilité de simuler la course du soleil, donc de la facilité et de la rapidité (au temps réel) d'obtenir l'information. D'autres facteurs peuvent intervenir sur l'opportunité d'utiliser un système plutôt qu'un autre, notamment l'ordre de grandeur du résultat cherché : faut-il pousser l'information jusqu'aux calculs fins des apports énergétiques ? Car un diagramme peut exprimer en première approche la valeur relative des apports solaires, et de ce fait, indiquer les façades à protéger.

Si l'environnement est complexe, une simulation sur maquette peut alors sélectionner les étages concernés sur les façades correspondantes.

Les outils d'aide à la conception

Mise en place d'un fichier

Le bioclimatisme dans la création architecturale fait appel aux données du milieu climatique et physique. On sait que ces paramètres varient de façon sensible d'un lieu à un autre (situation géographique, effets de site, topographie, conditions locales d'ensoleillement, de vent, d'humidité, etc...).

Par ailleurs, le projet d'architecture bioclimatique est le résultat d'une succession de choix qui accompagne chaque étape de son élaboration (localisation sur le terrain, répartition des masses construites, implantation des bâtiments, organisation interne des logements, traitement et constitution des enveloppes...).

De ce fait, le modèle architectural dit "bioclimatique" voit son existence compromise en tant que modèle universel, car il est par définition dépendant du milieu où il est conçu (sans parler du cadre règlementaire et économique qui régit tout projet).

Il est donc nécessaire de disposer de méthodes d'approches et d'outils d'aide à la conception pour permettre à l'architecte de vérifier par simulation la conformité de son dessin avec les exigences du programme et les qualités spécifiques du site. c'est par l'intermédiaire de ces outils que peuvent être opérés des choix s'appuyant sur des données objectives.

Les recherches du Groupe ABC ont fait l'objet d'une préoccupation constante dans ce sens. Peu à peu une panoplie d'outils a été constituée.

Présentation des fiches

Afin de mettre ces outils en situation, un premier travail consiste à en faire l'inventaire.

L'un des moyens d'y parvenir est la constitution d'un fichier. Chaque outil sera donc répertorié sur une fiche signalétique comportant deux volets.

TITRE : Diagramme de transmission des masques proches

RESULTATS : Déterminer les transmissions du rayonnement solaire par des obstacles proches pour une surface de réception (et non pour un point).

DESCRIPTION :

TERRAIN

CALCUL

GRAPHE

MAQUETTE

AUTRES

La méthode consiste à établir en plan et/ou en coupe la valeur des angles d'incidence horizontaux et/ou verticaux correspondant à des domaines de transmission du rayonnement solaire.

On construit ainsi sur le support choisi (polaire ou cylindrique) les domaines d'isopourcentage de transmission du masque étudié.

MODE D'UTILISATION : Ce diagramme s'utilise avec :

1) le diagramme solaire énergétique
2) le diagramme solaire et l'indicatrice d'irradiation.
3) le profil des masques lointains s'ils existent

REFERENCES :
. OLGYAY - en représentation polaire
. Groupe ABC - en représentation cylindrique

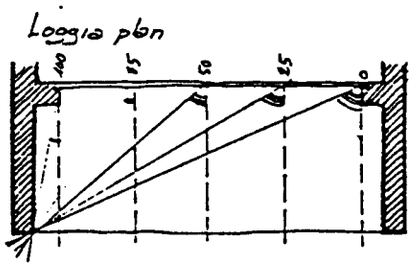
NIVEAUX D'INTERVENTION : . Conception et vérification d'ouvrage

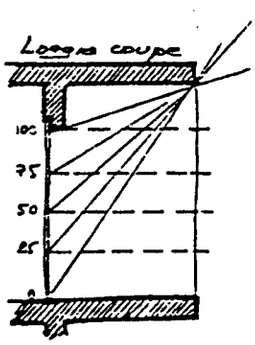
. Traitement des façades
- dimensions des baies
- dimensions des pare-soleil
- dimensions des loggias
- dimensions d'écrans à lames

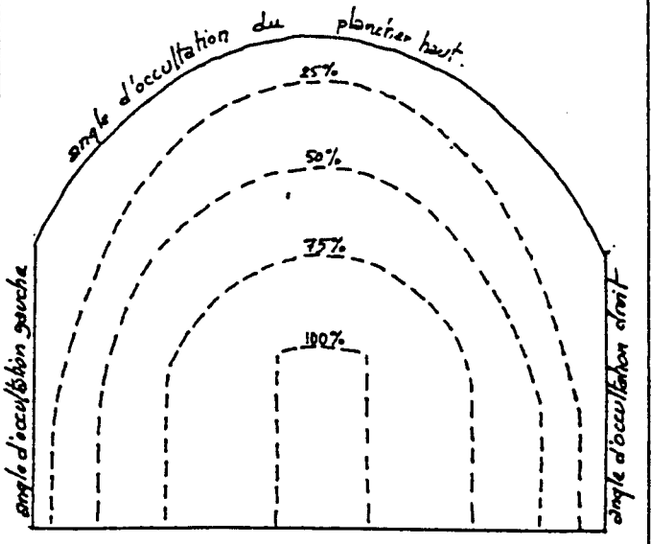
UTILISATEURS : - Architectes

OBSERVATIONS : - Cette méthode permet de représenter cas par cas les pourcentages de transmission

Un recueil concernant les cas les plus couramment rencontrés est en cours d'élaboration : cf : "Gisement solaire en Architecture".







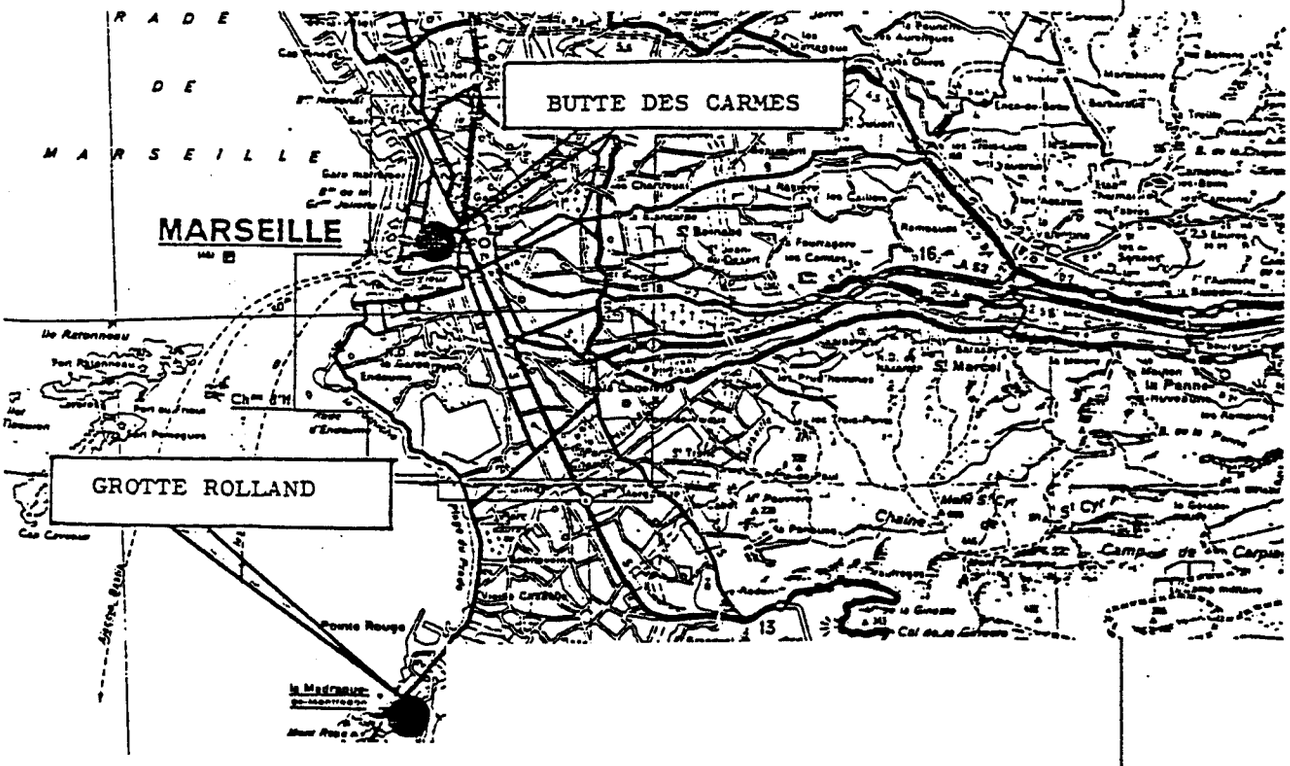
La programmation retenue sur la Butte des Carmes comprend des logements, des bureaux, des commerces et des équipements d'accompagnement (écoles, crèches, P.M.I.).

Le programme logements d'environ 37 000 m2 est reparti sur les ilôts Carmelins, Icardins, Roquebarbe, Echelle et hugolins.

Les 11000 m2 de bureaux sont regroupés sur l'ilôt des carmes.

Les 2700 m2 de commerces sont localisés sur les ilôts Echelle et Hugolins.

Quant aux 800 places de parkings souterrains, elles sont réparties sur l'ensemble des ilôts.



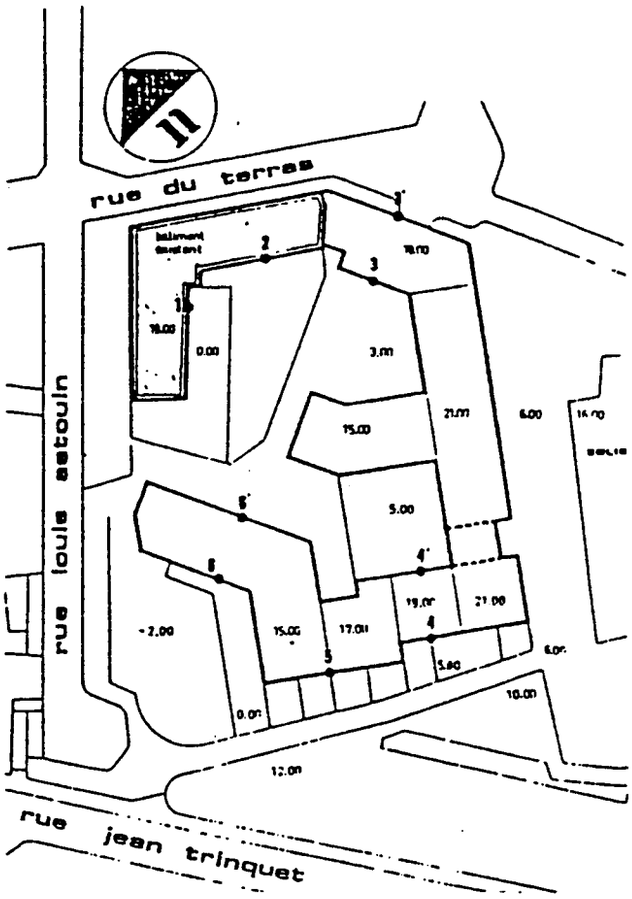
La Butte des Carmes

Tout d'abord, il existe 270 logements répartis en 7 bâtiments (A.B.C.D.E. F.G.).

Il est prévu dans le cadre d'une restructuration des espaces une densification par l'implantation d'une quarantaire de logements répartis en 7 blocs (I.J.K.L.M.N.), soit une augmentation de 15 % de la population existante. Ces nouveaux logements sont inclus dans le périmètre existant. Des équipements d'animation sont également prévus (commerce, permanence sociale...).

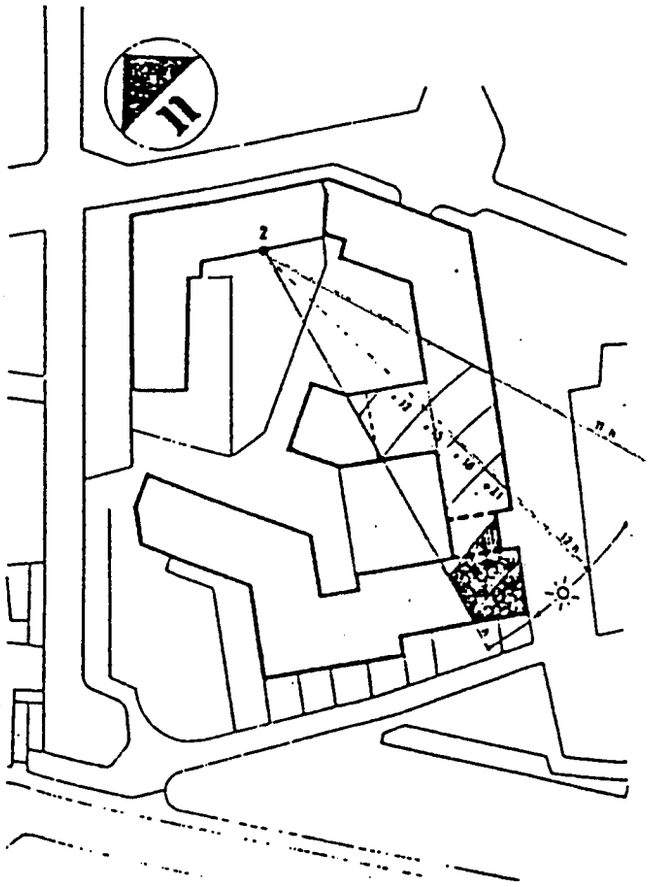
L'opération est orientée dans un souci d'intégration des populations déjà en place avec l'apport des logements nouveaux d'une part, et dans une meilleure liaison de l'ensemble, d'autre part.

Projet



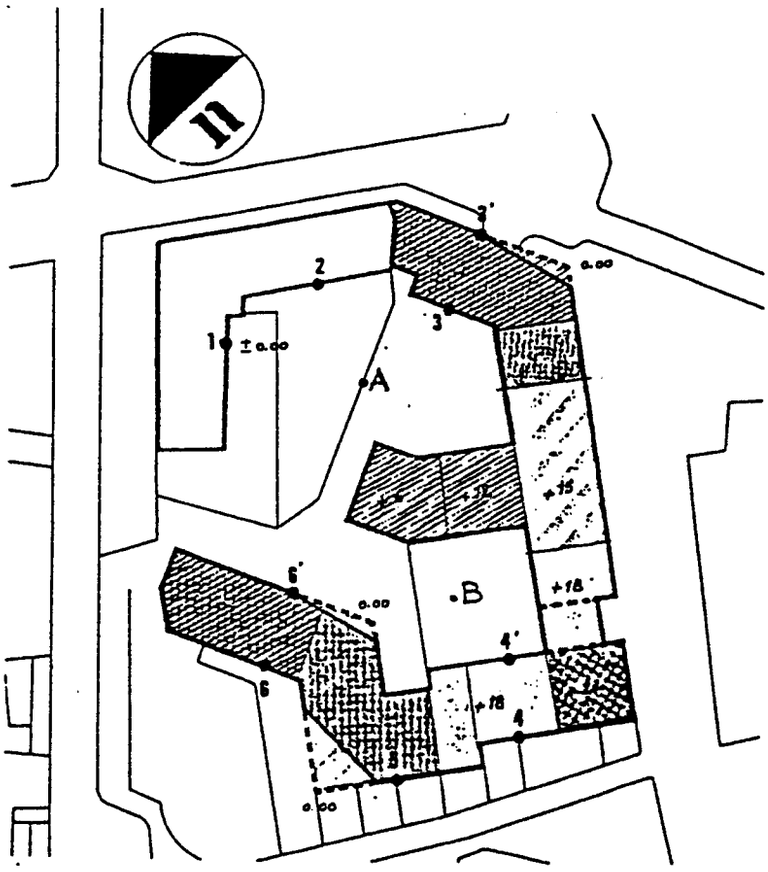
Graphe n° 2 :

choix des points de visée

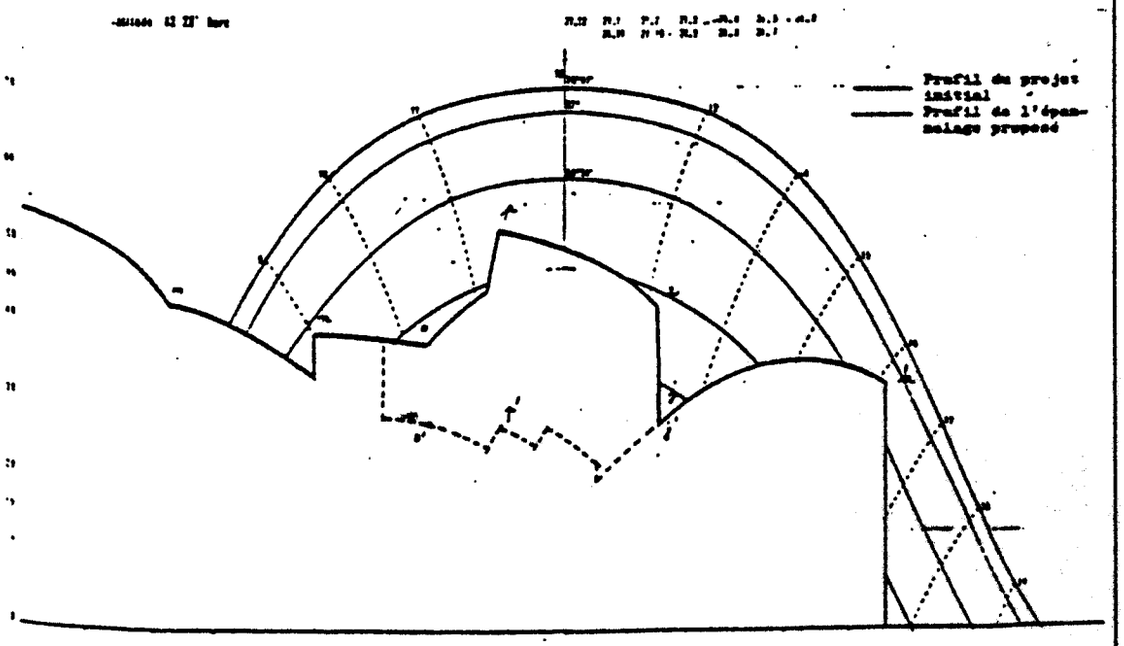


non altius tollendi depuis le point 2,

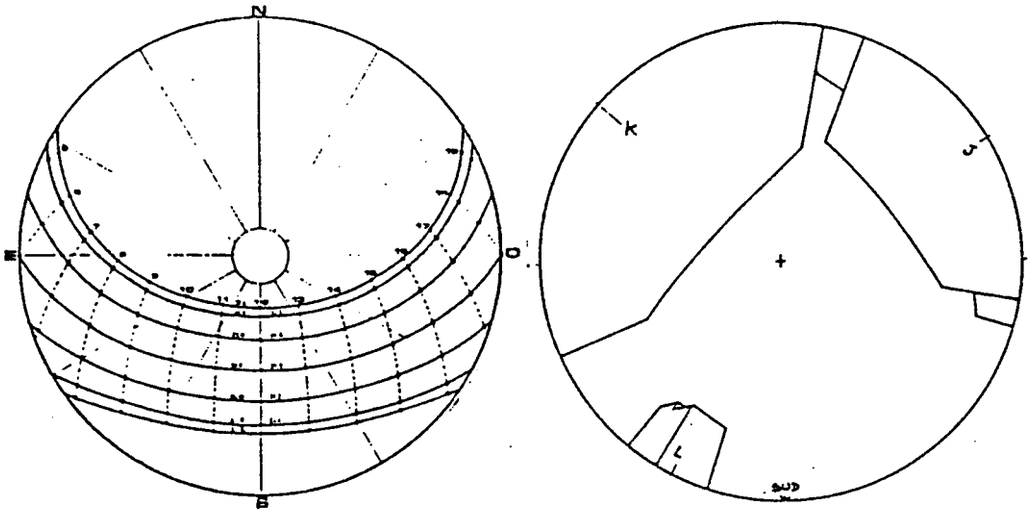
h max : 24m



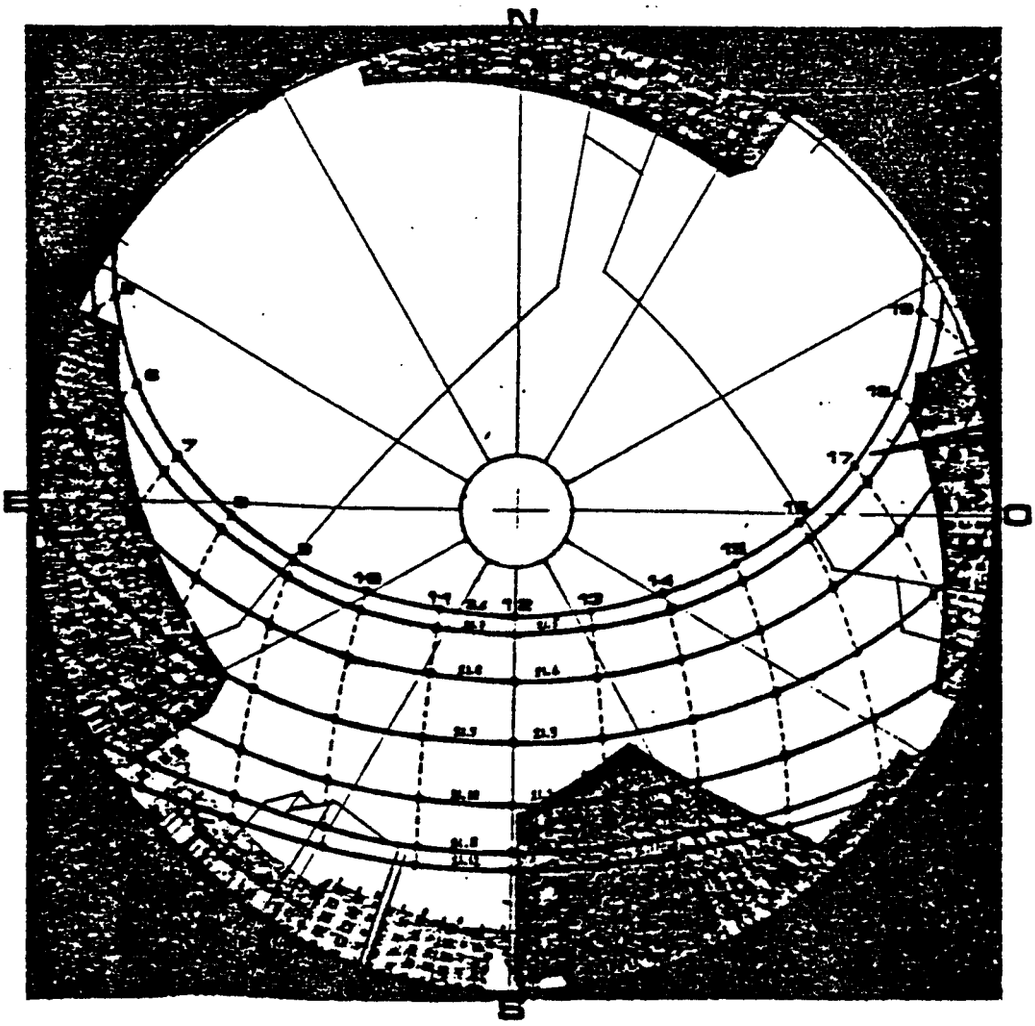
Graphe n° 5 : proposition d'épannelage garantissant le droit au soleil



Graphe n° 6 : analyse des espaces extérieurs

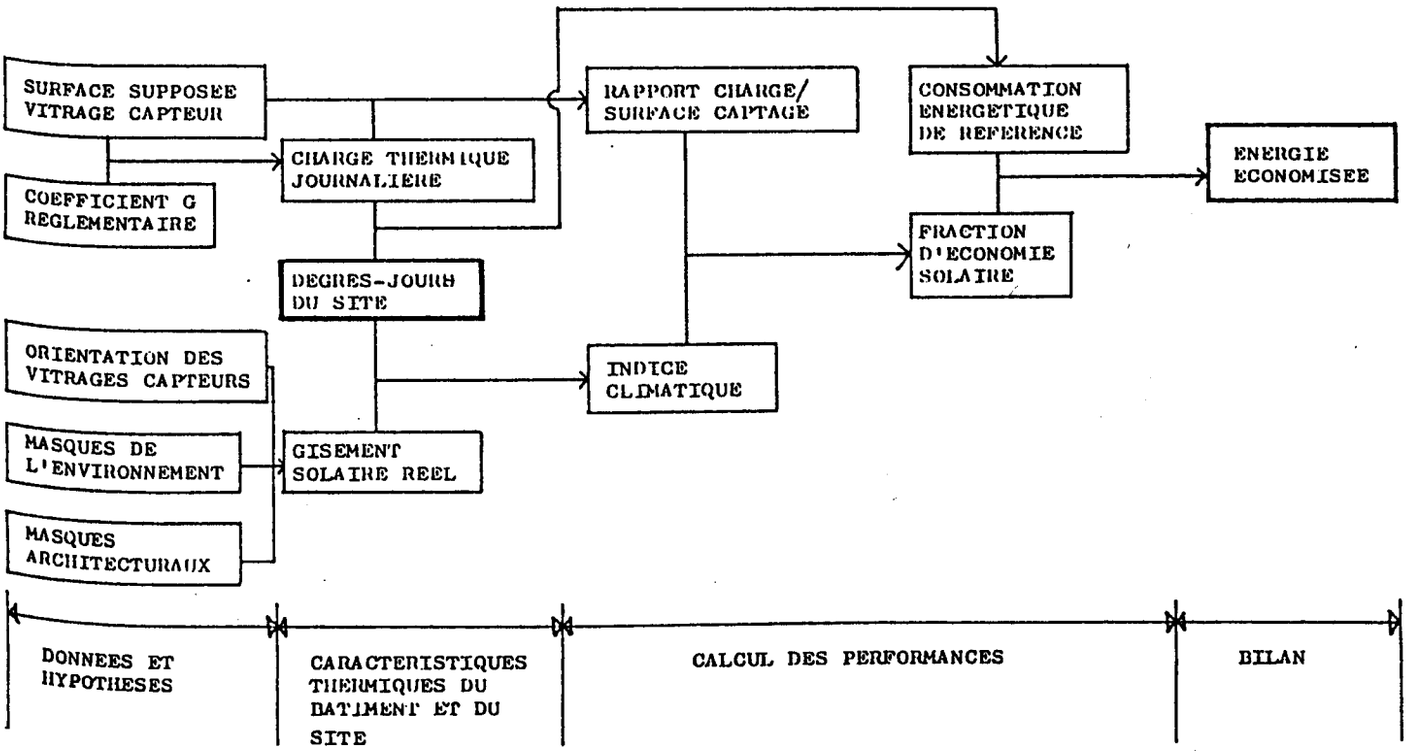


Données astronomiques + données du projet



- Axe central piéton, devant le bâtiment K

Bilan intégrant les masques proches



liste des logements "énergétivores" (C > 5 kWh/m³)

(les logements sont repérés par leurs numéros)

NIV 18,20 : Néant
NIV 20,90 : Néant
NIV 23,60 : 1 3 4 5 6 7
NIV 26,30 : 2 3 5 6 7 8 9
NIV 29,00 : 2 3 5 6 7 8 9
NIV 31,70 : 3 4 5 6 7 8 9
NIV 34,40 : 2 3 4 5 6
NIV 37,10 : 2 3 4 5
NIV 39,80 : 2

Légende des signes :

○ Insuffisance d'ouverture captante

□ Insuffisance d'isolation thermique des parois non captantes

△ Insuffisance d'éclairement incident (due aux masques environnants, aux automasques ou à l'orientation).

D'une façon générale, cette méthode, quoique simplificatrice, présente l'intérêt d'être à la fois quantitative et comparative, de plus les outils graphiques sont visuels et faciles d'accès. Le diagnostic établi pour chaque logement va, soit dans le sens d'une limitation de la charge thermique (renforcement de l'isolation), soit dans le sens d'une récupération des apports (optimisation des surfaces de captage).

Trois facteurs agissent directement sur le gisement solaire potentiel :

1. L'orientation

une façade Est reçoit environ 3 fois moins qu'une façade Sud.

2. L'impact des masques à l'environnement

ressenti surtout dans les niveaux inférieurs.

3. Les ombres portées dues aux automasques

balcons, loggias, décrochements...

Par ailleurs, la distribution en façade des logements (monoexposition, traversant...) conditionne la répartition des surfaces de captage.

Cet ensemble de points explique la diversité des résultats obtenus

De ce fait, il apparait clairement la nécessité de traiter cas par cas chaque logement.

Au terme de ces missions, on peut retenir les points suivants :

Les facteurs favorables

- Le niveau de réussite des missions dépend en partie de la motivation des architectes et des maîtres d'ouvrage qui ont bien voulu jouer le jeu, malgré les contraintes extérieures de diverses natures.
- Les informations issues de ces interventions ont été bien acceptées dans la mesure où elles apportent une argumentation objective pour la définition du projet.

. Les outils utilisés se sont avérés pertinents dans leur majorité et adaptés au développement particulier de chaque opération (exception faite pour l'ilôt de l'échelle).

. Le contexte urbain permet de cadrer plus rigoureusement le champ des investigations car les possibilités d'intervention sont plus restreintes.

Les facteurs défavorables

. Les procédures sont lourdes et le manque d'information constitue un frein au changement des habitudes.

. Les notions de rentabilité et d'économies à court terme semblent prédominer sur celles à moyen et long terme.

. La règlementation d'urbanisme en vigueur n'est pas adaptée aux besoins actuels de développement du bâti, et se trouve souvent en contradiction avec des objects intégrant la dimension climatique.

. Ce type de mission n'est pas explicité dans le cadre du décret pour l'ingéniérie, de ce fait, la préoccupation bioclimatique est prise en plus et non intégrée à part entière.

. La notion de droit au soleil existe mais reste dans une optique hygiéniste. Elle nécessite donc une révision de sa définition.

. Le système de production de certaines opérations dissocie la conception des bâtiments et celle des espaces extérieurs. De ce fait, il est pratiquement impossible d'agir simultanément sur la définition des espaces intérieurs et extérieurs dans une optique de conception globale, mettant en relation la notion de vivre dedans et dehors.

Confort thermique dans les espaces extérieurs

Ph. Duchêne-Marullaz

C.S.T.B. Nantes

1 - Introduction

Les espaces extérieurs jouent un rôle important dans la vie sociale et économique des cités modernes, comme le montre l'accroissement, par exemple, des galeries marchandes, des rues piétonnes ou des plaines de jeux. Il est bien évident qu'une mauvaise conception architecturale de ces espaces du point de vue climatique peut avoir des conséquences essentielles pour leur utilisation.

Jusqu'à présent, en dehors des nombreuses études sur la gêne due au vent, effectuées pour la plupart en soufflerie, il existe peu d'information quantitative sur la caractérisation globale du microclimat au voisinage d'ensembles bâtis. C'est pour cette raison que la Division Climatologie de l'Etablissement de Nantes du CSTB a entrepris cette étude sur le confort thermique dans les espaces extérieurs.

Dans un premier temps, il s'agit d'une approche expérimentale qui a pour objectif principal, de quantifier, dans quelques cas types, les éléments microclimatiques qui conditionnent l'aspect physique du confort thermique dans les espaces extérieurs.

Les résultats de cette étude doivent permettre, ultérieurement, de proposer aux architectes et aux urbanistes les premiers éléments de recommandations relatifs au confort thermique au voisinage des ensembles bâtis. Ils doivent également servir de validation à une modélisation des phénomènes.

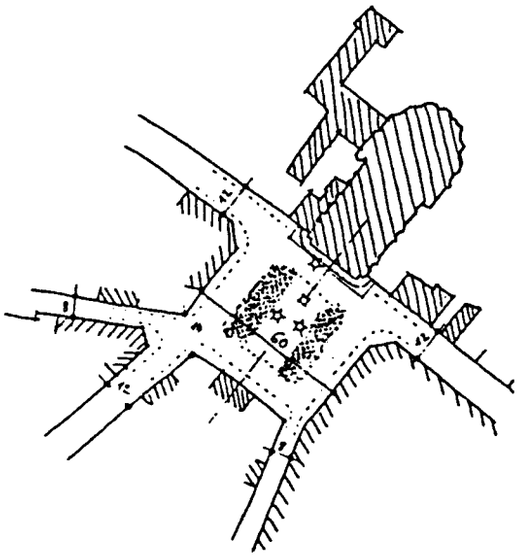
Nous exposerons ci-après le choix des espaces étudiés et la méthode expérimentale utilisée.

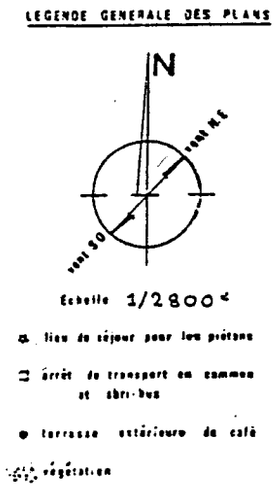
2 - Choix des espaces

Les espaces à étudier ont été déterminés à partir d'un inventaire d'espaces caractéristiques réalisé par le CERMA (Centre de Recherches Méthodologiques d' Architecture et d'Aménagement) à la demande de la Division Climatologie du CSTB.

La méthode mise en oeuvre par le CERMA a consisté en un recensement systématique sur la ville de Nantes, de lieux divers, repérés sur plan d'une manière empirique, essentiellement selon leur forme ; on a utilisé pour cela la couverture à l'échelle du 1/2000e de la Direction Générale de l'Urbanisme de la ville de Nantes. Après mise au point d'une grille d'analyse, il est apparu nécessaire de compléter l'information par une reconnaissance sur le terrain (modifications éventuelles, relevé de hauteurs, etc...) permettant par là-même d'éliminer certaines configurations. L'exploitation des données aboutit à l'élaboration d'une fiche particulière par espace, comprenant un plan schématique et un certain nombre d'informations sur les dimensions, l'aménagement, la nature des matériaux, la fonction et l'utilisation de l'espace (figure 1).

A partir de cet inventaire qui concerne 115 espaces, une sélection de 6 espaces a été effectuée en tenant compte principalement de la représentativité architecturale (type d'espace rencontré fréquemment) de la fonction (aire de jeu, place, square, rue piétonne) et de l'exposition au climat (soleil et vent). Les plans de ces 6 espaces sont indiqués sur les figures 2 à 7 (l'échelle et l'orientation sont identiques au plan de la figure 1). Trois de ces espaces sont situés en tissu ancien (un square, une place piétonne, une place en face d'une église) et les 3 autres à la périphérie de Nantes (un espace ouvert orienté au sud, un espace entouré d'immeubles et une petite place à l'intérieur d'un ensemble pavillonnaire).





Type d'espace et morphologie : Place carrée devant l'église St-Donatien axe de symétrie - façade NO et SE sans ordonnancement

Dimensions : - hauteur des bâtiments hétérogène : R + 1 à R + 3
- surface : 3 600 m2

Ouverture : - 4 rues
- Coefficient : 0,2
- Bâti discontinu

Aménagement : - 1 terre plein central avec deux rangées d'arbres de chaque côté délimitant une allée
- Bancs, une statue

Eléments naturels et matériaux : - façades pierre et enduit (gris clair à gris)
- sol voirie pavé
- sol terre-plein : sable et gravier
- végétation (arbres)

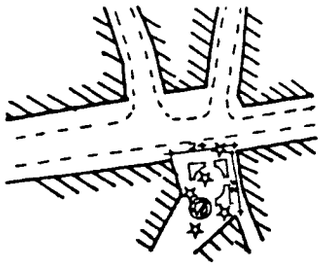
Circulation automobile : en périphérie de la place - peu dense

Stationnement : le long des trottoirs périphériques

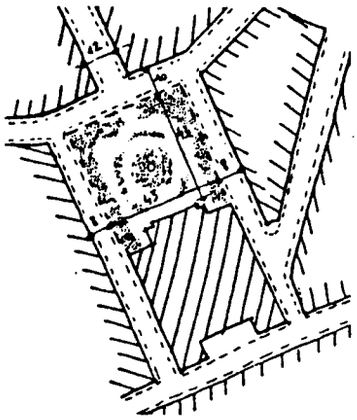
Fonctions : - habitat
- lieu de culte

Fréquentation des piétons : - passage
- séjour : . bancs sous les arbres
. marches de l'église

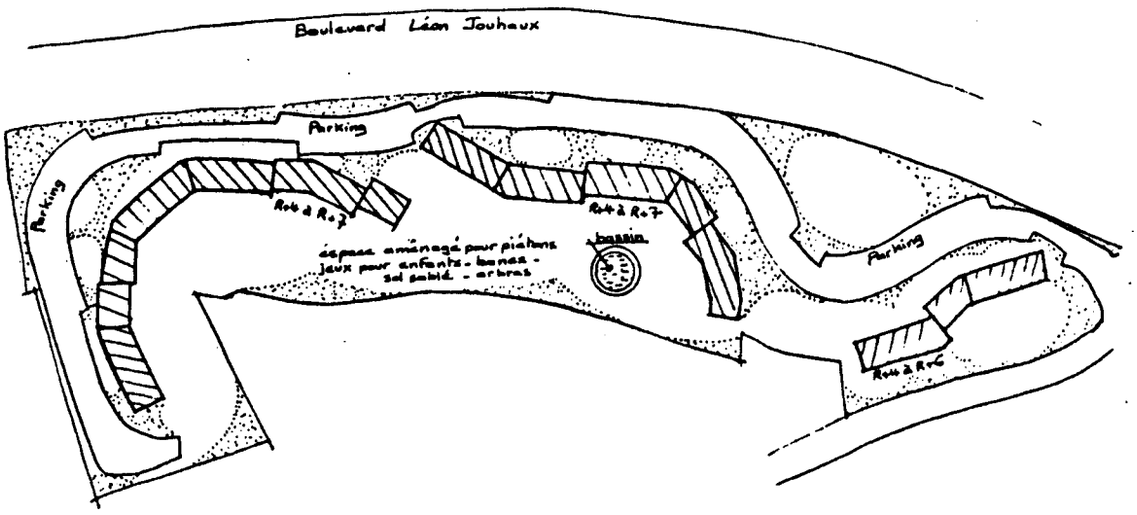
Exemple de fiche d'analyse pour la place des Enfants Nantais



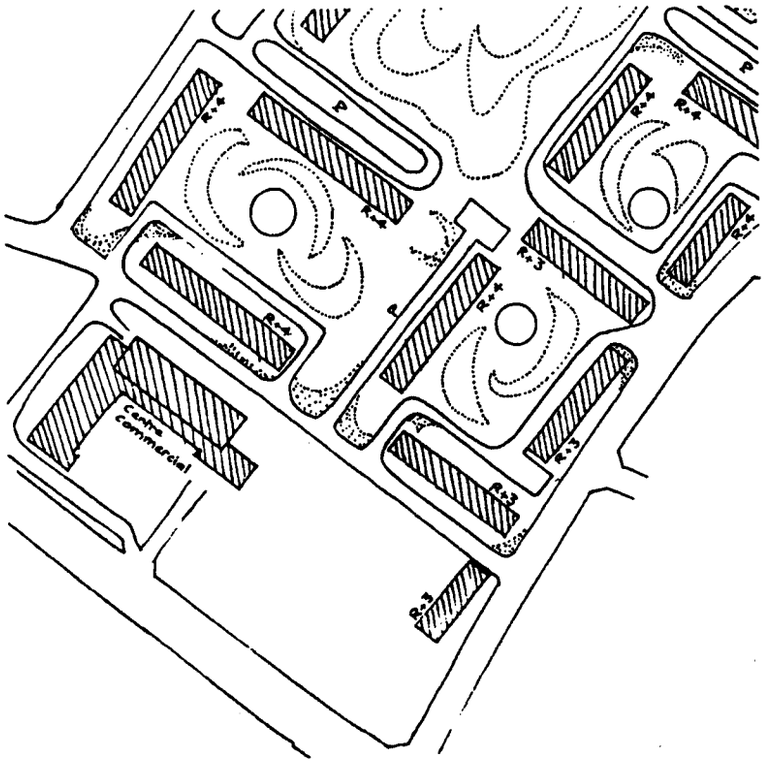
Place du bon Pasteur



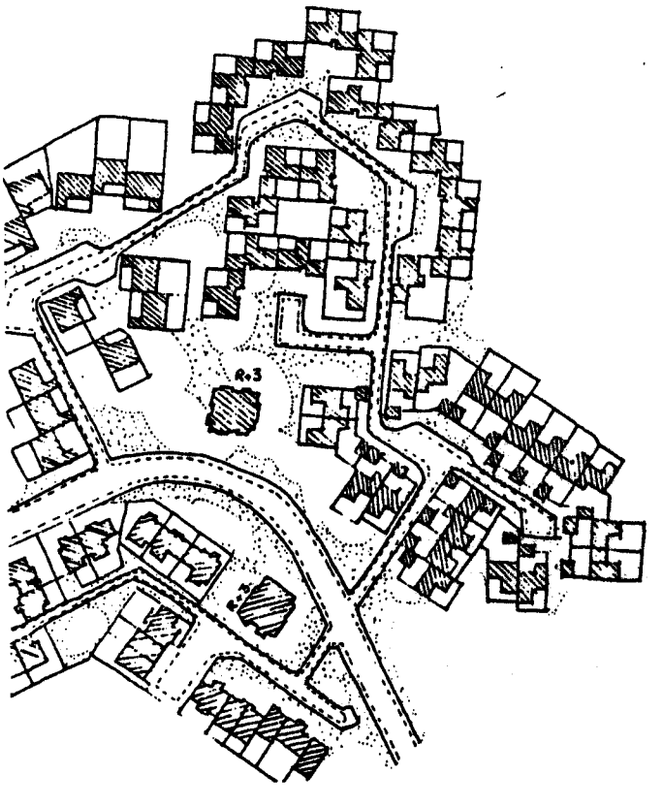
square Louis Bureau



La Croix Bonneau



Plaisance



Village-expo

3 - Expérimentation

L'aspect physique du confort thermique est décrit par les quatre paramètres principaux que sont les rayonnements solaire et infra-rouge, le vent, la température et l'humidité de l'air.

Dans le bilan des échanges énergétiques à l'interface individu-atmosphère, les rayonnements ont un rôle très important dans les apports d'énergie thermique sur l'individu et les pertes sont très influencées par le vent (convection). La température de l'air a également un rôle essentiel ; par contre, celui de l'humidité est beaucoup plus faible.

Le dispositif expérimental

- Une station de mesure mobile constituée par une remorque légère, des capteurs (vitesse et direction du vent, rayonnement solaire global, rayonnement infra-rouge, température et humidité de l'air, thermomètre d'ambiance type "globe") et un système d'acquisition de données piloté par un mini-calculateur.

- une station de référence sur le site, installée sur un trépied (température de l'air, rayonnement solaire global et température d'ambiance) et reliée à un système d'acquisition de données sur cassettes.

- une station de références située au CSTB, au nord-est de la ville de Nantes, où est mesuré l'ensemble des paramètres.

La méthode de mesures

La méthode de mesures consiste en une exploration de l'espace étudié à l'aide de la station mobile. En chaque point (4 à 5 points par espace), la durée des mesures est de 20 mn.

Les mesures sont effectuées pendant la journée dans les deux types de conditions météorologiques suivantes :

Ensoleillement maximum (ciel très dégagé) vent faible à modéré et température forte ou faible (été et hiver).

Les figures 8 et 9 montrent la station mobile installée sur 2 sites différents et la figure 10 la station de référence sur le site.

L'exploitation des données

L'exploitation des données recueillies au cours des campagnes de mesures est effectuée en partie en temps réel (moyenne, écart type, comptage) et en partie en temps différé par stockage sur un disque du calculateur du CSTB, ce qui permet le traitement simultané de l'ensemble des mesures.

4 - Conclusion

La campagne de mesures de la période estivale est actuellement commencée, elle sera complétée par une campagne hivernale fin 1982 - début 1983.

Les résultats obtenus, en particulier à l'aide du thermomètre d'ambiance qui intègre les phénomènes de rayonnement, de température et de convection de façon similaire à un individu debout et immobile dans un espace extérieur, doivent permettre de caractériser quantitativement les conditions de confort thermique au voisinage d'ensembles bâtis. Ces résultats pourront être disponibles au début de l'année 1983.

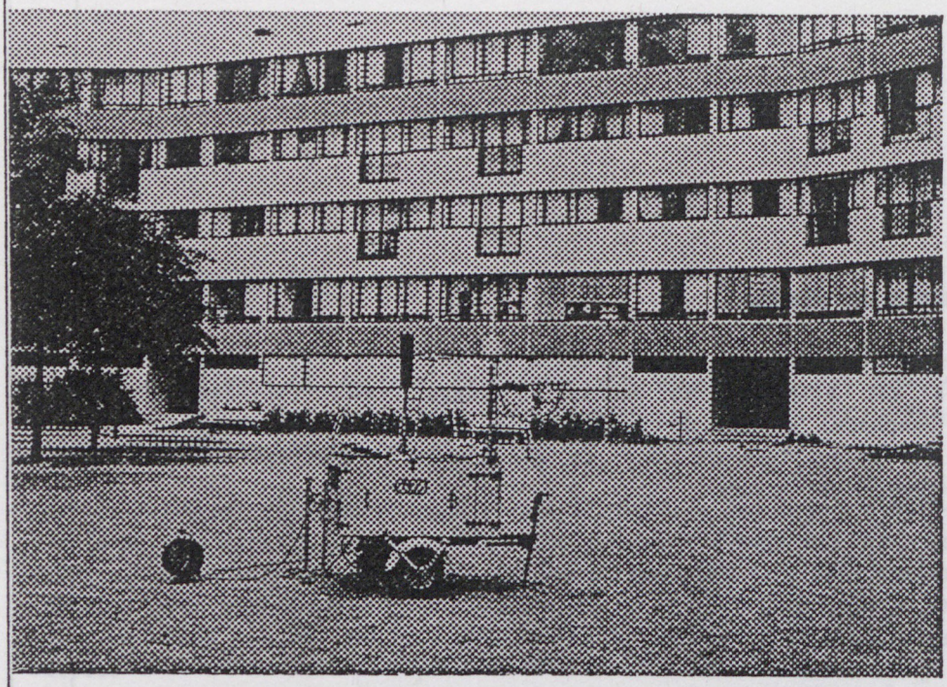


Figure 8 :

La station mobile à La Croix Bonneau

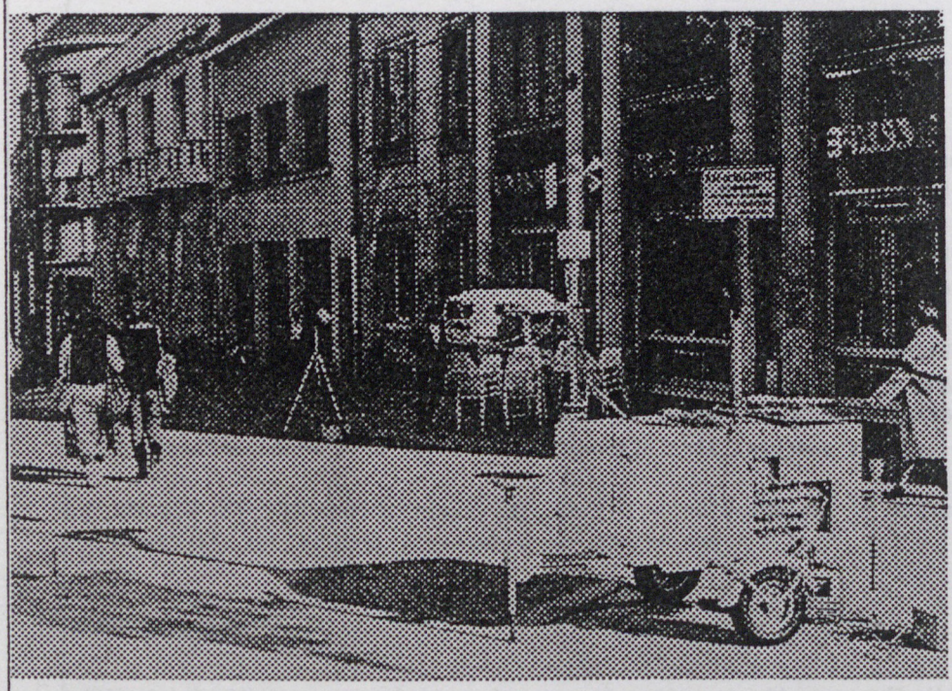


Figure 9 :

La station mobile dans une rue piétonne

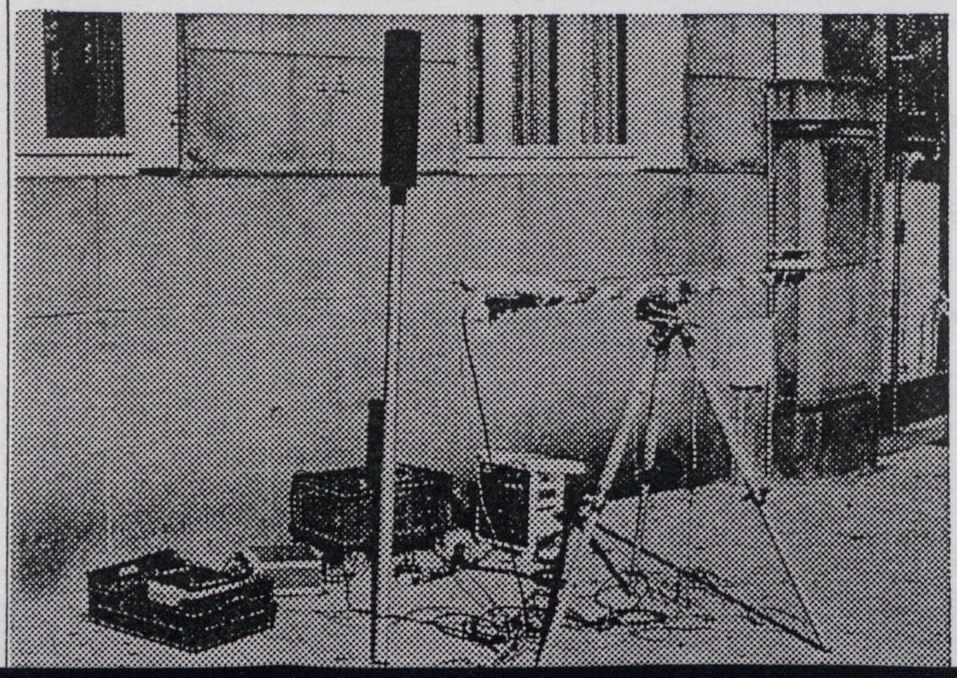


Figure 10 :

La station de référence sur le site

Bibliographie

CHOISNEL E. "Etude des échanges thermiques de l'homme en plein air. Application au cas d'un environnement froid". La météorologie, n° 5, Série VI, 1976, p. 85

CLARKE J.F. and BACH W. "Comparison of the comfort conditions in différent urban and suburban micro environments" Int. J. Biometeorol. Vol. 15, 1971, p. 41-54

DAVENPORT A.G. "An approch to human comfort criteria for environmental wind conditions" CIB/WMO Symposium "Teaching the Teachers", Stockholm, Sweden 1972

GANDEMER J. "Wind environment around buildings : aerodynamic concepts" Proceeding of the Fourth International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures, Heathrow 1975, Cambridge University Press 1977, p. 423-432

GANDEMER J. et GUYOT A. "Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti" Secrétariat Général du groupe Central des villes nouvelles, Paris, 1976

MORGAN D.L. and BASKET R.L. "Comfort of man in the city : an energy balance model of man environment coupling" Int. J. Biometeorol. Vol. 18 1974, p. 184-198

NOILHAN J. "Les facteurs physiques du microclimat au voisinage d'un bâtiment - Etude bibliographique" Rapport C.S.T.B., EN-CLI 79.R, Nantes 1979

PENICAUD H. "Microclimats urbains étudiés sous l'angle du confort à l'extérieur des bâtiments" Rapport Plan Construction RAUC Janvier 1978

TERJUNG W.H. and LOUIE S.F. "Potential solar radiation climates of man" Ann. Ass. Amer. Geogr., 61(3) 1971 p. 451-500

TULLER S.E. "The energy budget of man : variations with aspect in a downtown urban environment" Int. J. Biometeorol. Vol. 19 1975 p. 2-13

Apports énergétiques solaires, microclimats et configuration urbaine dans trois cités à Strasbourg

P. Miller-Chagas

U.P.A. - Strasbourg

Résumé

Recherche architecturale sur les relations entre les configurations de groupes de bâtiments urbains (des cités Rotterdam, Meinau et Zup de Hautepierre) et les paramètres climatiques et énergétiques des espaces extérieurs engendrés par ces groupes.

Deux questions sont à l'origine de ce travail. La première concerne l'utilisation des apports solaires dans l'habitat urbain et en particulier leur intégration dans le projet d'architecture : dans quelle mesure les valeurs des paramètres énergétiques observés dans la campagne proche (à la station météorologique locale) sont-elles transposables au cadre urbain ?

La deuxième question, dans le domaine de l'aménagement de l'espace, est celle de l'incidence de la configuration du milieu bâti sur la distribution des appports énergétiques et le microclimat des espaces extérieurs urbains, définis d'après leur affectation et leur usage.

Pour approcher ces problèmes, dans le cas de la ville de Strasbourg, nous avons entrepris, au cours de la période de janvier 1978 à juillet 1980, une recherche théorique accompagnée d'une expérimentation en situation réelle (1).

Cette recherche comprend :

1) définition des caractéristiques principales du climat urbain de Strasbourg et en particulier, des variations des apports solaires entre la ville et la campagne avoisinante ;

2) étude des relations espaces construits-espaces extérieurs dans des ensembles de bâtiments d'habitation construits dans la ville entre 1905 et 1978, et de l'incidence du climat sur ces rapports ;

3) expérimentation portant sur le climat et la distribution des apports solaires dans des espaces extérieurs des cités Rotterdam, Meinau et Zup de Hautepierre ;

4) conclusions : les résultats de l'expérimentation et les configurations des espaces étudiés.

Dans ce texte, nous aborderons plus particulièrement la partie expérimentale de la recherche (objectifs, méthode et résultats), ainsi que quelques éléments de l'étude typologique des espaces extérieurs qui permettent de caractériser les sites sur lesquels porte l'expérimentation.

1 - Climat, apports énergétiques et projet d'ensembles urbains

Au niveau du bâtiment, la recherche visant le contrôle des contraintes du milieu climatique au moyen des ressources de l'architecte connait actuellement un développement important, et peu à peu, une partie de l'acquis est transposé à la pratique des architectes. On peut s'étonner qu'il n'en soit pas de même au niveau de l'aménagement des espaces extérieurs urbains, où les paramètres climatiques et énergétiques restent la plupart du temps absents.

(1) MILLER-CHAGAS P. et PAUL P. - "Configurations urbaines : apports énergétiques et microclimats". Etude des espaces extérieurs de trois ensembles à Strasbourg. Strasbourg 1980. Rapport de synthèse du contrat de recherche Plan Construction - Arias.

Or, l'intégration des données climatiques et énergétiques à la conception de l'habitat urbain demande la connaissance préalable :

- du climat local et des modifications qui lui sont apportées par le milieu construit, de l'échelle de l'agglomération à celle du quartier, de l'ilôt urbain, de la rue et de l'environnement immédiat des édifices ;
- de l'incidence des paramètres architecturaux sur le contrôle des aspects qualitatifs et quantitatifs de ces phénomènes au niveau des espaces internes, externes et de transition des bâtiments.

Schématiquement, on peut considérer, qu'entre ces connaissances, les premières sont spécifiques à la climatologie et nécessaires pour que les secondes, propres à la recherche architecturale, puissent se développer.

La climatologie nous montre les mécanismes du phénomène "ilôt de chaleur urbain", en mettant en relation la ville, considérée comme un tout et la campagne environnante.

A l'échelle des groupes de bâtiments, les études les plus pertinentes du point de vue de l'application au projet urbain ont été consacrées au rapport entre la configuration du bâti et les phénomènes aérodynamiques du vent sur le piéton (1). Les résultats de ces recherches, basées sur la simulation en soufflerie, sont d'autant plus suffisants pour caractériser les conditions ambiantes extérieures, du point de vue de l'occupant, que le paramètre vent présente déjà à l'échelle locale des valeurs de vitesse élevée.

Par contre, on connait peu les relations entre la configuration du milieu bâti, le climat et la distribution des apports énergétiques dans les espaces extérieurs qu'il engendre. Le problème est évidemment complexe. En situation réelle, les modes de groupement des bâtiments ne se trouvent pas isolés d'autres caractéristiques, soit du site (topographie, végétation, nature de la surface du sol, proximité de plans ou de cours d'eau...), soit des bâtiments eux-mêmes (nature des surfaces, disposition par rapport au soleil et au vent...), ce qui tend à particulariser l'étude de ces espaces et peut-être pour cela cette échelle présente-t-elle moins d'intérêt pour des approches purement climatiques (2).

(1) En France, recherches effectuées par le CSTB (Centre Scientifique et Technique du bâtiment) de NANTES par l'équipe dirigée par GANDEMER en collaboration avec des architectes.

(2) Les études de climatologie sur les milieux extérieurs urbains sont peu fréquentes et ont principalement pour objet la description des variations d'un paramètre climatique à cette échelle (la température surtout). Malheureusement, une partie de ces travaux reste inopérante pour une application en architecture, par manque d'informations suffisantes caractérisant le milieu construit (hauteurs des bâtiments, caractéristiques des façades, etc...)

En situant notre étude à cette échelle, nous l'abordons du point de vue de l'architecte qui cherche à connaître d'une part, l'incidence du milieu bâti sur le climat des espaces extérieurs urbains, et, d'autre part, compte-tenu de leur destination, les moyens de contrôle de ses variables par l'aménagement de l'espace.

Le manque de connaissance systématisée reliant la configuration du bâti aux données du milieu ambiant à proximité des constructions (climat + énergie), est à la base des difficultés rencontrées pour passer directement à la recherche proprement architecturale. cela nous a ammené pour le cas de cette étude, à développer des aspects relevant de la climatologie, mais dont le traitement est orienté vers les applications en architecture et en urbanisme.

L'étude de la distribution des apports solaires en milieu urbain nous intéresse à deux niveaux :

- celui des espaces extérieurs, en vue de l'intégration des données énergétiques dans le projet urbain ;
- celui des gains énergétiques pour les bâtiments.

L'intégration des apports solaires à l'aménagement des espaces extérieurs peut être considérée sous des angles différents.

En premier lieu, celui de l'usage (lieux de séjour, de passage, de jeux, etc...), quand la disposition et l'affectation des espaces extérieurs peuvent tenir compte des apports souhaités et prévisibles selon la saison. Sous cet aspect, le rayonnement solaire est considéré plutôt en tant que facteur conditionnant le micro-climat. En second lieu, on peut aussi admettre l'hypothèse que des espaces extérieurs, d'après leur forme, leurs dimensions et leur exposition, puissent aussi jouer un rôle énergétique par rapport aux bâtiments qui les délimitent, en modulant leurs déperditions et leurs gains de chaleur.

A l'heure actuelle, l'utilisation de l'énergie solaire dans les bâtiments passe par le traitement des valeurs du rayonnement global reçu sur un plan horizontal et repéré dans les stations météorologiques locales, en données du rayonnement incident selon la position et l'orientation des parois. Les résultats obtenus restent directement transposables pour des conditions d'expositions similaires : sites dégagés avec les mêmes conditions atmosphériques. En milieu urbain, ces conditions ne se reproduisent pas car, d'une part, on peut supposer que l'effet de chaleur urbain et les pollutions réduisent le rayonnement incident ; d'autre part, l'albédo et l'effet de masque des obstacles environnants ont un rôle à jouer dans la distribution de ces apports.

La connaissance des variations des apports solaires entre la station météorologique locale, la ville et des ilôts urbains devrait favoriser une approche plus fine des gains solaires pour les bâtiments.

2 - Les sites d'études

Une première étude, théorique, a permis de définir des types d'espaces extérieurs caractéristiques dans la ville. Elle est basée sur l'analyse d'un répertoire de 77 ensembles de bâtiments d'habitation construits entre 1905 et 1978, parmi lesquels 23 sont situés en ville et 54 en banlieue proche. Ils comprennent chacun de 60 à 4000 logements environ.

Ce répertoire d'étude a été constitué d'après la définition suivante : "groupes de bâtiments de même destination ayant fait l'objet d'une même conception d'ensemble". Ce critère a été retenu, d'une part, afin de permettre d'établir des relations entre les choix adoptés dans l'implantation des ensembles de bâtiments et ses conséquences au niveau des espaces extérieurs ; d'autre part, en vue de l'approche de l'évolution du concept d'espace extérieur de bâtiments de même destination dans la ville.

Les types dégagés (non décrits ici) peuvent être classés à l'intérieur de trois périodes principales :

a) du début du siècle à la deuxième guerre mondiale (1905-1939) ;
b) la période de reconstruction (1945-1965) ;
c) l'après reconstruction jusqu'à nos jours.

Cette étude préliminaire nous a permis, à travers l'analyse du répertoire et du contexte générateur de ses formes, de définir l'échantillon des ensembles de bâtiments sur lesquels porte la partie expérimentale de la recherche.

Outre le caractère suffisamment représentatif des ensembles de bâtiments collectifs d'habitation à Strasbourg, nous avons retenu comme critère que cet échantillon doit répondre à un double intérêt :

- la diversité des morphologies, pour favoriser la mise en évidence des relations entre les configurations et la distribution des paramètres climatiques et énergétiques dans les espaces extérieurs ;
- la similitude d'éléments morphologiques à l'intérieur d'un ensemble et d'un ensemble à l'autre, ce qui permet de comparer les conditions climatiques de groupes de bâtiments de même configuration placés dans des sites différents.

Le choix a porté sur les ensembles de bâtiments suivants : Cité Rotterdam, Cité Meinau, Zup de Hautepierre, localisés respectivement à l'est, au sud et au nord-ouest du vieux centre.

Ces ensembles caractérisent chacun une période récente de l'histoire de l'urbanisation : Reconstruction, Grands Ensembles, Zup. Ils font partie d'opérations importantes qui modifient aussi bien le tissu urbain existant que l'évolution de la structure urbaine dans son ensemble (Zup de Hautepierre).

Les trois cas retenus constituent encore des exemples assez représentatifs d'étapes de la pratique des architectes en matière d'intégration des paramètres du milieu physique dans le projet d'ensembles de bâtiments urbains au cours de la période contemporaine.

1. La cité Rotterdam

(1951/53 : architecte E. BEAUDOIN)

La Cité Rotterdam est une opération expérimentale de 800 logements qui caractérise de façon exemplaire l'application de la politique de construction et des doctrines architecturales de son époque. Son projet est primé par un concours national promu par le Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme et se présente comme une réponse aux préoccupations majeures du courant fonctionnaliste.

Le projet est défini par son auteur comme une "ceinture de bâtiments autour d'un jardin public capable de s'intégrer aisément dans le système de parcs de la ville" (1). L'implantation des bâtiments au pourtour du terrain est justifiée par :

- l'ensoleillement des logements, dont les pièces principales sont orientées vers le sud, sauf dans un bâtiment où elles s'ouvrent à l'est ;
- la vue sur jardin ("l'ensoleillement et la vue pour tous les résidents dans cet ensemble sont ainsi assurés au mieux") ;
- la proximité des voies publiques ("cette disposition conduit à de sensibles économies dans l'aménagement du terrain car il y a peu de voies carrossables et de branchements de canalisations à réaliser") ;
- la protection contre les vents dominants (..."l'ensemble tournant le dos au nord-ouest pour s'abriter des vents dominants") (2)

Par contre, la relation de la cité avec le quartier à tissus pavillonnaires dans lequel elle s'insère ne retient pas l'attention du concepteur. Les bâtiments en bordure de rue apparaissent comme une barrière et portent ombre sur les espaces extérieurs à la parcelle, pendant que dans la parcelle les écartements entre bâtiments sont déterminés en fonction de l'ensoleillement des logements (ces distances coïncident exactement avec la longueur des ombres portées à midi le solstice d'hiver).

(1) E. BEAUDOIN - Texte de présentation du projet de la Cité Rotterdam Cahiers du CSTB n° 116, 1951.

(2) Les directions dominantes du vent sont SSW et SW à Strasbourg-ville et S et SSW à Entzheim (station météorologique locale).

Le programme du concours fixe des règles strictes pour la répartition et la surface de 7 types de logements. Dans le projet, l'architecte prend le parti de grouper un seul type de logement par bâtiment (les surfaces de chaque type varient entre 24,5 et 91 m2), ce qui va conditionner les différentes dimensions des barres.

Une voie publique suivant l'axe N-S (imposée par le programme) et servant de liaison entre les quartiers est et sud de la ville, divise le terrain : à l'ouest, une ceinture de bâtiments qui longent d'un côté les rues du quartier et qui s'ouvrent de l'autre vers les jardins intérieurs ; à l'est, le parc, avec en périphérie un groupe de bâtiments entourés de jardins (dont les jardins privés pour les logements situés au rez-de-chaussée destinés aux "familles nombreuses") et présentant une meilleure continuité par rapport aux tissus du quartier (sauf pour une barre de 9 niveaux).

Cette cité expérimentale va servir de référence aux grands ensembles qui se développent à partir de 1954 dans les quartiers suburbains avec des grandes opérations de plus de 1000 à 3000 logements (Cité de l'Ill, Neuhof, Hohberg, Meinau).

2. La cité Meinau

(1954 : architecte G. STOSKOPF)

Cette cité, située en banlieue sud, dans la deuxième zone de croissance de la ville, présente les caractéristiques générales des grands ensembles, avec cependant les particularités suivantes :

Plan masse structuré à partir de deux axes perpendiculaires de composition, d'une part, du NW au SE, l'avenue de Normandie ; d'autre part, la rue Schulmeister, qui s'étendant de SW à NE, limite la distribution spatiale des groupes de bâtiments selon le maître d'ouvrage : au sud, les bâtiments de l'OPHLM (1600 logements) au nord deux de la SIBAR (1400 logements) (1).

La cité occupe un terrain de 30 ha, duquel la surface bâtie ne réprésente que 11 % ; les espaces extérieurs comprennent voirie, parkings et espaces verts (58 % de la parcelle de l'OPHLM).

La logique de la composition s'explique clairement par des principes fonctionnalistes : ensoleillement, espaces aérés et verts (en réalité avec une dominante de pelouses et d'arbres d'alignement). Dans ce cas, les espaces extérieurs ne sont ni des lieux avec un rôle affirmé en soi, ni de simples espaces résiduels attenants au bâtiments. Cas exemplaire d'espaces "libres", ils trouvent leur sens en tant qu'élément de la composition de l'ensemble ; ce sont les creux de l'organisation volumique du plan masse.

(1) OPHLM : Office Public d'Habitations à Loyer Modéré de la Ville de Strasbourg - SIBAR : Société Immobilière Bas Rhin.

Pour l'orientation des logements, on peut distinguer l'adoption de critères cohérents en termes d'ensoleillement : la disposition des bâtiments d'habitation (barres de 4 et 6 niveaux, tours de 13 niveaux) selon les deux axes de base, permet d'obtenir pour tous les bâtiments des façades principales vers le sud (sud-est ou sud-ouest). Ces façades s'ouvrent vers les jardins pendant que les façades au nord, où sont placées les pièces secondaires, donnent sur rue ou parking et parfois encore sur des jardins.

Les deux axes structurant sont soulignés par les tours disposées aux extrêmes de l'avenue de Normandie et suivant une symétrie au long de la rue Schulmeister. Ce parti de la composition, nettement perçu à la lecture du plan masse, ne parait toutefois pas évident au niveau du piéton, qui se trouve plutôt désorienté par l'orthogonalité de la trame et les dimensions de l'ensemble.

3. La Z.U.P. de Hautepierre

(1967, plan masse : architecte P. VIVIEN)

En 1964 est créée, sur l'initiative de la municipalité, par décret ministériel, la Zup de Hautepierre dont la cause en est le besoin urgent de logements sociaux dans la ville. Les objectifs de la Zup étaient d'éviter les inconvénients des grands ensembles et de créer un cadre de vie nouveau et plus favorable aux habitants. Le projet définitif n'a été arrêté qu'en 1967 et la mise en chantier date de 1969. L'opération est située à l'ouest de l'agglomération, dans une zone préservée pour l'agriculture et couvre une superficie totale de 253 ha, dont 168 sont réservés à l'habitat (8000 logements prévus) et aux équipements publics et collectifs, 83 ha destinés à l'aménagement d'un parc de sport.

Le plan masse est défini par une trame en mailles hexagonales dans laquelle la circulation est caractérisée par :

- le réseau de circulation automobile à sens unique rejeté sur le pourtour des mailles,
- la dissociation des voies de circulation automobile des cheminements piétonniers,
- la desserte en périphérie des mailles (parkings souterrains ou découverts)

Caractéristiques morphologiques (espaces construits - espaces extérieurs) des mailles d'habitations actuelles

A l'opposé des grands ensembles, le parti général adopté fait ressortir la recherche de variété dès le niveau des formes d'espaces construits et d'espace libre, de l'aménagement des espaces extérieurs jusqu'au niveau des modèles d'appartements et même des alternances de coloration de façades.

A l'intérieur des mailles, les espaces construits se structurent en "ilôts", qui sont ici des groupements de bâtiments (ou blocs) suivant un assemblage continu (8 blocs en moyenne par ilôt).

La conception modulaire de deux blocs de base (un bloc tournant à quatre expositions et un bloc traversant à double exposition, avec des hauteurs variables) est à l'origine de la diversité des formes et volumes des "ilôts", les assemblages des blocs varient de l'alignement simple à la succession de décrochements. A chaque bloc de base est attribuée une série de types de bâtiments, selon les types d'appartements, l'élément commun étant que les blocs à double exposition présentent un passage sous immeuble au rez-de-chaussée et deux appartements à l'étage et les blocs à quatre expositions ont quatre appartements à l'étage courant. Les mêmes types de bâtiments peuvent être disposés selon des orientations différentes dans un ilôt ou d'un ilôt à l'autre des mailles ; cela rend l'étude de l'ensoleillement des logements extrêment complexe.

Les espaces extérieurs comprennent jardins, terrains de jeux, parkings et cheminements piétonniers qui lient les blocs d'habitation et les équipements.

D'après un texte où l'architecte du plan de masse expose les principes de la conception urbanistique de l'ensemble, les rapports entre les espaces construits et les espaces extérieurs se définissent par la recherche de continuité et de rythme (1). Les questions d'intégration au milieu physique (climatique, en particulier) ne semblent pas faire partie des critères retenus pour l'élaboration du plan de masse. Toutefois, l'analyse des plans fait ressortir différentes conséquences du parti général sur le milieu physique engendré, ainsi :

- celles du choix des axes d'implantation des ilôts sur l'ensoleillement des logements ;
- celles de la configuration des ilôts et du choix des hauteurs des bâtiments sur l'ensoleillement des espaces extérieurs ;
- celles de la configuration et de la disposition des îlots sur l'exposition des espaces extérieurs aux vents dominants ;
- celles des critères d'implantation des parkings découverts sur les rapports visuels entre logements et espaces extérieurs.

Dans la plupart des cas, les ilôts sont disposés suivant deux axes, NE-SW et NW-SE. Malgré la grande variété de modèles d'appartements, cette disposition a permis d'obtenir pour la majorité des logements HLM des orientations vers le sud (SW ou SE) au moins pour une partie des pièces (mais les blocs à 4 expositions peuvent présenter des

(1) P. VIVIEN - "L'avenir se prépare la veille", publication SERS, 1970

appartements avec des ouvertures uniquement au NE et/ou NW). Dans deux cas, l'axe d'implantation de l'ilôt suit la direction N-S (2) ; en conséquence, pour les blocs à quatre expositions, la proportion de logements ensoleillés uniquement en été est plus forte que dans le cas précédent.

Dans les premières mailles construites, la hauteur maximale des blocs est limitée à 8 niveaux et dans chaque ilôt, la hauteur des bâtiments décroît progressivement du nord au sud. Par la suite, l'augmentation des prix des terrains eut pour conséquence l'augmentation des densités (60 logements/ha prévus au départ) et se traduit par l'abandon des premiers critères adoptés pour la distribution en hauteur, avec, dans certaines mailles, tendance à l'égalisation du nombre de niveaux. Dans la maille Jacqueline, il y a introduction massive de nouveaux types de bâtiments (modèles "alpha") qui peuvent atteindre 11 niveaux, tout en étant placés au sud de bâtiments moins élevés.

Plus récemment, dans deux autres mailles, les bâtiments collectifs non construits (prévus dans le plan masse) sont remplacés par de l'habitat pavillonaire, actuellement en chantier.

A l'intérieur des mailles, la position des jardins, placés en général vers le sud des ilôts, permet de faire coïncider pour les pièces principales d'une partie des appartements, la vue sur jardin avec ensoleillement. En contrepartie, les critères adoptés pour l'implantation des parkings découverts (situation au pourtour des mailles et à proximité des ilôts) vont constituer une servitude du point de vue des rapports visuels logement/espace extérieur (souvent, la vue sur parking est soit la seule existante, soit celle qui correspond aux pièces les mieux ensoleillées).

Les formes semi-fermées de certains ilôts permettent d'avoir à l'intérieur, des espaces libres de formes variées, mais la disparité des rapports possibles entre ces espaces au sol et les logements apparaît évidente.

4. Caractéristiques générales des sites d'études (les groupes)

Chaque site d'étude a fait l'objet d'une étude détaillée qui a permis, d'après des critères de configurations (formes et dispositions) des bâtiments, d'affectations des espaces, de caractéristiques de surface (sols et façades) de sélectionner les espaces extérieurs les plus représentatifs. Ces espaces, que nous avons dénommés "groupes" ont été définis par les modes de groupement des bâtiments (sauf pour le jardin de grandes dimensions de la Cité Rotterdam et un terrain vague à Hautepierre).

(2) Un ilôt dans la maille Karine et un autre dans la maille Brigitte

a) Les groupes de la cité Rotterdam (surface de terrain : 10 ha)

- groupe A : espace entourant une barre de 13 niveaux, au SE un grand jardin, en contrebas, dégagé à l'est, fermé à l'ouest par une barre à 5 niveaux, au NW un espace résiduel extérieur à la Cité (fig. 1)

- Groupe B : jardins entre bâtiments parallèles de 5 et 2-3 niveaux avec des façades principales orientées au SSE ;
- Groupe C : espace type enserré entre une barre coudée de 220 mètres de long avec 8 niveaux et un bâtiment scolaire de 2 niveaux ;
- Groupe D : jardin de grandes dimensions (180 x 140 m)

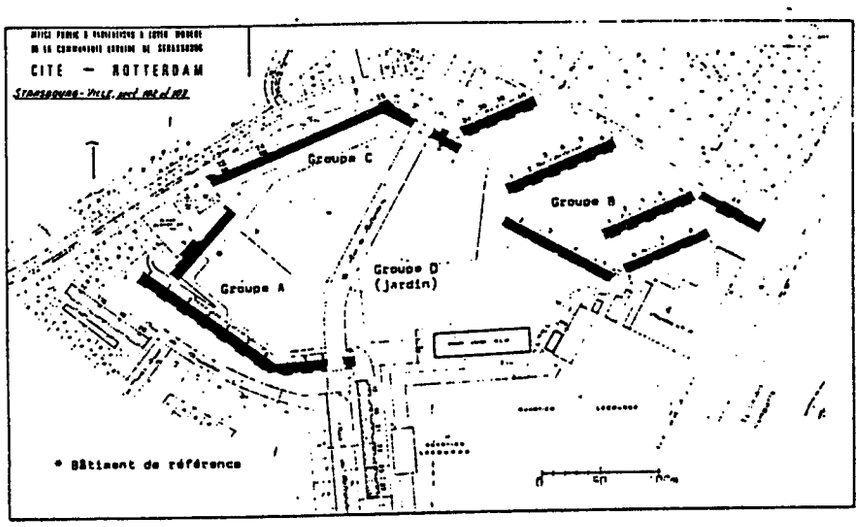


FIGURE 1 - Cité Rotterdam - Plan de situation des groupes A, B, C, D

b) les groupes à la cité de la Meinau (30 ha)

- Groupe A : pelouse entre barres parallèles de 4 niveaux écartées de 30 mètres, avec des façades principales au SE (fig. 2)
- Groupe B : même configuration que le groupe A mais avec des bâtiments présentant des façades principales vers le SW ;
- Groupe C : grand espace de forme rectangulaire (100 x 120 m), délimité par des bâtiments de 4 et 6 niveaux, coupé en diagonale par une artère, la rue de Provence, qui sépare au nord un jardin, au sud un parking ;

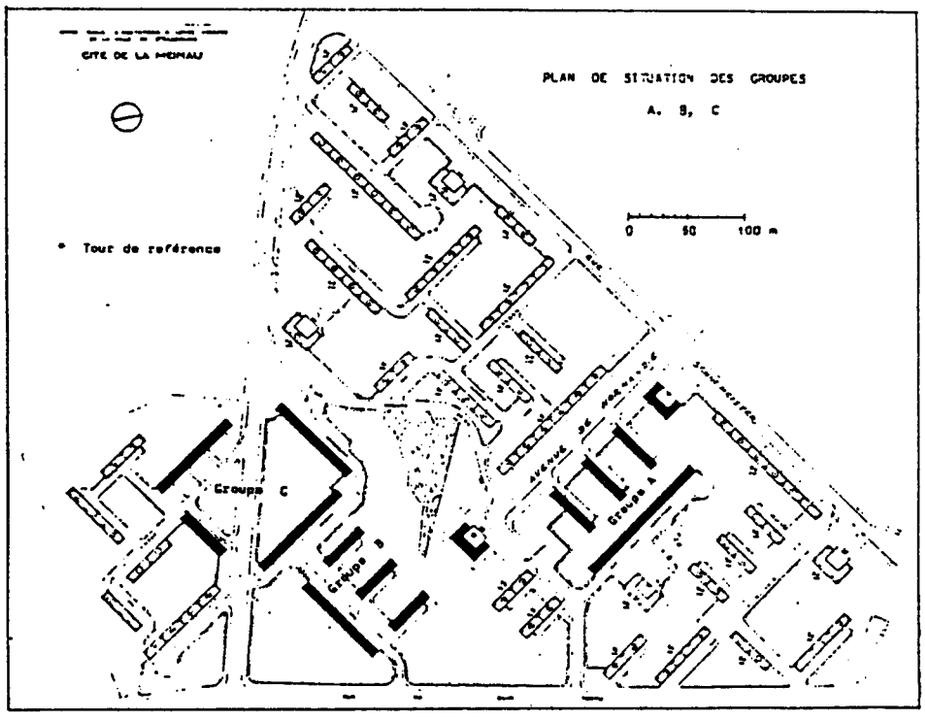


FIGURE 2 - Cité de la Meinau - Plan de situation des groupes A, B et C

c) Les groupes à Hautepierre (surface étudiée : 70 ha)

Espaces semi-fermés avec pelouses intérieures et parkings extérieurs :

- Groupe B : espace ouvert au SW, comprenant un ilôt de bâtiments de 5 à 9 niveaux (fig. 3)
- Groupe C : espace ouvert au sud, comprenant un ilôt de bâtiments de 5 à 8 niveaux ;
- Groupe D : espace ouvert au NW comprenant un ilôt de bâtiments de 5 à 8 niveaux ;

Espaces très découpés de type rue :

- Groupe A : espace extérieur suivant la direction N/S et encadré par deux ilôts de bâtiments de 5 à 9 niveaux ;
- Groupe G : espace comprenant 3 ilôts de bâtiments de 5 à 8 niveaux, entourés de parkings, avec des jardins au sud (fig. 4) ;
- Groupe H : espace comprenant 3 ilôts de bâtiments de 5 à 8 niveaux entourés de jardins ;

Espace de grandes dimensions :

- Groupe F : espace bordé par des bâtiments d'habitation de 5 à 10 niveaux entourant des bâtiments scolaires ;
- Groupe E : espace ouvert (terrain vague) à la proximité d'un ilôt de type barre, avec des bâtiments accolés de 7 à 9 niveaux ;

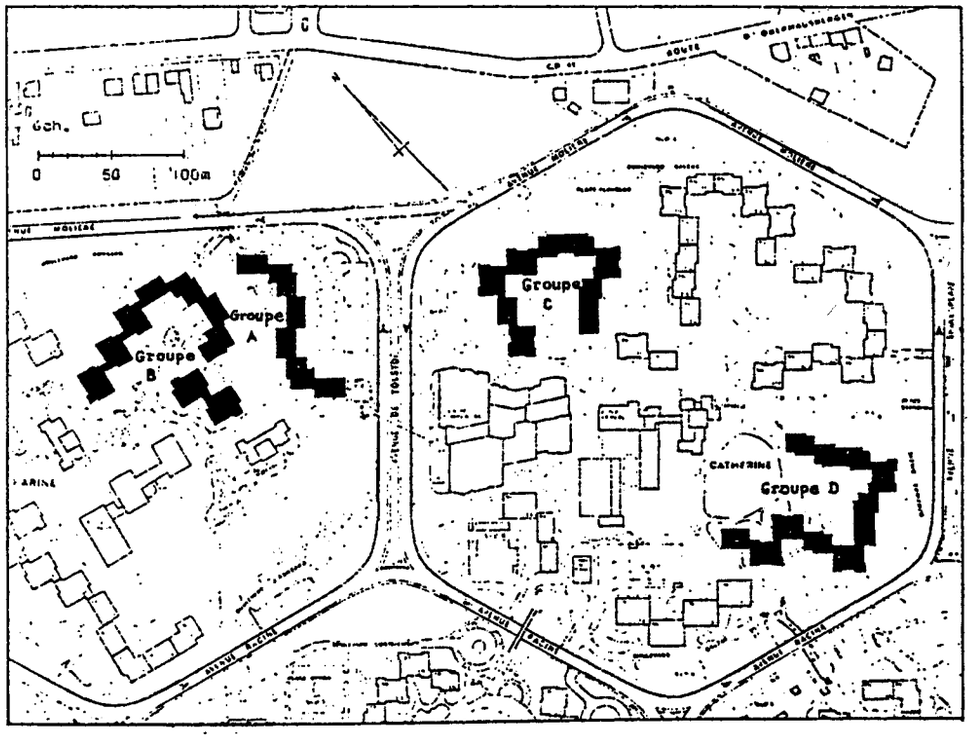


FIGURE 3 - Zup de Hautepierre - Plan de situation des groupes A et B (maille Karine), C et D (maille Catherine)

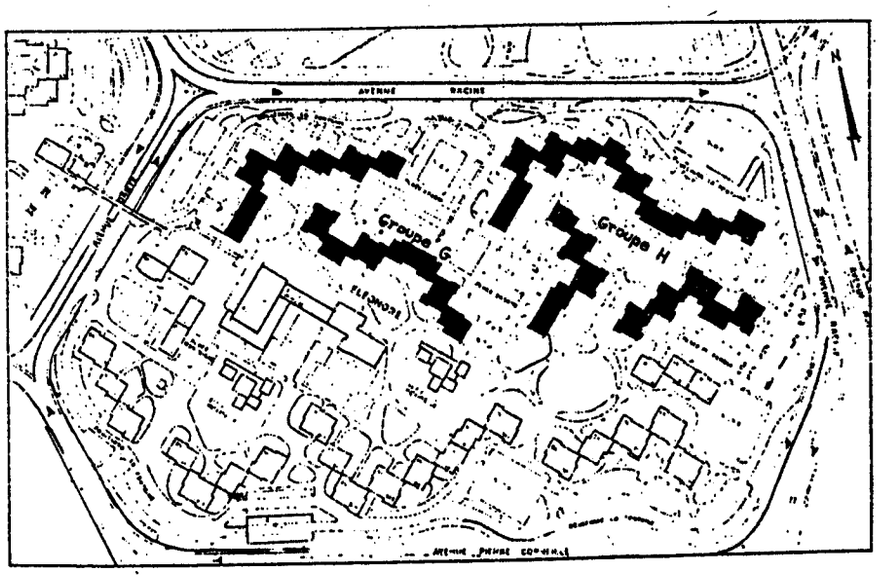


FIGURE 4 - Zup de Hautepierre - Maille Éléonore - Plan de situation des groupes G et H

3 - L'expérimentation

L'objectif principal poursuivi dans la partie expérimentale de l'étude est la caractérisation de différentes configurations de groupes de bâtiments de trois cités à Strasbourg sur le climat de leur environnement immédiat, ainsi que sur la distribution des apports solaires dans ces espaces. La démarche adoptée dans l'approche du microclimat des espaces extérieurs a été celle d'une expérimentation en situation réelle (mesures de données climatiques) dans laquelle l'observation in situ constitue un des éléments de l'étude (description de l'environnement immédiat des points de repère et de leur état au moment des mesures) (1). Aussi, les différents lieux d'études au sol ont été définis non seulement d'après leur intérêt climatologique, mais en priorité selon des critères d'occupation visuelle par les habitants des cités (jardins aménagés, terrains de jeux, cheminements piétonniers, trottoirs, parkings, etc...). Ainsi, la démarche retenue dans l'élaboration de l'expérimentation a été celle de vérifier, par différentes conditions de ciel,

a) en premier lieu, l'existence de différences climatiques perceptibles à la hauteur du piéton
   . dans chaque cité, d'un groupe à l'autre,
   . dans les espaces extérieurs des groupes, selon la position des points de mesure par rapport aux bâtiments environnants.

b) En second lieu, les relations entre les résultats obtenus et les configurations des différents groupes.

Le programme de l'expérimentation a été établi en vue de ces deux types d'approches :

- l'une globale, comprenant des campagnes de mesures en hiver, mi-saison et été, chacune en continu pendant plusieurs jours et portant sur l'ensemble des groupes dans les trois cités étudiées ;

- l'autre, plus détaillée, ayant pour but d'étudier un groupe en particulier ou la variation d'un paramètre spécifique à l'intérieur d'un groupe, selon la saison et par des conditions définies de ciel.

(1) Les configurations des groupes de bâtiments et les caractéristiques spécifiques des sites pouvant intervenir sur les transferts thermiques et aérodynamiques (nature des revêtements et rugosité des façades, des sols et du couvert végétal) sont décrits pour chaque cas. De même, sont indiqués l'état du ciel au moment des mesures, ainsi que pour chaque point, l'exposition par rapport au soleil et la position par rapport à l'environnement immédiat (distance des données angulaires du masque physique).

Afin de répondre aux objectifs de l'approche globale, des points de mesure du paramètre rayonnement solaire incident et des paramètres caractéristiques de l'air ambiant (température, vitesse et humidité) ont été définis dans chaque groupe, à la fois dans l'espace engendré vers l'intérieur et dans l'espace considéré résiduel vers l'extérieur, à différentes distances des bâtiments. A chaque groupe a été attribué un point de référence au sol, demeuré fixe pendant la durée des mesures, point dit "central" correspondant à la position la plus dégagée à l'intérieur du groupe et portant sa dénomination (A, B, C etc...)

Les conditions du climat, repérées aux points fixes au sol, pouvaient être rattachées à des échelles climatiques supérieures, par des comparaisons avec les conditions observées simultanément, en des stations de référence représentatives de la ville et de la région de Strasbourg (respectivement, la station de l'Institut de Physique du Globe et la station météorologique d'Entzheim).

Pour l'étude des relations entre le climat et les configurations des groupes, la méthode expérimentale a été élaborée de façon à mettre en évidence :

Au niveau global

la similitude du climat observé dans des configurations analogues par les mêmes conditions d'observation ou, au contraire, des données climatiques différentes en comparant des espaces de morphologie dissemblable , toutes conditions étant identiques par ailleurs (au moyen de mesures effectuées simultanément, les caractéristiques des sols et des façades étant les mêmes)

Au niveau d'un espace

des variations des conditions climatiques selon les positions d'observations par rapport aux bâtiments, en comparant, soit directement des points symétriques par rapport à l'axe des bâtiments, soit, indirectement, des points de positions variées par référence au point central (au moyen de la simultanéité des mesures à chaque point secondaire et au point central).

L'étude de la distribution des apports solaires en milieu urbain a été l'objectif dominant de l'expérimentation par la mise en évidence des variations de ces apports :

- entre la ville et la campagne environnante,
- dans la ville, à l'échelle de trois quartiers, où se situent les cités étudiées,
- dans chacune des cités, entre le rayonnement global incident et le rayonnement reçu au sol dans les espaces extérieurs des groupes de bâtiments,
- dans les espaces extérieurs des différents groupes.

En plus du rayonnement observé dans la station météorologique locale, ont été prévus, spécifiquement pour cette étude, les lieux de repère du rayonnement global suivants : au centre de la ville, sur la toiture terrasse de l'Institut de Physique du Globe ; dans chacune des cités étudiées, sur la toiture d'un bâtiment élevé.

L'installation dans chaque cité, d'un point de repère du rayonnement solaire global au-dessus d'un bâtiment, a permis d'établir des comparaisons :

- entre les apports solaires observés simultanément au sol -au point central et aux points secondaires des différents groupes- et au point de référence placé hors de l'influence des bâtiments (effets de masque et/ou réflexions par les parois environnantes).

- entre le rayonnement incident dans chacune des cités et au centre de la ville.

L'étude de la distribution des apports solaires dans les espaces extérieurs et de ses relations avec les configurations des différents groupes a été associée à celle du microclimat. Aux espaces extérieurs retenus principalement d'après des critères d'occupation, ont cependant été ajoutés des espaces de moindre signification, sélectionnés d'après leur intérêt du point de vue thermique par rapport aux bâtiments.

Pour l'ensemble de l'expérimentation, l'adoption d'une méthodologie commune (basée sur la simultanéité des mesures avec différents points de référence) permettait de passer de l'étude du groupe aux comparaisons entre groupes d'une même cité et par des recoupements entre morphologies semblables, à des comparaisons entre groupes de cités différentes.

4 - Les apports solaires dans les espaces extérieurs

L'analyse des résultats obtenus au cours de l'ensemble de l'expérimentation a permis de constater que la distribution de l'éclairement énergétique dans les espaces extérieurs est dépendante des principaux facteurs suivants :

- l'éclairement énergétique incident au-dessus du quartier (repéré sur le toit de référence) ;
- l'état du ciel ;
- la position des points d'observation par rapport à l'environnement bâti et aménagé ;
- l'exposition de ces points par rapport au soleil ;

Ainsi, dans chaque groupe, d'une part, la distribution de l'éclairement énergétique varie d'un point à l'autre des espaces extérieurs au cours d'une séquence de mesures ; d'autre part, le rapport entre le rayonnement reçu au sol et au toit (Rsol/Rtoit) varie pour chaque point d'une saison à l'autre.

Par des conditions de ciel couvert, l'éclairement énergétique observé autant aux points secondaires qu'au centre de l'espace extérieur d'un groupe de bâtiments est dans tous les cas inférieur à celui obtenu simultanément au toit de référence (1). Dans ce cas, il existe une relation directe de correspondance entre le pourcentage du rayonnement reçu et le masque physique de l'environnement immédiat autour des points d'observation, caractérisée par leur angle solide.

Le tableau 1 donne les valeurs de l'angle solide du point central de chaque groupe ainsi que les proportions correspondantes d'hémisphère dégagé et obstrué (2).

Tableau 1

Site	Point central	Angle solide en stéradians	Dégagement vers le ciel (en % d'hémisphère)	Obstruction
ROTTERDAM	A	1,28 π	64,3	35,7
	B	1,2 π	60,5	39,5
	C	0,85 π	42,4	57,6
	D	1,39 π	69,5	30,5
MEINAU	A	0,85 π	42,8	57,2
	B	0,76 π	38,3	61,7
	C	1,09 π	54,6	45,4
HAUTEPIERRE	A	0,71 π	35,6	64,4
	B	0,78 π	39,2	60,8
	C	0,82 π	41,3	58,7
	D	0,79 π	39,6	60,4
	E	1,53 π	76,6	23,4
	G	1,12 π	55,9	44,1
	H	0,98 π	49,3	50,7

(1) Le seul cas où le rayonnement reçu au sol par ciel couvert était identique à celui reçu simultanément au toit correspond à un site dégagé au centre de la maille Karine de Hautepierre et distant de 60 m du seul ilôt alors construit (groupe E)

(2) Valeurs déterminées par calcul, à partir de photos prises à l'aide d'un horizontoscope.

Les points secondaires proches des bâtiments (ou d'autres obstacles, comme des arbres) présentent des valeurs d'angle solide inférieures à celles du tableau.

Un exemple caractéristique de l'incidence du masque physique sur l'éclairement énergétique du point central, par des conditions de ciel couvert, est celui des groupes A,B,C,D de Hautepierre au cours de la matinée du 23.11.78:

Groupe	Angle solide	R_{PC}/R_{Toit}
A	0,71	0,61
B	0,78	0,67
C	0,79	0,72
D	0,82	0,77

Par contre , par des conditions de ciel clair, le rôle de l'angle solide s'atténue. L'éclairement énergétique aux différents points du sol devient dépendant principalement de leur exposition au soleil, et en conséquence, de la hauteur du soleil et de la position et de la hauteur des bâtiments environnants.

Pour l'ensemble des mesures effectuées par ciel clair et pour des hauteurs du soleil supérieures à 30°, le rayonnement reçu en tous les points exposés au soleil direct a été de l'ordre de 90 % du rayonnement incident sur la cité correspondante (cela a été observé de même pour des points dans des sites confinés, avec un angle solide de $0,37\pi$ quand la hauteur du soleil était de 35°). Cette proportion peut, soit augmenter pour des positions assez dégagées (centre des groupes) jusqu'à l'égalité avec le rayonnement repéré au toit ou, pour des points secondaires situés à proximité de façades claires, dépasser le rayonnement incident au-dessus de la cité, soit baisser de 5 % environ pour le cas de positions à proximité d'ombres portées.

Le rayonnement repéré dans les mêmes conditions, aux points à l'ombre, quand il n'y a pas de réflexion par les parois environnantes, a été dans la majorité des cas inférieur à 15 % du rayonnement reçu au toit de référence.

Toutefois, par ciel clair, le rôle de masque physique environnant devient plus important avec l'augmentation de la composante diffuse du rayonnement, en particulier pour des hauteurs du soleil inférieures à 20°.

Figure 5

La figure 5 illustre la distribution des valeurs de $R = \frac{\text{Rayonnem. au sol}}{\text{Rayonnem. au toit}}$ dans le cas du groupe A à la Cité Meinau. Les bâtiments présentent des façades identiques : baies vitrées, parois opaques, peintes en blanc, balcons au SE et au SW.

La figure 5 (a) montre les valeurs de R obtenues le 21.11.78 par des conditions de ciel clair. Le point central A et le point secondaire 2 se trouvent à l'ombre, pendant que le point 1, placé à 5 mètres d'une façade de teinte claire, ensoleillée, reçoit du rayonnement réfléchi par cette façade (la hauteur du soleil en ce moment est de 10,6°). Au cours des mesures effectuées simultanément au point central A et respectivement aux points secondaires 1 et 2, on remarque :

- que le point 1, avec un angle solide inférieur à celui du point central, bénéficie d'un éclairement énergétique plus important que le point A, grâce à la réflexion de la composante directe du rayonnement par la façade proche (en A, R = 0,30 ; en 1, R = 0,65).

- que les points A et 2, de même exposition et de même angle solide (au point 2 le masque du bâtiment de 13 niveaux est compensé par le dégagement du ciel entre cette tour et la barre de 6 niveaux) reçoivent le même pourcentage du rayonnement repéré simultanément au toit (31 %). Ces deux points, à l'ombre, ne reçoivent que du rayonnement diffus, relativement important à cette heure de la journée compte tenu de la faible hauteur du soleil.

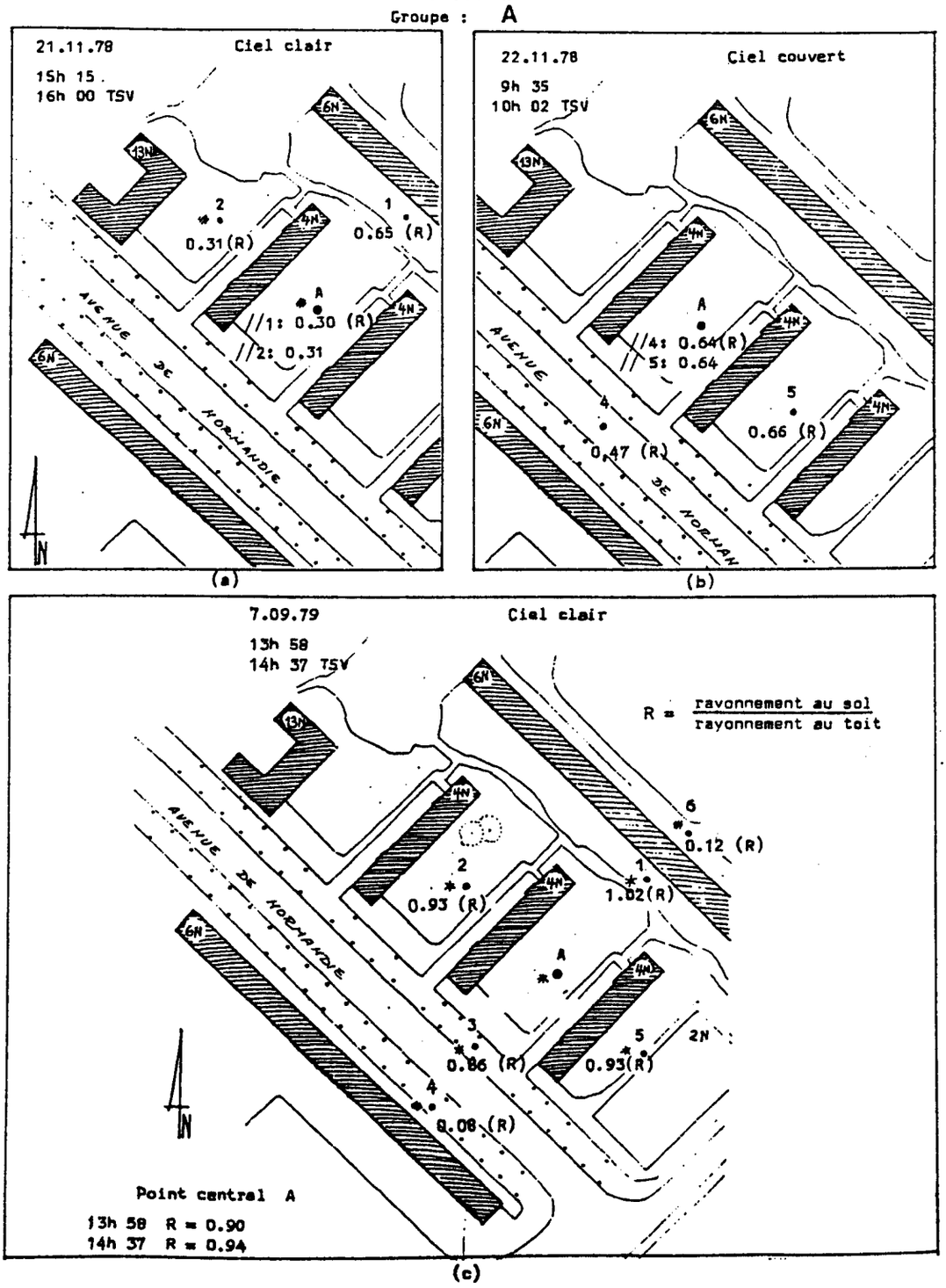
La figure 5 (b) donne les valeurs de R obtenues le matin du lendemain par ciel couvert. Dans ce cas, les valeurs de R dépendent surtout de l'angle solide des points d'observation. Le point 4, au milieu de la rue, se trouve partiellement masqué par les bâtiments environnants et par les arbres d'alignement, présentant un angle solide de dégagement vers le ciel inférieur aux deux autres points (on obtient au même moment, en 4, la hauteur du soleil étant de 14,2 R = 0,47, pendant qu'au point central R = 0,64. Les points A et 5, de même exposition et angle solide (A.S. = 0,85 π stéradians) présentent sensiblement la même valeur de R, respectivement 0,64 et 0,66 (hauteur du soleil: 16,4°) Par rapport aux points de position analogue dans le cas de la figure 5 (a) il est à noter que l'éclairement reçu en A et 5 était supérieur à celui reçu en A et 2.

En septembre (figure 5 (c)), la position du point central a été décalée vers un espace extérieur équivalent entre 2 barres de 4 niveaux, immédiatement au sud, en raison de l'importance prise par le feuillage de deux arbres situés dans l'espace extérieur précédent, et qui auraient pu réduire le rayonnement diffus obtenu à ce point. Les autres points ont aussi été décalés en conséquence. Au cours de la période de mesures, par ciel clair, la hauteur du soleil varie de 40,8° (à 13h58 TSV) à 36,1° (à 14h37 TSV). Dans ce cas, l'écart relatif du rayonnement observé en des points de même angle solide (points A, 2 et 5) par rapport au toit est nettement plus faible que dans les cas précédents, de l'ordre de 7 %. Le point 3, au soleil,

mais situé entre 2 rangées d'arbres, présente une valeur de R = 0,86. Le contraste est apporté par les points à l'ombre 4 et 6, qui ne reçoivent qu'environ 10 % du rayonnement arrivant au même moment au toit. Le point 1, au soleil, semble bénéficier encore du rayonnement réfléchi par la façade SW du bâtiment de 6 niveaux, situé à 5 mètres en arrière.

MEINAU

Groupe : A



1. Variation de l'éclairement énergétique au centre des espaces extérieurs

Dans le cas de la majorité des points situés au centre des groupes, étant donné l'éloignement des façades des bâtiments, la variation de l'éclairement énergétique entre le toit et le sol doit être attribuée au masque physique environnant plutôt qu'à la réflexion. Les distances minimales entre chaque point central et la façade du bâtiment le plus proche, ainsi que son nombre de niveaux sont les suivants :

CITE ROTTERDAM			CITE MEINAU			HAUTEPIERRE		
Point central	Distance (m)	Nbre de niveaux	Point central	distance (m)	Nbre de niveaux	Point central	distance	Nbre de niveaux
A	45	13	A	15	4	A	15	8
B	30	5	B	15	4	B	20	6,9
C	9	8	C	45	4	C	20	5
D	34	2				D	17	8
						E	60	9
						F(nov)	20	1
						F(fév)	16	7
						G	18	8
						H	15	7

La durée des mesures consécutives effectuées au centre de chaque groupe au cours des différentes campagnes a été d'une heure environ, avec des cas dépassant une heure trente (1).

L'analyse de l'évolution des valeurs du rapport entre éclairement énergétique au point central et au toit de référence (R_{PC}/R_{toit}) au cours de ces séquences permet de constater :

- les cas où le rapport R_{PC}/R_{toit} se présente sensiblement constant correspondent à un état de ciel relativement homogène, couvert ou clair, et à une hauteur du soleil égale ou supérieure à 20° (2) ;

(1) Série de mesures effectuées en simultanéité avec d'autres points au sol. Chacune correspond à la moyenne de 15 mesures du rayonnement instantané (l'intervalle de temps entre chaque affichage de la valeur du rayonnement est de 4 secondes).

(2) L'allure de l'évolution du rayonnement reçu simultanément au toit, correspond pour les mesures effectuées en cours de matinée ou d'après-midi, soit à une augmentation, soit à une baisse régulière de l'éclairage énergétique.

- Les variations notables de ce rapport par ciel homogène correspondent au cas de ciel clair quand il y a passage de la dominante diffuse à la dominante directe (le matin) ou l'inverse en fin d'après midi.

A l'évidence, seules des mesures continues permettraient de préciser les caractéristiques de cette évolution journalière du rayonnement reçu au centre d'un espace extérieur par rapport au rayonnement incident au-dessus du quartier, par différents types de ciel.

Il n'a pas toujours été possible d'obtenir pour chaque groupe, des séquences de mesures par des conditions de ciel homogène (clair et couvert) et surtout avec des hauteurs de soleil analogues au cours des différentes campagnes saisonnières. Ainsi, les comparaisons des résultats obtenus dans chaque groupe au cours de saisons différentes n'ont pas été aisés.

Il ressort cependant de ces résultats les principales tendances suivantes (1) :

- dans la majorité des cas comparables, l'écart relatif de l'éclairement énergétique entre le point central et le toit décroit avec l'augmentation du rayonnement reçu ;
- ces écarts relatifs sont d'autant plus faibles que :
  . l'angle solide du point central est grand (surtout par des conditions de ciel couvert) ;
  . par des conditions de ciel clair à dominante directe, l'angle d'incidence du soleil au point central décroit (donc, la hauteur du soleil augmente) ;
- les écarts relatifs les plus importants correspondent en cas de ciel clair, avec dominante directe quand le point central se trouve à l'ombre ;
- par des conditions de ciel couvert, et pour des hauteurs du soleil supérieures à 17°, les écarts relatifs sont d'autant plus importants que l'éclairement énergétique est faible et que l'angle solide du point central diminue.

2. Variation de l'éclairement énergétique aux points secondaires

La distribution de l'éclairement énergétique aux points secondaires des espaces extérieurs varie selon l'état du ciel, la hauteur du soleil et la position de chaque point par rapport aux obstacles environnants, qui peuvent masquer ou réfléchir une partie du rayonnement incident. Les constatations faites dans le paragraphe précédent sur les variations du rayonnement solaire au point central, compte tenu de l'angle solide du point, de la hauteur du soleil et de l'état du ciel restent aussi valables pour les points secondaires.

(1) Ces considérations sont valables pour les périodes en dehors de celles proches du lever et du coucher du soleil.

La figure représentant des profils de rayonnement obtenus dans le groupe A de la Cité Rotterdam illustre l'allure générale de la distribution du rayonnement dans les espaces extérieurs, observée dans des conditions de ciel couvert et de ciel clair quand la hauteur du soleil dépasse 20° (fig. 6). Cet espace, situé au SE du bâtiment de référence de la Cité Rotterdam, est un jardin de grandes dimensions (120 x 55 m), assez dégagé vers l'est et bordé à l'ouest par une barre de 5 niveaux, devant laquelle s'étend une allée de peupliers qui continue en limitant cet espace au sud (fig. 7). On remarque que par ciel couvert (la hauteur du soleil = 30°), la distribution de l'éclairement énergétique dépend directement du masque physique environnant, la position la plus dégagée, à 50 mètres de la barre étant la plus éclairée. L'écart relatif du rayonnement reçu à cette position et au point le plus proche du bâtiment est de 40 %. Par ciel clair, l'écart relatif entre les mêmes points atteint 86 %. Le point situé à 90 m de la barre, éclairé directement, reçoit 98 % du rayonnement arrivant simultanément au toit, indépendamment de la proximité de l'allée d'arbres, située à environ 10 m vers le sud (mesures effectuées autour de 15 h TSV, la hauteur du soleil étant de 45°).

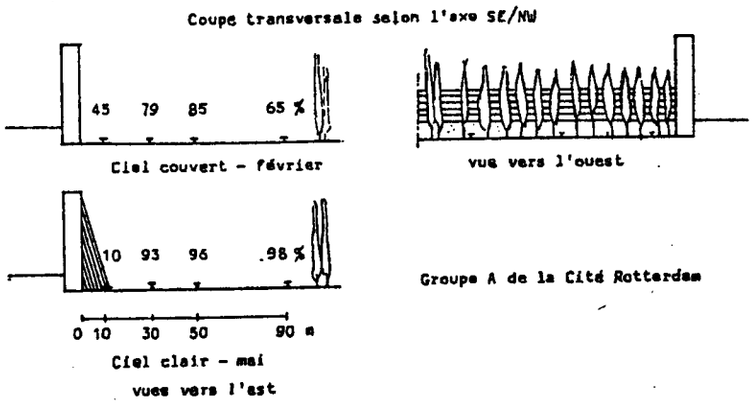


FIGURE 6

Les mesures effectuées par ciel couvert, simultanément en des points des espaces extérieurs symétriques vis-à-vis de l'axe d'un bâtiment, ont permis de constater que leur éclairement énergétique dépend, non seulement de l'angle solide, mais également des positions respectives point de mesure-obstacle-soleil. Dans de telles conditions, pour des points symétriques d'angles solides équivalents, situés à la proximité du bâtiment, il a été constaté un écart du rayonnement reçu, toujours favorable au point présentant une position susceptible de recevoir du soleil direct au moment des mesures (hauteurs du soleil égales ou supérieures à 20°).

Il apparait que par ciel uniformément couvert, la distribution du rayonnement diffus suivrait des directions dominantes, proches de celles du rayonnement direct. Ce rayonnement diffus pourrait donc être intercepté par la façade "exposée" du bâtiment, qui réduirait l'éclairement énergétique de l'espace extérieur immédiatement proche de la façade opposée.

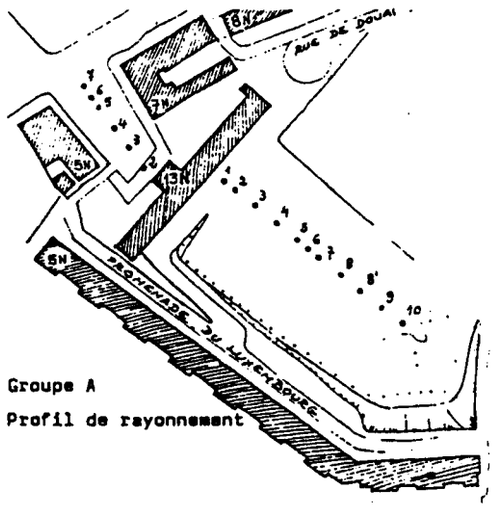


FIGURE 7 - Profil de rayonnement - Cité Rotterdam - Groupe A - Situation des points de mesure

5 - Le microclimat dans les espaces extérieurs

Les caractéristiques générales de la distribution des paramètres climatiques dans les espaces extérieurs au cours de l'ensemble des campagnes ont été les suivantes :

Vitesse du vent

- la plupart du temps, les vitesses observées sont faibles, ne dépassant pas en moyenne 2 m/s ; (1)
- des vitesses supérieures (jusqu'à 3,5 m/s en moyenne) sont constatées principalement aux angles des bâtiments et, à l'intérieur des groupes, dans les espaces en forme de couloir et dans la direction des passages couverts, surtout quand ils présentent la même direction que les vents dominants. Si ces vitesses ne sont pas importantes, en hiver, ces phénomènes aérodynamiques sont considérés comme thermiquement inconfortables ou même particulièrement gênants par des observateurs en situation de séjour (de l'ordre de la demi-heure aux points centraux des groupes) ;
- les écarts de vitesse de l'air obtenus dans des mesures simultanées en différents points sont presque toujours inférieurs à 1,5 m/s (la valeur maximale atteinte a été de 2,6 m/s entre points situés de part et d'autre d'une barre de 13 niveaux, respectivement, l'un exposé, l'autre abrité du vent) ;
- pour les écarts de vitesse le plus fréquemment observés au cours de l'ensemble des campagnes (écarts inférieurs à 1 m/s) il n'a pas été possible d'établir des relations avec les températures observées au même moment à chaque point : les écarts favorables de vitesse peuvent autant coïncider avec les écarts défavorables de température qu'avec les écarts favorables.

Humidité relative

- les comparaisons de l'humidité relative observée simultanément aux points centraux des groupes n'ont pas permis de mettre en évidence des différences remarquables ;

- par contre, en comparant les valeurs d'humidité relative obtenues aux points centraux des groupes et à la station météorologique de l'IPG, aux heures où les températures dans ces sites étaient sensiblement les mêmes, on obtient les écarts relatifs suivants :

	Rotterdam	Meinau	Hautepierre
Novembre	- 20 %	- 12 %	- 13 %
Février	- 20 %	- 12 %	- 15 %
Eté	- 4 %	- 5 %	- 11 %

(1) Pour chaque point, la valeur retenue de vitesse du vent correspond à la moyenne de 10 mesures consécutives, chacune correspondant à la vitesse moyenne du vent sur 8 secondes.

On peut noter que dans ces cas, pour les trois cités, l'humidité est plus faible qu'au centre de la ville en période froide, l'écart s'atténuant ou pratiquement disparaissant en été (mais il faut rappeler que la station de l'IPG se trouve dans le Jardin Botanique). L'écart faible entre la Cité Meinau et l'IPG pourrait s'expliquer par la situation de cette cité à proximité de zones boisées. Dans le cas de la Cité Rotterdam, l'environnement végétal, très dénudé en période froide et la dominante minérale du quartier, pourraient expliquer l'écart obtenu en période froide et les conditions équivalentes à celles de l'IPG constatées en été, quand l'évapotranspiration des végétaux devient importante. La Zup de Hautepierre, avec prépondérance minérale et située à proximité d'une zone agricole dépourvue d'arbres, présente des écarts comparables toute l'année, un peu plus importants toutefois en hiver.

Température

- sa distribution dans les groupes est liée, en premier lieu, à l'état du ciel ;
- elle dépend, en second lieu, pour chaque point d'observation, de l'exposition au soleil, des dimensions et de la configuration du milieu physique environnant, de la nature des revêtements du sol et des façades et de la proximité des parois ;
- la valeur maximale de l'écart entre la température observée au même moment au centre d'un groupe et à la station au centre de la ville a été de 4,40° C (1) ;
- les écarts de température obtenus entre les points centraux et les points secondaires d'un même groupe n'atteignent pas 3° C.

Dans l'ensemble des campagnes, la distribution des températures dans les espaces extérieurs des différents groupes présente des caractéristiques générales assez proches en fonction de l'état du ciel, couvert ou clair.

Variation de la température par ciel couvert

Les séquences de mesures effectuées par ciel couvert relativement homogène (26 au total pour l'ensemble de l'expérimentation) correspondent à un type de temps assez fréquent à Strasbourg, caractérisé par un ciel gris et bas et des vents des secteurs sud ou nord faibles ou parfois d'air calme (régime anti-cyclonique).

(1) Ecart négatif pour le point central G de Hautepierre, à 10 h le 24.11.78, par ciel clair, après dissipation du brouillard couvrant le quartier.

Au cours de ces séquences ont été constatés :

- une relative uniformité de la distribution des températures dans les groupes à travers les comparaisons des valeurs obtenues au point central et aux points secondaires éloignés des parois des bâtiments (distances égales ou supérieures à 5 m) quand le sol est de même nature (exemple de la figure 8) ;
- des écarts de température inférieurs à 10° C (0,4 à 0,8° C) obtenus en comparant des points relativement dégagés (points centraux) soit à des points situés dans des configurations plus confinées, soit à des points proches des parois des bâtiments (1). Des écarts du même ordre ont été observés en comparant des mesures effectuées en des points de dégagements équivalents, mais avec des revêtements de sol différents (pelouse, macadam ou bitume).

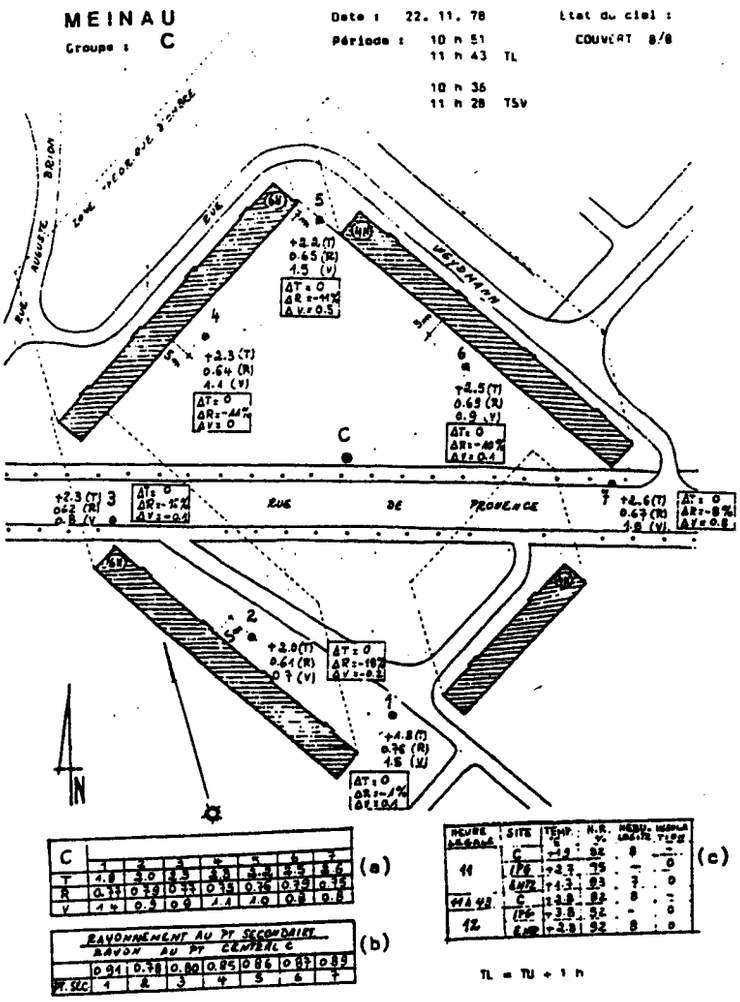


FIGURE 8

(1) En hiver, les points secondaires placés à proximité d'entrées de bâtiments accusent des écarts favorables par rapport au point central du groupe qui peuvent dépasser 1°C.

La fig. 8 donne les valeurs de température (T), du rapport de l'éclairement énergétique entre les points au sol et le toit (R) et la vitesse du vent (V), observées au point central C et aux différents points secondaires de ce groupe. En encadré, sont indiquées les valeurs des écarts respectifs de température de l'air (Δ T), de vitesse du vent (Δ V) et l'écart relatif de l'éclairement énergétique (Δ R) entre chaque point secondaire et le point central.

Le tableau (b) donne pour chaque point secondaire les valeurs du rapport R_{PC}/R_{PC}.
Dans le tableau (c) sont relevées les valeurs de température, d'humidité relative, de nébulosité et de durée d'insolation (période du matin), observées dans la station du centre de la ville (IPG) et dans la station météorologique d'Entzheim aux heures de mesures dans le groupe.

Variation de la température par ciel clair

Dans des conditions de ciel clair, la distribution des températures suit évidemment la distribution de l'éclairement énergétique. Pour les séquences de mesures obtenues par ciel clair en novembre et en été, on peut remarquer :

- au cours de mesures simultanées, les points au soleil, de même dégagement, situés dans un environnement présentant des revêtements de surface semblables, accusent des températures identiques ;
- la température des points ensoleillés proches des parois est en général inférieure à celle obtenue au même moment en un point dégagé au soleil (cas de parois de teinte claire dominante) ;
- les points dégagés, au soleil, mais proches d'une zone d'ombre présentent des températures inférieures au point central (écarts de l'ordre de 0,5°C) ;
- les écarts de température entre le point central au soleil, et les points secondaires à l'ombre sont plus importants en été (ces écarts étaient en moyenne de 1,2°C en hiver de 2,4°C en été)

6 - Configuration des groupes, apports énergétiques et microclimats

Configuration et vitesse du vent

Les vitesses du vent à Strasbourg sont faibles ; ainsi, en milieu bâti, les phénomènes aérodynamiques qui peuvent devenir inconfortables ou gênants pour le piéton des points de vue thermique ou mécanique, sont dus essentiellement à la configuration des constructions. Au cours de l'expérimentation, des vitesses pouvant provoquer des impressions désagréables du point de vue mécanique, n'ont pas été observées. Les plus fortes vitesses enregistrées, qui en hiver et au printemps provoquaient des sensations d'inconfort thermique , n'étaient pas prioritairement en relation avec le mode de groupement des bâtiments, mais elles étaient surtout liées à la présence de passages sous immeubles, ouverts dans la direction des vents les plus fréquents.

Ces cas ont été observés à la Cité Rotterdam et dans les groupes D et H de la Zup de Hautepierre. La valeur maximale de la vitesse (3,5 m/s) a été observée en août 1979, au centre de l'espace NW du bâtiment de 13 niveaux de la Cité Rotterdam (place Albert 1), dans l'écoulement du vent dominant du sud, après la traversée du passage sous pilotis (1).

Au même moment, au centre de l'espace jardin au SE la vitesse était de 0,9 m/s. En novembre, les vitesses repérées place Albert 1 étaient inférieures à 1 m/s et au cours des séquences de mesures de février le vent y était nul. Cet espace, servant de desserte automobile, et les deux passages sous bâtiments de la rue de Rotterdam, réservés principalement à la circulation de voitures, n'étant pas affectés à des activités de séjour, présentent ainsi, du fait du vent, moins d'inconvénients que le centre des groupes D et H de Hautepierre.

Le centre de ces espaces jardins se trouve à la proximité de passages sous immeubles ouverts au SW, direction dominante du vent dans la ville de Strasbourg. Au cours des campagnes de la période froide, les vitesses au point central de ces groupes étaient souvent proches de 2,5 m/s et combinées avec des températures de l'ordre de 4°C. Pour une situation de séjour de l'ordre de la demi-heure, ces conditions ont été considérées comme particulièrement gênantes par les observateurs placés au point central de ces groupes, l'inconfort étant attribué en priorité à la sensation de rafraichissement par le vent. Ces conditions ont d'ailleurs été considérées comme plus désagréables que celles obtenues place Albert 1, en hiver, avec une température de 0°C, mais une vitesse du vent nulle.

(1) Les vitesses mesurées sous immeubles étaient de l'ordre de 6 m/s, avec des pointes à 8 m/s.

configuration et température de l'air

En été, la combinaison de facteurs caractéristiques de la majorité des espaces étudiés : couvert végétal du sol, écartement d'au moins 25 m entre bâtiments bordant les espaces et teintes claires dominantes des façades, a permis d'éviter des contrastes accentués de température (1) .

Par contre, en hiver, ces mêmes caractéristiques tendent à rendre ces espaces plus froids que d'autres de configurations plus confinés.

Les espaces semi-fermés de Hautepierre, avec un écartement moyen de 50 m entre bâtiments parallèles, présentent par ciel couvert d'hiver sensiblement les mêmes températures que des sites dégagés proches. Par ciel clair, en hiver et en été, les variations de la distribution des températures dans ces espaces sont directement liées aux ombres portées. Les espaces extérieurs de type pelouse entre barres, quand ils ne sont limités que sur deux côtés par des bâtiments écartés d'au moins 20 mètres (groupe B de Rotterdam, groupe A et B de la Meinau) tendent à avoir un comportement identique. Par contre, quand ce dernier type d'espace est limité par des bâtiments, au moins partiellement, sur un troisième côté, on y constate des écarts favorables de température par rapport aux points centraux des groupes.

Le rôle de surfaces d'échanges joué par les façades des bâtiments entourant des espaces libres, contribue de façon évidente à l'augmentation de la température de l'air. Un exemple caractéristique est celui de la place Albert 1 (25 x 30 m) située dans le groupe A de la cité Rotterdam ; limitée au sud par une barre de 13 niveaux et sur les côtés par des bâtiments de 5 et 7 niveaux, son centre ne peut être éclairé qu'aux alentours de midi pendant une heure en moyenne de la fin février à la moitié d'octobre (fig. 9). En saison froide (campagnes de novembre et de février), ces espace présentait un écart de température favorable par rapport au jardin situé au sud de la

(1) A titre de comparaison, citons les résultats obtenus dans les espaces extérieurs de l'ensemble Emmertsgrund de Heidelberg (EICHLER 1977). Cet ensemble constitue un environnement entièrement minéral de façades et de cours bétonnées, la couleur des façades étant à dominante foncée. Par ciel clair, en été, des écarts de température allant jusqu'à 7°C ont été enregistrés entre points des espaces extérieurs. Dans des conditions équivalentes, l'écart maximal de température que nous avons obtenu entre points à l'ombre et au soleil était de 2,5°C.

barre. En été, quand le centre de la place se trouvait à l'ombre et le jardin au soleil, l'écart de température enregistré simultanément de part et d'autre de la barre était de 2,5°C en moins pour le centre de la place. Certains espaces en redan de la Zup de Hautepierre présentent des comportements semblables. Ce sont des espaces en équerre, limités sur 3 côtés par des bâtiments, ouverts vers le nord, et dont le comportement esquisse le rôle que des espaces résiduels peuvent jouer dans le contrôle des échanges thermiques entre les bâtiments et le milieu extérieur.

Les arbres, en plus de leur rôle d'humidification de l'air et dans la distribution de l'éclairement énergétique, peuvent contribuer à la création de zones abritées, plus chaudes en période froide, plus fraîches en été (espaces de petites dimensions entourés d'arbres, comme on en trouve à la Meinau).

Configuration et éclairement énergétique

Strasbourg étant une ville de topographie plane, les variations du rayonnement reçu au sol, dues au masques et aux réflexions par le milieu environnant, dépendent principalement des caractéristiques du milieu construit :

- les configurations (formes et dispositions) des bâtiments, l'exposition et l'albédo des façades,
- l'aménagement des espaces extérieurs : dénivellations de terrains, ses revêtements et son couvert végétal.

Dans les sites d'études, les dénivellations du terrain sont en général faibles, ce qui limite le nombre de facteurs modifiants du rayonnement incident, propres au milieu extérieur naturel et aménagé, et présente l'avantage, pour une expérimentation en situation réelle, d'approcher plus directement le rôle du milieu construit sur la distribution du rayonnement dans ces espaces.

Par ciel couvert, l'éclairement provient de la diffusion du rayonnement direct par les couches nuageuses. L'éclairement énergétique en un point au sol dépend de la portion de ciel pouvant être interceptée (ou vue) de ce point, compte tenu des obstacles physiques environnants (angle solide).

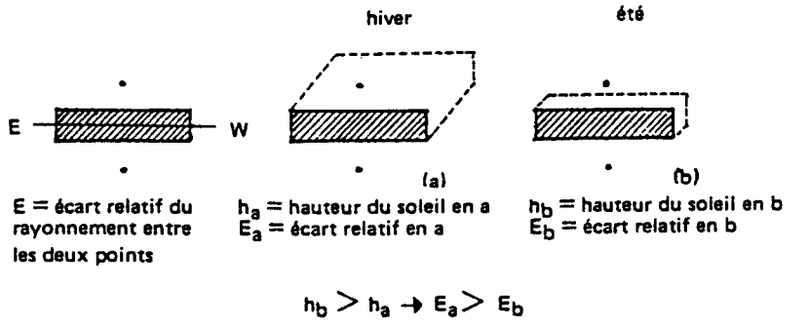
Nous avons pu observer que le rayonnement du sol, sauf pour des points très dégagés (le centre de la maille Brigitte, presque vide de construction lors des mesures), ce qui est plutôt rare en milieu urbain, est toujours inférieur au rayonnement reçu au toit d'un bâtiment de la même cité (angle solide proche de 2π stéradians), et il est fonction directe du dégagement du point.

Ce sont naturellement les espaces jardins de la Cité Rotterdam, qui, très dégagés (environ 60 % d'hémisphère pour le centre des groupes A,B et D) peuvent recevoir l'éclairement énergétique le plus important par ces conditions de ciel ; viennent ensuite les centres des groupes G de Hautepierre (56 %), C de la Meinau (55 %) et H de Hautepierre (50 %). Le centre des espaces semi-fermés de Hautepierre, B, C et D présentent sensiblement le même dégagement vers le ciel que les points centraux des pelouses entre barres de la Meinau (environ 40 %). La proportion d'hémisphère dégagée au centre d'espaces secondaires en redan dans la Zup de Hautepierre est de l'ordre de 20 %.

Les mesures effectuées en des points symétriques de part et d'autre d'un bâtiment, par ciel uniformément couvert, ont montré l'importance de l'exposition du lieu extérieur (compte-tenu des bâtiments environnants) même en absence de soleil direct. Il apparait que par ciel uniformément couvert la distribution du rayonnement diffus suivrait des directions dominantes, proches de celle du rayonnement direct au même moment. En conséquence, on peut admettre que par ciel couvert, pour des points d'angles solides analogues, symétriques par rapport à une barre orientée selon l'axe E/W :

a) le point au sud reçoit la plupart du temps un rayonnement plus important que le point au nord ;

b) l'écart relatif de l'éclairement entre ces points dépend de la hauteur du soleil et il décroit quand la hauteur du soleil augmente.



$$h_b > h_a \rightarrow E_a > E_b$$

Par ciel clair, quand domine la composante directe du rayonnement, l'angle solide du lieu d'observation joue un rôle secondaire.

L'éclairement énergétique des différents points d'un espace extérieur dépend principalement de leur position par rapport au soleil, et en conséquence, de la hauteur du soleil, de la position et de la hauteur

des bâtiments et des obstacles environnants. Les points exposés au soleil reçoivent un éclairement énergétique proche de celui reçu en site dégagé ($R_{sol} = R_{toit} \pm 0$ à 10 % dans le cas de mesures effectuées dans ces conditions.

L'éclairement énergétique des points à l'ombre est dû au rayonnement diffus incident et au rayonnement diffusé au sol (fonction de l'albédo des surfaces environnantes). Il est en général inférieur à 15 % du rayonnement reçu simultanément en site dégagé. Par des faibles hauteurs du soleil, la composante diffuse du rayonnement devient dominante ; pour ces conditions, la distribution de l'éclairement énergétique dans les espaces libres devient surtout dépendante de l'angle solide des points d'observation.

Configuration et ensoleillement

Dans les cités d'études, les axes d'orientation des bâtiments suivent les directions NW/SE dans les trois ensembles et encore NE/SW à la Meinau et à Hautepierre. Les problèmes d'ensoleillement des espaces libres situés à proximité des bâtiments sont ainsi du même ordre, mais les solutions adoptées dans chacun des cas ne sont pas analogues.

La remarque qui reste valable pour les trois projets est que l'ensoleillement des espaces extérieurs ne semble pas avoir fait l'objet d'une étude spécifique, mais apparait comme une conséquence des options retenues en matière d'insolation des bâtiments.

La figure 9 donne l'insolation possible au cours de l'année des points centraux de chaque groupe. Ces durées d'insolation ont été déterminées à partir de photos prises avec l'aide d'un horizontoscope (1).

A titre de comparaison, il est donné comme référence le cas d'un point théorique qui se trouve totalement dégagé (il représente la période maximale d'insolation à la latitude de 48,5° aux dates de déclinaison égale respectivement à - 23,44° ; - 20° ; - 10° ; 0° ; 10° ; 20° ; et 23,44 °). Pour la cité Rotterdam, nous montrons aussi le cas de l'insolation possible d'un point secondaire (A,2)' situé au centre de la place Albert 1. Ce point se trouve à l'extérieur de la cité, en position symétrique au point central A par rapport à l'axe des bâtiments de 13 niveaux.

(1) Appareil construit par Francis HOLTZER.

A la Cité Rotterdam, les écartements entre bâtiments coïncident avec les limites de l'ombre portée à midi au solstice d'hiver. Ainsi, la largeur des espaces extérieurs entre barres parallèles est définie en fonction de la hauteur des bâtiments qui les bordent au sud. Dans le groupe B, la largeur de ces espaces est respectivement de 60 et 25 mètres selon que le bâtiment placé au sud présente 5 niveaux ou 2-3 niveaux.

Pour les bâtiments parallèles avec des façades orientées au SSE, les prospects varient entre trois à quatre fois et demie la hauteur de la façade du bâtiment situé immédiatement au sud :

L = 3 à 4,5 H, où L = écartement entre bâtiments H = hauteur de la façade.

De telles dispositions, prises en vue d'assurer l'ensoleillement des logements même en période froide, font qu'indirectement, les espaces extérieurs en sont bénéficiaires (fig. 8). On peut constater qu'au centre des groupes de cette cité, la durée d'insolation possible le 24 février varie de 4 à un peu plus de 6 heures ; au solstice d'été, elle dépasse dans tous les cas 10 heures, inconvénient compensé dans les heures chaudes de la journée par l'ombre de la végétation dans le cas du groupe B. Par contre, les bâtiments en bordure de rue portent ombre sur les espaces extérieurs à la parcelle (cas de la place Albert 1).

A la Cité Meinau, les jardins des groupes A et B sont situés en contrebas de bâtiments parallèles de 4 niveaux distants de 30 mètres, ce qui correspond à un prospect sensiblement égal au double de la hauteur des bâtiments (L = 2 H). On peut montrer par calcul que les appartements du rez-de-chaussée orientés au SE ou au SW peuvent être éclairés directement pour toute hauteur du soleil supérieure à 22,4°. Cela correspond aux périodes allant de fin février au début octobre. De ce critère d'ensoleillement des logements résulte pour le centre des espaces extérieurs d'une durée d'insolation possible de l'ordre de 2 heures le 24 février et d'un peu plus de 7 heures au solstice d'été (groupe A). Dans le groupe C, la grande dimension de l'espace extérieur (100 x 120 m environ), bordé par des bâtiments de 4 et 6 niveaux, assure à la proximité de son centre une insolation possible importante au cours de l'année. Mais, dans la pratique, ce grand dégagement profite surtout aux bâtiments orientés au SE et SW de la portion au nord de l'artère qui découpe cet espace dans le sens E - W, réelle barrière séparant deux fonctions distinctes, parking au sud, jardin peu utilisé au nord.

A Hautepierre, les configurations de type rue et la majorité des ilôts de forme semi-fermée sont ouverts vers le sud, ce qui permet de faire bénéficier le centre des espaces dans leur intérieur d'une possibilité d'insolation d'au moins une heure même au solstice d'hiver (groupes A, B, C, G, H).

Par contre, deux ilôts semi-fermés de la maille Catherine, ouverts au NW, enserrent des jardins délimités au SW par des bâtiments de 5 et 7 niveaux. La distance moyenne entre bâtiments parallèles à façades orientées au SW est de 50 mètres, ce qui correspond à des prospects de l'ordre de 2 à 2,5 H. Avec des espaces extérieurs de dimensions très proches de celles des groupes semi-fermés B et C, l'insolation possible est nettement plus faible en période froide (cas du groupe D).

Par contre, en cas de ciel couvert, l'éclairement énergétique dépendant principalement de l'angle solide du lieu d'observation, le point D peut recevoir dans des conditions identiques un rayonnement diffus supérieur aux points A et B (voir tableau 1).

Nous avons calculé, qu'à la latitude de Strasbourg, pour ce qui est de l'insolation des bâtiments, les prospects réglementaires entre une façade et l'alignement opposé (H = L) ne peuvent assurer un ensoleillement direct des logements (rayons solaires situés dans un plan normal à la façade) qu'à partir de dates de déclinaison égale ou supérieure.

- à + 3,5° (vers le 31 mars jusqu'au 12 septembre) quand les façades sont orientées au sud ;
- à + 11,4° (vers le 21 avril jusque vers le 20 août) quand les façades sont orientées au SE ou au SW.

Ainsi, pour ce prospect, le centre des espaces libres entre bâtiments est, par conséquent, toujours à l'ombre en période froide, même si ces espaces sont dégagés vers l'est et vers l'ouest.

Conclusion

Les comparaisons entre conditions climatiques observées simultanément, soit entre points à l'intérieur des groupes, soit entre les centres des espaces extérieurs et le centre de la ville, permettent d'affirmer l'existence de microclimats spécifiques de chacune des cités, qui se diversifient selon les configurations des groupes.

Ainsi, les hypothèses de départ sont confirmées même pour le cas des ensembles étudiés dont le tissu est à dominante aérée, laissant supposer que pour des tissus plus denses les contrastes microclimatiques doivent être plus accentués encore.

L'observation et la théorie permettaient d'émettre des hypothèses ; l'expérimentation dans ces cas réels a permis d'approcher l'ordre de grandeur des variations climatiques et énergétiques qui sont liées aux caractéristiques physiques des espaces (configurations, dimensions, nature des surfaces, végétation).

Dans ce sens, le fait d'avoir opté au départ pour un nombre important de points de mesure, situés dans des espaces différenciés et comprenant plusieurs exemples de configurations de même nature, a présenté des avantages.

Par contre, l'une des principales servitudes de cette recherche exploratoire fut le besoin de disposer de la synthèse des résultats couvrant les différentes saisons pour juger du comportement climatique des espaces étudiés ; les espaces présentant un microclimat favorable en période froide, n'apparaissent pas nécessairement comme étant les plus intéressants du point de vue climatique en été.

Cette synthèse a aussi permis de déceler des espaces présentant un comportement particulier du point de vue énergétique : comparés à un site dégagé, ils se sont avérés plus chauds en hiver et plus frais en été. Ce sont en général des espaces extérieurs secondaires (résiduels ou de service) qui pourraient jouer un rôle dans la modulation des échanges de chaleur avec les bâtiments. Ce type de comportement climatique que l'on rencontre plus particulièrement dans certains espaces en redan de la Zup de Hautepierre, mérite que l'on y consacre une étude spécifique.

Dans le cas de cette recherche, l'expérimentation a permis de mettre en évidence le comportement climatique d'un certain nombre de lieux extérieurs engendrés par les modes de groupement des bâtiments. Pour juger des conditions obtenues, compte-tenu de l'usage de ces espaces, seule une étude du confort thermique dans ces espaces peut apporter des éléments de réponse.

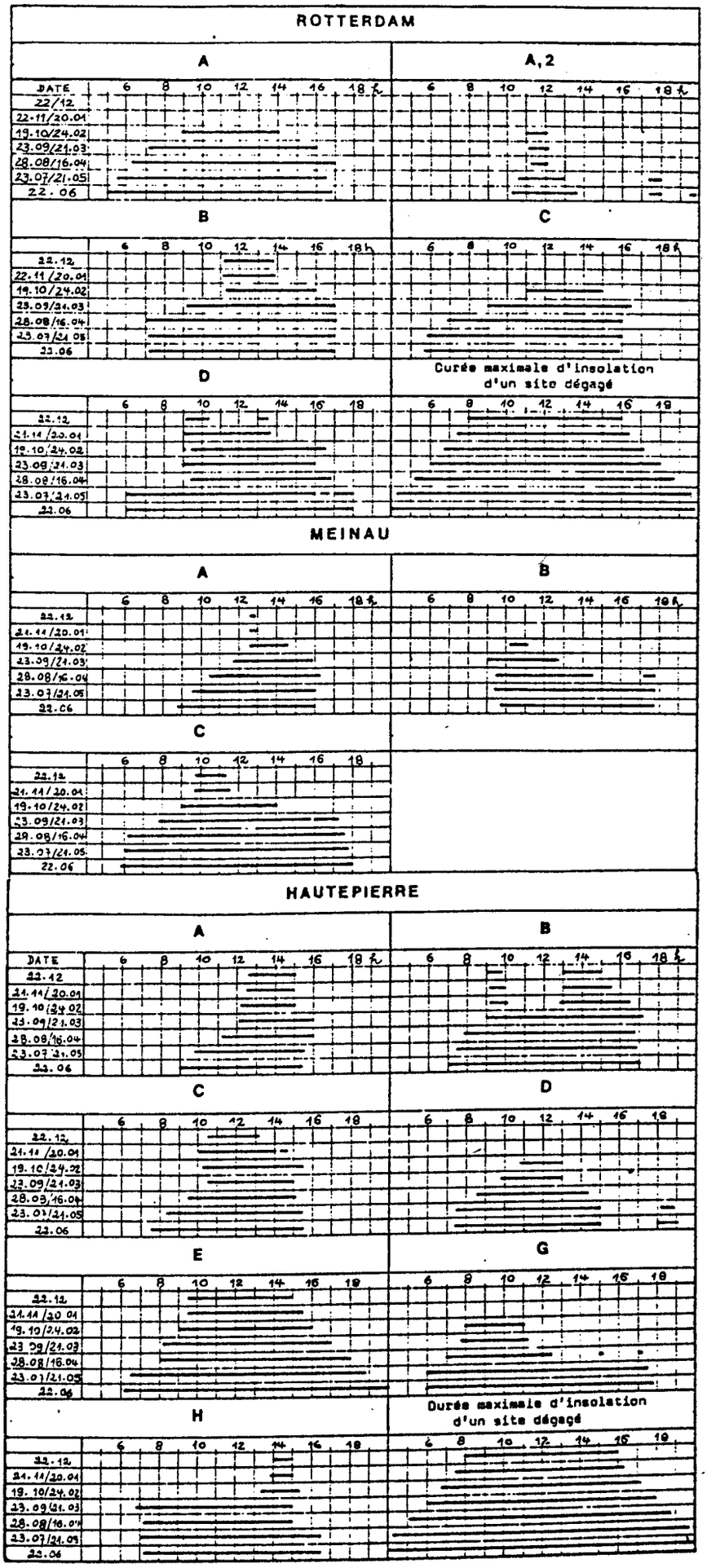


Figure 9 : Insolation possible au point central des divers groupes des bâtiments

Exemples de prises en compte de l'aménagement bioclimatique

J.P. Peneau

C.E.R.M.A. Nantes

Introduction

Le discours qui est ici tenu est constitué dans une U.P. d'Architecture, celle de NANTES, et pour être plus précis, dans le centre de recherche qui lui est attaché. Ce centre est engagé dans des travaux d'élaboration d'outils nouveaux ou d'amélioration d'outils existants pour la conception du projet. Cette action est conduite en essayant de ne pas se contenter du seul aspect instrumental mais en menant de pair les approches symboliques et référentielles qui fondent, au même titre que les techniques, l'activité de constitution du projet.

Un tel objectif ne peut être atteint dans le cadre de seules spéculations théoriques. Il est indispensable, lorsqu'on se propose de mettre au point des instruments, d'expérimenter l'usage de ceux-ci dans des situations d'application pratique. En conséquence, ce sont des exemples d'utilisation opérationnelle de certains outils qui sont rapportés ici. Pour bien insister sur ce qui représente l'essentiel de notre philosophie en la matière, et, pour appuyer encore l'argument de la nécessité de ne pas se contenter d'une approche technique, mais de concilier celle-ci avec les dimensions théoriques du projet architectural ou du projet urbain, nous croyons utile de développer quelque peu cette position.

Nous ne sommes pas toujours très satisfaits de l'étiquette "bio-climatique" accrochée ici ou là à des opérations architecturales et urbaines, y compris à certaines de celles auxquelles nous sommes associés.

Ce qui est en cause dans la conception du bâtiment et de la ville, et, pour insister, du bâtiment dans la ville, c'est l'activité de projet. Cette dimension projectuelle est, dans son principe même, largement contradictoire aux approches analytiques et réductrices qui marquent les fixations sur tel ou tel aspect de la mise en forme.

L'urbanisme ou l'architecture solaire, l'architecture douce, l'architecture contrôlant les effets du vent, ou, en amalgame de ces facettes, l'architecture bio-climatique, ne peuvent faire oublier le caractère globalisant de l'action de projeter. Il est nécessaire, lors de la prestation architecturale, de faire des synthèses, d'opérer des choix, intégrant non seulement les éléments renvoyant aux données physiques et physiologiques, mais les dimensions sociales, culturelles, économiques, esthétiques. Celles-ci ne se surajoutent pas, elles interfèrent en des mélanges complexes, instables, dont les dosages sont toujours à redéfinir et à renégocier, au cours même du processus d'élaboration du projet.

La production d'architecture, comme la production du projet urbain, ne peut être polarisée sur un seul type de contraintes. Tous les projets doivent être, entre autre , bio-climatiques, et, si nous parlons abondamment de cet aspect, ce n'est pas sans conjurer, par avance, le risque de le voir prendre le pas sur les autres dimensions de la conception.

En peu de mots, et, sous une forme interrogative qui révèle, sans doute, qu'il s'agit davantage d'énoncer une problématique que de rapporter des certitudes, nous donnons ci-après un aperçu des questions théoriques et instrumentales qui se posent dans notre pratique. Celle-ci est caractérisée par un mélange, dont on admet bien volontiers le caractère hybride, entre l'expérimentation scientifique et l'expérience du projet architectural et urbain.

Cadre de l'interrogation

Le cadre d'interrogation correspondant peut-être détaillé comme suit :

- En quoi les techniques de mise en oeuvre du projet influencent-elles les références et réciproquement ?

- Peut-on appréhender une physiologie de la ville, du quartier, de la maison comme on a saisi et commencé à comprendre leur morphologie ?

- Est-il intéressant d'étudier dans l'histoire les modalités de l'acclimatation de la ville et de l'habitation en regard d'autres facteurs explicatifs ?

- Peut-on mettre en oeuvre de manière coopérative au sein d'une équipe de conception élargie des outils de simulation très performants ; en résulte-t-il des améliorations ; à quels niveaux ?

- Peut-on définir à l'issue d'expérimentations répétées sur des configurations réelles, des résultats qui ne seraient pas normatifs ? Comment communiquer ceux-ci, sous quelle forme ?

- Peut-on enseigner des connaissances physiques rigoureuses à partir d'objets architecturaux significatifs et non d'objets sans spécification et sans qualité ?

- Est-il sage d'aborder la seule question de l'énergétique du chauffage sans resituer le problème dans le cadre global du coût énergétique de l'aménagement ?

Pour quitter ce type d'assertion, et montrer la manière dont les idées qu'elles contiennent peuvent être mises en oeuvre dans un cadre opérationnel, nous allons donner quelques exemples d'application.

Dans la gamme des différentes interventions que nous avons pu faire, nous examinerons successivement des exemples récents intéressant :

- un quartier nouveau,
- une greffe sur une agglomération péri-urbaine,
- une Z.A.C. en frange urbaine,
- un aménagement en centre ville.

Le nouveau quartier de Beaulieu à Nantes

Au tout départ de l'étude d'aménagement de ce nouveau quartier à la pointe d'une île de la Loire, notre équipe a été associée à l'équipe pluri-disciplinaire de l'Agence d'Etudes Urbaines de l'Agglomération Nantaise (AURAN).

L'ensemble projeté complétait une Z.U.P. des années 60 dont la morphologie caractéristique de barres, de tours et d'équipements divers séparés par des déserts de bitume et d'espaces libres, appelait irrésistiblement l'envie de faire "autrement".

L'inconfort des espaces extérieurs des premières réalisations et la nécessité de mieux contrôler la question des économies d'énergie, inscrivaient très tôt dans la démarche ce qu'il est convenu d'appeler la préoccupation bio-climatique.

Nous renvoyons à un article du n° 217 de l'Architecture d'Aujourd'hui pour une description plus détaillée de l'intervention. Retenons dans cette présentation succinte l'intérêt de la collaboration précoce entre les concepteurs et les consultants pour la prise en compte des dimensions climatiques.

Dès les premières esquisses, nous avons effectué des tests indicatifs tant en soufflerie qu'à l'héliodon, essayant, par une multiplication de maquettes indicatives sommaires de procéder à un "dégrossissage" du problème.

Cette phase visait surtout un ajustement des points de vue entre les porte-paroles de deux préoccupations. Au discours sur l'urbain,sur l'espace, sur la poétique des quais et des bords de l'eau répondait d'abord une argumentation sur les masques, les sillages, les turbulences et les protections. Progressivement et par osmose, les spécialistes d'aérodynamique et d'héliotechnique prenaient en compte les références des concepteurs et, à l'inverse, ceux-ci intégraient de plus en plus dans leur projet les questions relatives à l'orientation et à la protection aérodynamique.

Cette pédagogie réciproque est sans doute la caractéristique majeure de ce type de collaboration. En terme de résultats, il est clair que la totalité des prescriptions bio-climatiques qui ont pu être formulées lors des essais ne sont pas reprises sur le plan final. D'autres impératifs, d'autres contraintes, d'autres conceptions de l'aménagement sont venues infléchir, voire éliminer les exigences théoriques qui avaient été mises au jour par nos essais.

Les attitudes radicales d'optimisation des apports solaires ou de protection systématique des vents dominants nous auraient renvoyés aux plus beaux jours des ateliers de mécanique urbaine des MEYER, HILBERSEIMER ou GROPIUS à DESSAU.

Ainsi, la décision de maintenir des quais au bords de l'eau soumis au vent n'apparaissait pas sans intérêt. Les gifles du vent et les bourrasques sont coutumières aux populations de la région. Proposer une alternance d'exposition et de protection dans ce domaine représente un facteur de différenciation parmi d'autres qui serait supprimé par des attitudes normatives.

Des compromis sur les questions d'ensoleillement ont également été négociés. Quelques R.D.C. d'immeubles n'auront pas les deux heures de soleil le 21 décembre qui ont eu souvent les effets redoutables que l'on sait vis-à-vis de la cohérence du tissu urbain.

Une greffe sur une agglomération péri-urbaine

En regard de l'exemple précédent, le travail mené pour la Z.A.C. du CHARBONNEAU à CARQUEFOU présentait des caractéristiques différentes. Il s'agissait tout d'abord d'un secteur éloigné d'une trentaine de kilomètres de la station météorologique de référence de NANTES CHATEAU-BOUGON, et qui présentait, par ailleurs, une morphologie de flanc de vallée.

L'échelle et la nature du programme étaient différentes. Un quartier urbain dans le cas de BEAULIEU, une extension d'habitats individuels en greffe d'une agglomération rurale de la périphérie nantaise pour CARQUEFOU.

Ces deux éléments nous ont amené à travailler en amont des concepteurs du projet pour établir : d'une part, une analyse micro-climatique du secteur et du site proposé ; d'autre part, une typologie des constructions et des configurations existantes.

L'étude micro-climatique procédait par analyse directe et par recalage. L'analyse directe utilisait les techniques d'observation de la morphologie du site, de la végétation, de la répartition du cadre bâti. Le recalage s'appuyait sur la mise en place dans un endroit caractéristique du secteur à aménager d'une station météorologique enregistrant automatiquement, dans les conditions normalisées, les informations de référence de la météorologie nationale.

L'interprétation conjointe des deux types de données permettait de caractériser les particularités climatiques du site retenu, de définir des types de temps, de localiser les micro-ambiances climatiques et d'en préciser les particularités.

L'analyse typologique des différents tissus présents dans l'agglomération de CARQUEFOU était menée dans la perspective, au demeurant réductrice, de recherche des éléments d'intégration bio-climatique des constructions et des espaces extérieurs. Au prix d'un découpage empirique étaient successivement passés en revue :

- le bourg du village,
- les extensions linéaires le long des voies,
- les lotissements périphériques.

Pour chaque catégorie, des informations sur les déperditions, les orientations, l'inertie thermique étaient recueillies.

Ce sont ces éléments qui, une fois interprétés et mis en forme de

manière synthétique, ont été communiqués aux concepteurs du projet (1). Le deuxième volet du travail a fait l'objet d'une collaboration plus marquée avec ces derniers.

Les principales contraintes qui avaient été retenues peuvent être résumées comme suit :

- rechercher une protection climatique au vent et à la pluie dans les espaces extérieurs et une diminution des déperditions énergétiques des constructions ;

- favoriser au maximum l'exposition au soleil des constructions et des espaces extérieurs et permettre l'intégration de solutions passives ou actives solaires ;

- envisager une conception d'ensemble liée aux micro-ambiances climatiques du site ;

- intégrer les contraintes bio-climatiques dans le processus général de conception.

Nous avons conscience du caractère très général de ces assertions. Il faudrait pouvoir montrer dans le détail comment elles ont été mises en oeuvre dans les ajustements successifs des esquisses d'aménagement qui ont fait l'objet de la phase d'élaboration du projet. Un document disponible au C.E.R.M.A. précise ces modalités concrètes d'application. Il dégage la méthode utilisée et montre notamment le recours modéré qui a été fait aux moyens de simulation (soufflerie, héliodon).

Une Z.A.C. en frange urbaine

A la suite de l'élaboration d'un projet de Z.A.C. dans le secteur des CLOCHETTES de la commune de SAINT-FONS, situé au Sud de l'agglomération lyonnaise, l'Agence d'Urbanisme de la COURLY (Communauté Urbaine

(1) "Contrôle bio-climatique de la Z.A.C. du CHARBONNEAU à CARQUEFOU" Phase 1 : Diagnostic et directives générales - Phase 2 : Ajustement du projet - Rapport CERMA n° 37 - Juin 1982

de Lyon) nous avait demandé d'effectuer une étude de prise en compte des contraintes climatiques dans l'aménagement du secteur. (1).

A la différence des situations précédentes, le projet préexistait et de manière plus aisée pour nous il s'agissait de porter une série de diagnostics sur des configurations déjà arrêtées.

L'étude des conditions climatiques à LYON a permis en une phase préalable d'effectuer un premier diagnostic portant principalement sur la protection des effets aérodynamiques et sur les conditions d'ensoleillement. A l'issue de ce travail qui dépistait, de manière générale, certaines anomalies, trois secteurs caractéristiques, ou a priori problématiques, ont fait l'objet de simulations détaillées en soufflerie et à l'héliodon. Les essais effectués ont permis de proposer des modifications qui se heurtaient, pour certaines, à des problèmes de délimitation foncière de la Z.A.C., pour d'autres, à des exigences de marquages spatiaux (constitution de places, de rues et alignements) allant à l'encontre parfois des objectifs de protection et d'optimisation solaire.

On peut espérer que les diagnostics qui ont été portés, ont pu aboutir à des choix ou plus précisément des compromis ne privilégiant pas exclusivement l'une ou l'autre dimension.

Un aménagement en centre-ville

Le problème qui nous était posé par les services techniques et l'architecte de la ville de QUIMPER intéressait la comparaison de trois configurations possibles pour l'aménagement de l'ilôt des Gentilhommes en centre ville. (2).

Il s'agissait d'une opération de curetage d'un ilôt dégradé comportant notamment un bâtiment important reconverti en marché aux puces dont la démolition était envisagée.

(1) "Contrôle bio-climatique de la Z.A.C. des CLOCHETTES à St FONS. Diagnostic d'une esquisse du P.A.Z. - Rapport CERMA n° 35 - mai 1982.

(2) "Contrôle bio-climatique de l'ilôt des Gentilshommes à QUIMPER Rapport CERMA n° 34 - Mars 1982.

La création d'un espace libre, en lieu et place de cette construction, avait-elle des effets bénéfiques en terme d'ensoleillement, d'exposition aux vents, en terme également de qualité des espaces urbains ?

Aux interventions habituelles sur les contraintes climatiques, nous avons ajouté une exploration maquettoscopique des différentes solutions projetées.

Dans ce cadre, il fallait effectuer des essais comparatifs en vue d'apporter des arguments d'aide à une décision qui semblait de toute évidence difficile à prendre.

Dans la première configuration, qui comportait la suppression totale du bâtiment des "puces", nous avons constaté une diminution sensible de la protection au vent des espaces extérieurs. Cependant, en raison de la protection générale de l'ilôt par le tissu urbain environnant, cette aggravation n'était que relative. L'ensoleillement général du secteur était, sans que ce soit une surprise, très amélioré.

Des solutions complémentaires de maintien partiel du bâtiment ou de conservation totale ont fait également l'objet d'essais.

A l'issue de ceux-ci, il apparaissait bien que les arguments bio-climatiques n'avaient pas un grand poids face aux contraintes techniques, voire affectives et culturelles dont les interférences compliquaient fortement les conditions du choix à opérer.

L'équipe du C.E.R.M.A. retenait, pour sa part, la solution intermédiaire de maintien partiel du bâtiment en inversant le choix du projet et en dégageant un espace central à la morphologie plus accentuée.

La vérité oblige à dire que cette position s'appuyait presqu'autant sur des exigences de composition urbaine que sur des arguments climatiques.

Conclusion

La gamme d'interventions récentes du C.E.R.M.A. qui vient d'être rapidement présentée, correspond à des actions que nous estimons de notre point de vue fructueuses. Il faudrait donner la parole aux commanditaires pour savoir si cette opinion est partagée. D'ores et déjà, nous excluons dans ce type d'étude des opérations aux objectifs quelque peu pervers. Celles qui visent par exemple à rechercher pour un projet déjà établi

et sans possibilité de modification une caution bio-climatique au prix d'une étude a posteriori. Celles qui recherchent, à l'inverse, l'intervention d'une équipe comme la nôtre pour "démolir" un projet dont on veut se débarasser en suscitant une expertise bio-climatique négative.

Nous devons, en complément de ce qui apparait fréquemment dans les exemples donnés comme un travail de dégrossissage aux stades initiaux de la conception, affiner et compléter nos outils. Ce développement opère d'abord dans le domaine des instruments de diagnostic. Les programmes que nous avons mis au point permettent de manière interactive d'effectuer des bilans en terme d'ensoleillement et d'apports énergétiques extrêmement rapides.

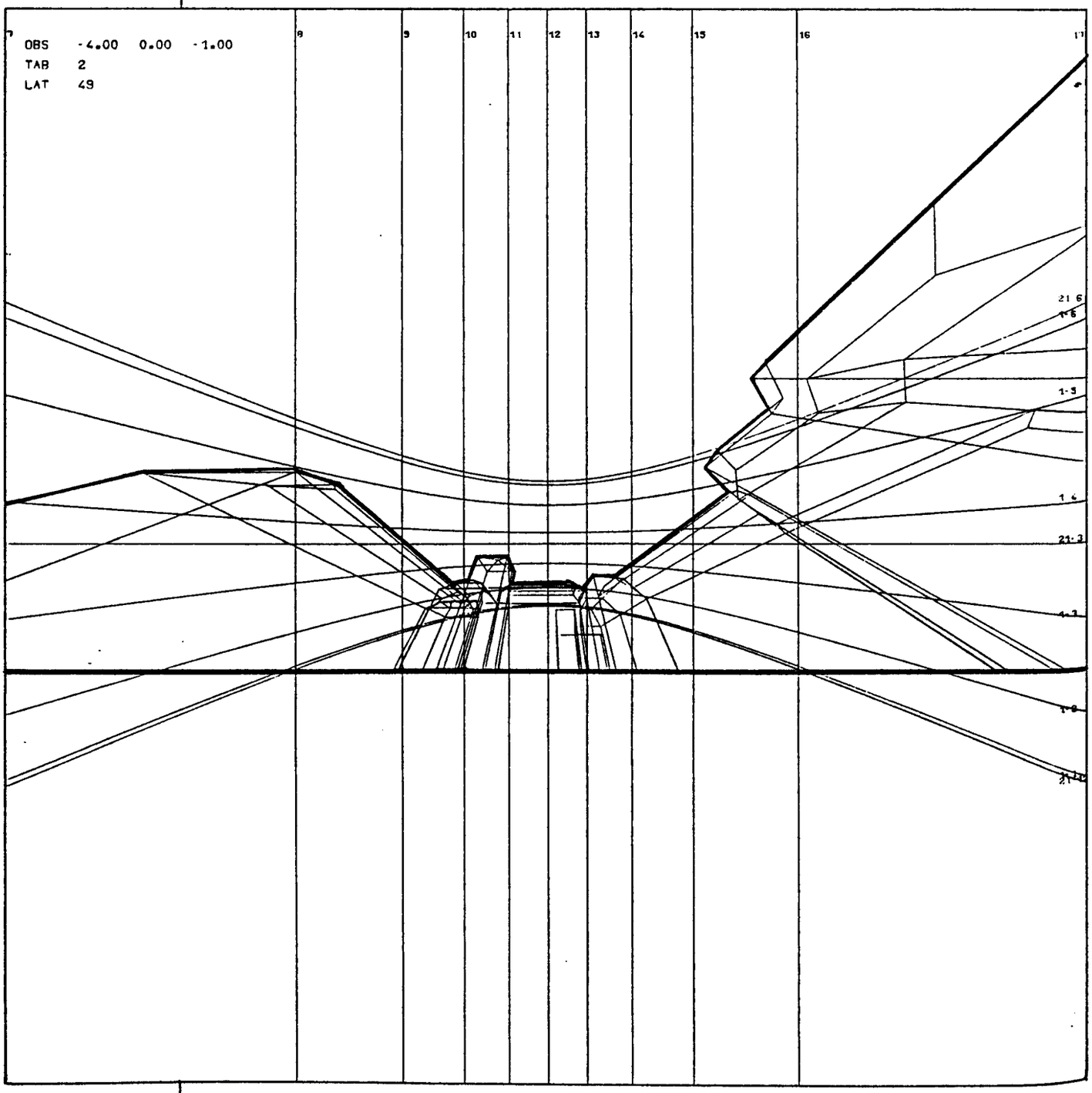
Les sorties sur traceur de courbe ou sur copieur d'écran permettent de conserver les résultats correspondants.

L'autre axe que nous souhaitons explorer intéresse la globalisation des questions énergétiques liées au chauffage. Des équipes suédoises notamment ont ouvert la voie en présentant des travaux comparatifs sur l'implantation d'habitat individuel, sur la répartition des surfaces de captage, sur la localisation des zones de stockage. Il serait nécessaire de mettre en oeuvre les problématiques correspondantes non pas dans le cas du seul habitat péri-urbain mais de les étendre au domaine des aménagements urbains proprement dits.

Au terme de cet exposé et dans cette dernière perspective, on peut, à nouveau, reprendre le registre des interrogations.

La conciliation de ces contraintes nouvelles et des sujétions habituelles aux opérations d'aménagement, va-t-elle dans le sens d'une réconciliation entre les approches techniques et l'art urbain ?

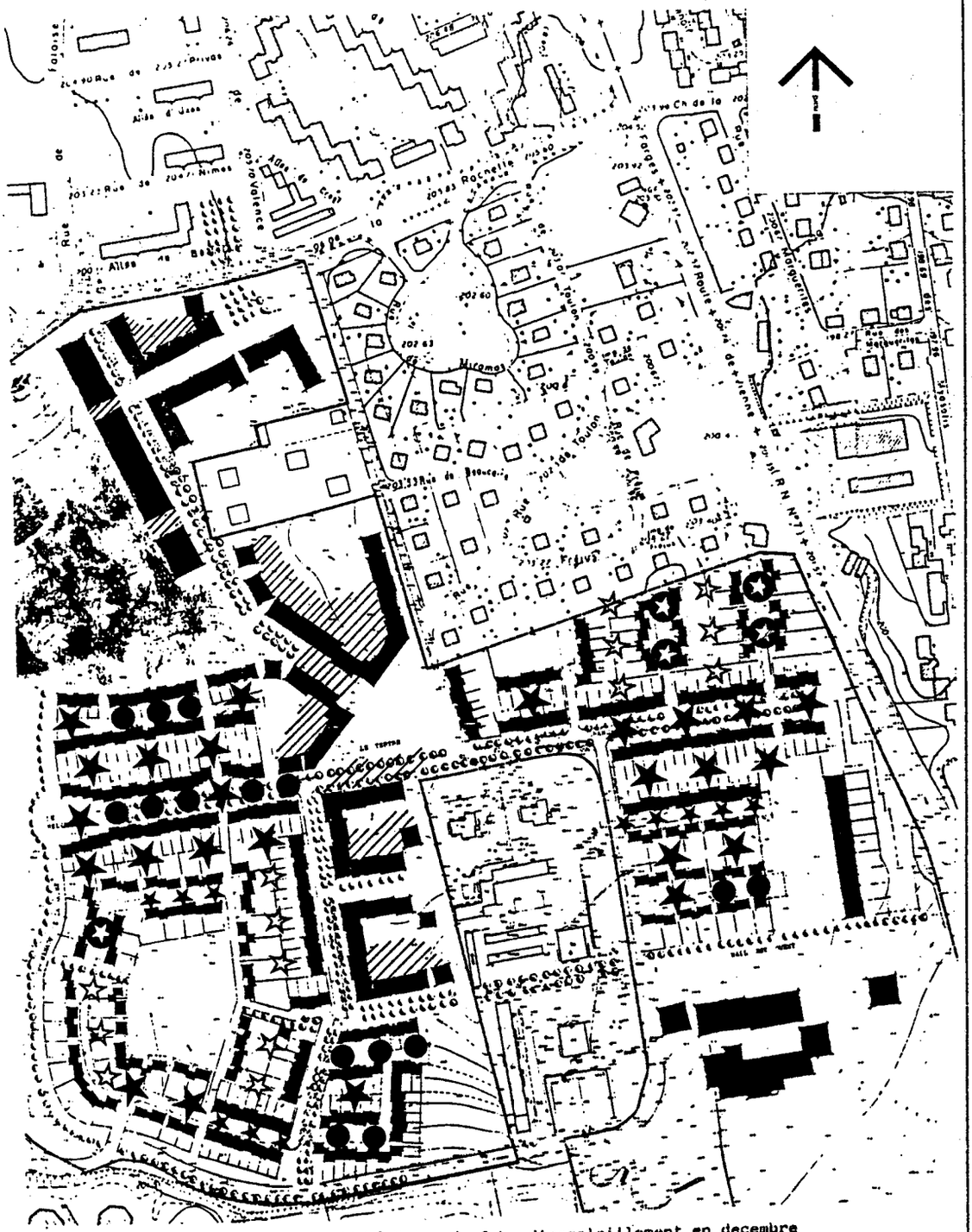
Comme elle a fait souvent les frais des approches hygiénistes, la ville devrait-elle encourir dorénavant les méfaits d'un bio-climatisme envahissant ?



Sorties graphiques superposant la projection des trajectoires solaires et la perspective des masques, pour un point de l'espace.

La projection sur un plan perpendiculaire à la direction du soleil le 21 mars à midi permet de n'utiliser qu'un tracé de courbes indépendamment de la latitude.

programme PROSOL du CERMA.



Moins de 2 h. d'ensoleillement en decembre
dans les espaces à proximité des immeubles

Pas de problème de masque sur façade Sud
Ensoleillement d'un seul cote de la rue
ou de l'espace extérieur

Alignement d'axe Nord-Sud

Rez-de-chaussée à l'ombre
Espace public à l'ombre

Masque sur la façade Sud
Toiture Sud ensoleillée

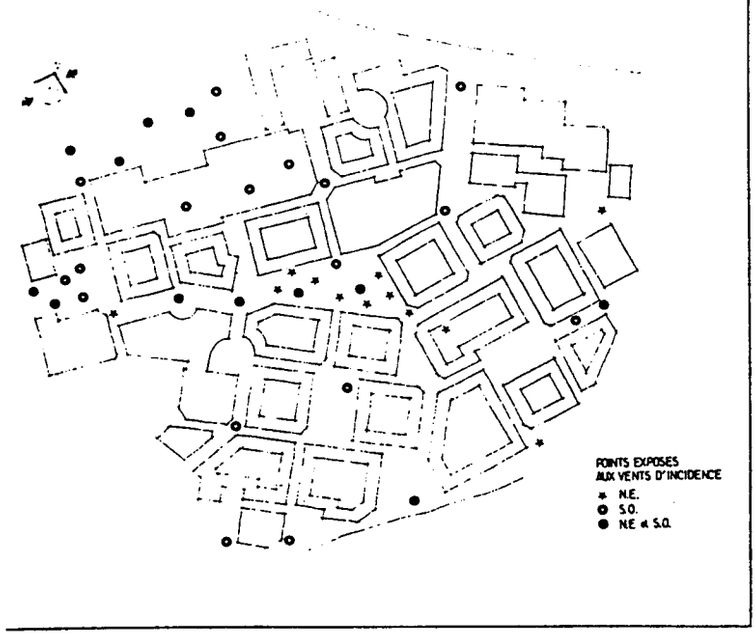
Ensoleillement alterne des 2 rives de la rue
Symétrie au soleil des façades Est et Ouest

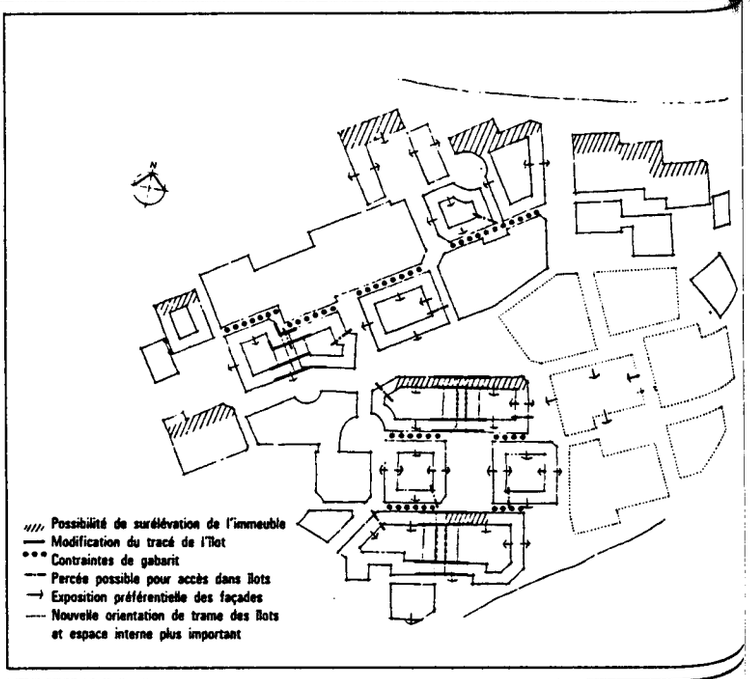
Alignement d'axe Est-Ouest

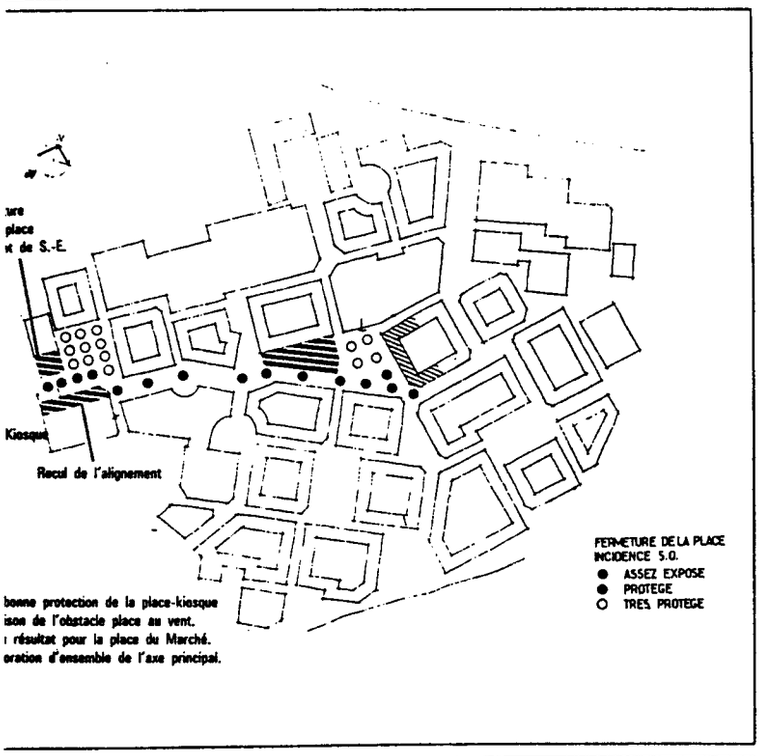
Ensoleillement du milieu de la rue
au cours de la mi-journée

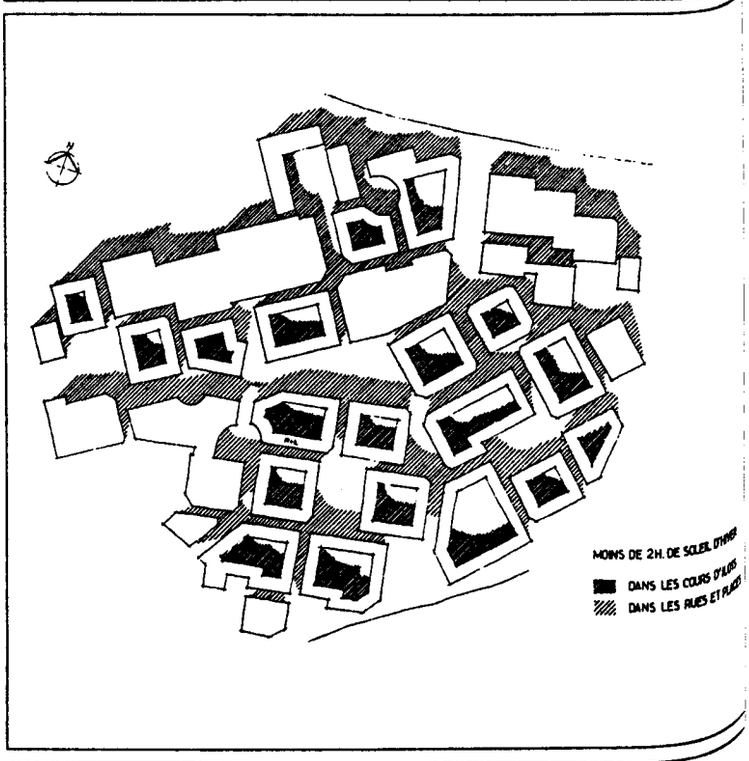
Synthèse des conditions d'ensoleillement en décembre

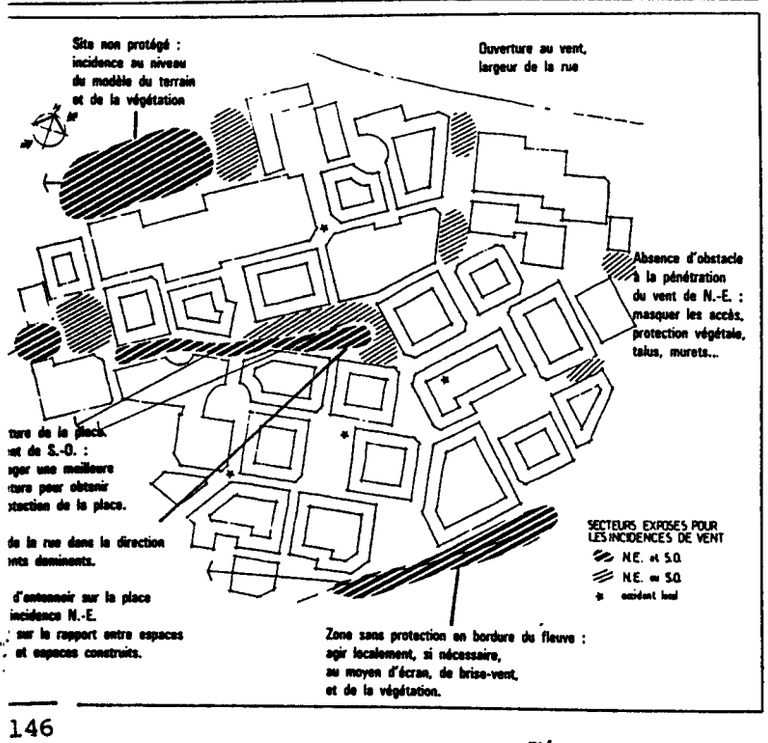
Eléments de l'étude de la Z.A.C. de Saint Fons

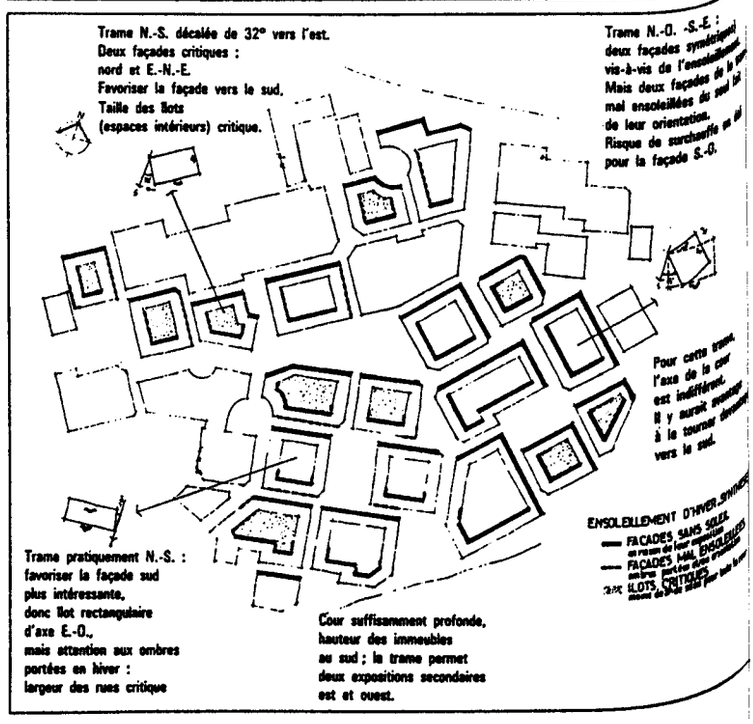












Eléments de la mise au point du projet de Beaulieu

Espaces urbains de transition, valeurs d'usage et capacités climatiques, un passage couvert parisien

G. Féry

G.A.A. Paris

Dans le cadre d'une approche globale des problèmes énergétiques de la ville, le travail de recherche que nous présentons s'est attaché à un dispositif particulier : l'espace de transition et plus précisément le passage couvert.

Le passage couvert, espace public sous verrière, apporte une contribution modeste et localisée mais efficace à ces vastes problèmes ; il offre une réponse qui allie les performances climatiques à l'insertion dans un milieu et des pratiques urbaines.

L'équipe de recherche associe trois disciplines dans une démarche commune : Claude Duchesne et Fathi Badra thermiciens du BERIM, Jean Marie Boucheret sociologue, Robert Joly et moi-même architectes.

Problématique

L'histoire des villes nous montre un grand nombre de dispositions qui ont **favorisé la création de micro-climats.** Les dispositions de ces lieux s'ajoutent à l'effet de ville : elles constituent des micro-climats dans le micro-climat urbain.

Ce sont des lieux **d'activités sociales importantes** : forum de l'antiquité, halle du moyen-âge, bazar oriental, cour du familistère, hall d'exposition et gare du XIXème siècle, ensemble à fonction multiple aujourd'hui ou centre commercial (qui se nomme volontiers Forum ou Agora).

Dans cette problématique de la ville et du climat, notre ambition serait :

- **d'optimiser leur emploi** dans une trame urbaine pour constituer des fragments du tissu ;

- **de fournir des réponses collectives** (serre collective) applicables en milieu urbain, élargissant le champ des recherches et expérimentations surtout engagées sur des cas ponctuels et autonomes (maison individuelle, bâtiment ou groupe de bâtiments isolés).

Approche architecturale

Les attitudes réductrices des théories d'urbanisme qui ont cherché à généraliser des principes d'orientation en les justifiant par le climat ont souvent obtenu des effets contradictoires entre les différents paramètres (ensoleillement, vent, par exemple), et surtout négligé la valeur d'usage de l'espace public.

L'espace de transition est une solution localisée et située qui peut prendre en compte les données particulières de son milieu d'implantation.

C'est un **outil de restructuration** des tissus urbains largement employé dans les transformations des villes ;

- désenclavement des quartiers anciens, dans des opérations spéculatives de la restauration (passages à Paris, Nantes, etc),

- grands tracés volontaires du XIXème siècle, comme les abords du Dome de Milan (Galerie Victor Emmanuel II) ou les gares, lieux de transit entre la ville et la province,

- rénovations récentes (Brunel Center de Swindon, G.B. ; Centre Desjardin à Montréal, etc) et coeur de ville nouvelle (Agora d'Evry).

L'espace de transition est implanté, schématiquement, de deux façons : il s'inscrit dans un tissu (passage) comme ramification d'un système en réseau, ou bien constitue un monde en soi en s'appropriant un morceau de l'espace public (centre commercial) qui assure en son sein sa propre centralité.

C'est un **outil d'embellissement des villes.** Sur ce thème dont les exemples sont multiples, Hector Horeau proposait de couvrir l'avenue de l'Opéra à Paris, Léon Krier d'implanter des "foyers de vie urbaine" dans Rome.

C'est un **refuge dans la ville** ; il protège des aggressions du climat comme de celles en milieu urbain. Lieu de convivialité, qui n'est pas celui du village mais plutôt de l'urbanité, on s'y cotoie dans un certain "savoir-vivre-ensemble".

C'était déjà le lieu de rencontre à la mode lors de la création des "passages" qui offraient un confort supérieur à celui de l'espace public extérieur. Ce qui le rend intéressant, écrit Peter Collymore à propos du Canada, c'est la "qualité des relations sociales plus encore que la protection contre le blizzard".

C'est enfin le résultat de la **collaboration des technologies** des parois et des équipements mécaniques. Les verrières ont un grand développement au XIXème siècle : serres, gares, halls d'exposition, grands magasins, etc... Elles connaissent un moment d'oubli avec le mouvement moderne qui s'appuie sur les techniques de conditionnement, et fait du verre un matériau de façade, une paroi qui neutralise les effets du climat et ouvre le bâtiment sur l'extérieur.

Avec la verrière géante de la bibliothèque Seeley à Cambridge (1967) de Stirling, c'est un retour en force, confirmé aujourd'hui par un regain de succès. Le verre devient un lieu d'échanges ; il entre dans un dispositif thermique où collaborent les équipements mécaniques (actifs) et le matériau d'enveloppe (passif) pour assurer le contrôle des conditions climatiques.

Approche climatique

Le passage Choiseul a été choisi pour site d'analyse par rapport à une série de critères sur lesquels il offre des réponses positives :

- **il est inscrit dans un tissu urbain** implanté comme beaucoup des passages de la Restauration, à la faveur d'une opération qui réunirait des terrains en centre d'îlot pour en permettre le franchissement,

- **son activité est encore importante** ayant su, contrairement à d'autres, se moderniser et bénéficiant d'une fréquentation appréciable (entre la Banque de France et le Crédit Lyonnais),

- **sa géométrie est simple**, sur le modèle parisien du passage : une rue droite de 200 m de longueur avec une verrière principale de 140 m, un profil en travers élancé de 3,90 m de large et 10 m de haut à la corniche (dans un rapport proche de 1 sur 3), une ventilation permanente généreuse activée par l'effet de hauteur (la verrière est décollée de 0,80 m sur toute sa longueur), une orientation N-S peu masquée par les immeubles voisins.

  L'analyse thermique s'est faite principalement sur les températures, la vitesse et l'humidité de l'air, et les flux par ensoleillement. (Voir pour la méthode et les résultats, le rapport de recherche).

  Les conditions d'optimisation de l'effet de serre sont loin d'être réunies dans le passage :

  . son profil élancé accentue la perte de chaleur par convection qui augmente avec la vitesse de l'air,

  . les parois ont une faible inertie et une faible absorption,

  . la ventilation permanente est importante,

  . le vitrage, attaqué par les pollutions, présente un indice de transmission médiocre.

Malgré cela, on constate que par des variations de températures extérieures faibles (ciel nuageux), celle du passage reste supérieure et bénéficie des apports par effet de serre de la verrière et par conduction des magasins.

Le matin, la restitution de chaleur des parois offre à l'intérieur une température supérieure à celle de l'extérieur.

Par des températures extérieures de grande amplitude (ciel clair) la courbe passe au-dessus de celle des températures intérieures entre 9 et 14 heures, c'est-à-dire qu'il fait alors plus frais à l'intérieur.

Comme dans la plupart des passages parisiens, on a privilégié le confort d'été.

Approche sociologique

L'enquête sociologique a été réalisée par questionnaire auprès des passants d'une part et par entretien avec les sédentaires du passage, d'autre part.

Le questionnaire comporte deux séries d'interrogations : les "questions fermées" de l'ordre du "comment", fournissent des éléments de description. Elles renseignent sur les caractéristiques socio-professionnelles générales, la situation géographique et les déplacements par rapport au lieu de travail et de résidence : elles donnent une évaluation de paramètres thermiques simples. Elles proposent de hiérarchiser les caractéristiques extra-climatiques, les conditions climatiques et les motifs de la fréquentation.

Les questions "ouvertes", de l'ordre du "pourquoi", impliquent les personnes interrogées pour qualifier le lieu dans une définition intrinsèque au moyen d'adjectifs et par ressemblance et dissemblance.

Les réponses aux "questions fermées" présentent une population jeune, active, où les employés dominent, avec plus de femmes que d'hommes. La localisation résidentielle joue peu. La fréquentation plutôt liée à l'activité professionnelle est une séquence de la vie urbaine marquée par le travail et la centralité du quartier de l'opéra : 60 % des personnes interrogées s'y rendent à pied.

L'image climatique est nettement favorable. Sa qualification en terme d'agrément est très variable, ce qui ne veut pas dire qu'elle soit arbitraire, mais liée à d'autres paramètres.

Le passage est propre, bien éclairé et calme dans un sens positif, pour la majorité des réponses. Ces caractéristiques précèdent le climat (64 %), c'est un espace abrité où l'on ne séjourne que brièvement. Les motivations sont équilibrées : circuler, acheter, se promener ; il s'y ajoute une dimension esthétique et la curiosité d'un objet un peu dérobé. L'intensité de la fréquentation varie beaucoup suivant les personnes interrogées, mais elle est peu influencée par la saison et le temps (72 %).

Les réponses aux "questions ouvertes" montrent le passage comme un lieu accueillant, commerçant, historique, original. Il est qualifié par définition intrinsèque et par dissemblance, ce qui prouve une **forte identification** (la meilleure image du passage est en lui-même). **Lieu agréable** pour 65 % des passants, ils le trouvent attrayant, charmant, etc... avec ce sentiment esthétique : joli, original, typé. L'animation n'est pas liée à l'intensité de la fréquentation, son calme le différencie des grands magasins : "ici, on est abrité de la pluie et des gens". C'est un diminutif de la grande ville.

Lieu commerçant, et pas commercial, il allie la vente et le service. On le trouve peu cher par rapport aux commerces du quartier, à certains centres commerciaux et il suscite des commentaires favorables. La banalisation du commerce, semblable à celle de la rue, est une raison de la prospérité du passage.

Lieu ancien, historique, il éveille un contraste d'historicité qui est plus le travail de la mémoire que de l'observation et l'on évoque volontiers des réminiscences littéraires.

Espace de transition ou lieu de séjour, il incite à la flânerie. On le cite rarement comme raccourci ; cette fonction peu exprimée n'en est peut-être que mieux accomplie. Espace de convivialité, on note la courtoisie des gens et on s'y donne rendez-vous : "c'est à la fois une rue et un lieu où l'on peut séjourner car on y est bien".

Les indications sur la ressemblance sont peu nombreuses. Cela est instructif sur **l'originalité du passage** (52 % des réponses) et sur la complémentarité de la ressemblance et de la dissemblance dans la formation de l'image de la ville. Tous les endroits sont différents d'ici : les grands commerces (agressivité, ambiances artificielles, prix élevés) les rues (agitation, indifférence), les espaces à ciel ouvert.

Les réponses des sédentaires sont moins contrastées car les enjeux sont contradictoires et source de conflits.

Lieu intime, protégé où s'établissent des relations familières, c'est **un "village" au "centre" de Paris.** On perçoit une opposition entre les vieux et les jeunes, les anciens et les nouveaux (ceux du prêt-à-porter qui changent souvent). La fréquentation d'employé(e)s est paisible, correcte pour les commerçants qui allient dans cette image tranquillité et centralité.

Le passage est bien situé (Opéra). Il produit lui-même une certaine centralité, au détriment des rues proches.

L'appréciation des facteurs climatiques est nuancée. Elle dépend autant de la situation des boutiques dans le passage que de la place des agents dans la hiérarchie professionnelle.

Le type de commerce diversifie l'activité du passage, en particulier, la mutation rapide de celui du vêtement et du prêt-à-porter.

Il en résulte un compromis : moderniser pour vendre, tout en se démarquant pour garder l'identité du passage.

Conclusion

Le facteur climatique, "facteur modifiant" comme dirait Amos Rappoport, est pris en compte dans un contexte culturel et social où d'autres facteurs interviennent. Il est apprécié par les passants, mais il n'est pas le premier critère ; il est plus important pour les sédentaires.

Le passage est fortement identifié, comme saisie globale de l'image de la ville. Par métonymie, il présente une forme condensée de l'espace urbain, par métaphore il est une évocation de la ville.

Village dans la ville, il est protégé des turbulences. C'est le lieu de rencontre d'activités variées : travail, résidence, échange, loisirs. Espace de transition, il est lieu de séjour autant que voie de circulation.

Cette analyse confirme une évidence qui mérite d'être rappelée : la perception de l'espace est avant tout syncrétique. La verrière est à la mode, mais elle ne fait pas à elle seule l'espace de transition, comme elle ne fait pas à elle seule la serre. La nature des commerces et le style de vente, la situation dans la ville, la liberté d'évolution dans un espace dont les limites sont tangibles,sont déterminants. Un de nos interlocuteurs définit le passage comme un lieu où l'on ne se perd pas ; il canalise doucement, par opposition au labyrinthe où les orientations sont multiples et au désert où les limites sont annulées.

2 - 17 juin 1983 - Séminaire Plan-Construction
Microclimat, confort et économies d'énergie

Cette journée avait pour but de présenter les résultats de deux recherches initiées avec le concours du Plan-Construction, de resituer ces travaux dans leur environnement scientifique national et international, et de dégager les perspectives des travaux futurs en regard des objectifs de confort et d'économies d'énergies.

Cette rencontre s'organisait en deux sessions :

. Métrologie et modélisation du microclimat
. Conditions et perception du Confort Thermohygrométrique

A. Session : Métrologie et modélisation du microclimat

Liste des participants

a) Chercheurs

MM. Christian SACRE	Climatologie - CSTB - Nantes
Philippe DUCHENE-MARULAZ	" " " "
Jean Pierre PENEAU	CERMA (UPA) Nantes
Mme Philomena MILLER-CHAGAS	ARIAS (UPA) Strasbourg
MM. Alain GUYON	Groupe ABC (UPA) Marseille
François PIONCHON	Architecte, Galuire
Luc BOURDEAU	CSTB - Groupe Thermique Solaire Sophia Antipolis
Xavier BERGER Jean Claude DEVAL	CNRS - Groupe Ecothermique Solaire Sophia Antipolis
Francis YGUEL	LES - CNRS - Poitiers
Roland FAUCONNIER	UTI - FNB - Saint Rémy les Chevreuses
Michel LECHAPELLIER	GREPS - UTC - Compiègne
Bernard METZ	Directeur - Centre d'Etudes Bioclimatiques - CNRS - Strasbourg
François GRIVEL	Recherches de Thermorégulation Comportementale, Centre d'Etudes Bioclimatiques du CNRS
Jean Pierre TROCHE	Association Re-source
Michel NAMY	" " " "

b) Administration de la recherche

MM. CHATRY	Chargé de Mission Plan Construction et Habitat
J.P. MARIE	Environnement et Energie de l'Habitat - SPPCH
P. RIVET	CNRS/PIRSEM - Paris
C. GENZLING	SRA - Direction de l'Architecture
Mme EDDI	MRI - MST (Energie et Matières Premières)
Mme ROCHE	STU - MUL

Déroulement

Monsieur Michel CHATRY introduit le séminaire en rappelant la vocation du Plan-Construction comme organe incitateur de recherches pluridisciplinaires dans l'Habitat, avec à l'heure actuelle une orientation majeure autour de six programmes finalisés : HEE85, HABITAT 88, REXCOOP, IMPEX, CONCEPTION ET USAGE DE L'HABITAT, EMPLOI ET VALORISATION DES METIERS DU BATIMENT. Cette journée est clairement située sous le thème des Economies d'Energies, c'est-à-dire dans le cadre de HEE85, néanmoins les recherches sur le microclimat et le confort peuvent être étendues à d'autres climats (REXCOOP) et fourniront des apports essentiels pour la conception globale de l'habitat (Conception et Usage).

De même si l'AFME est plus particulièrement associée à cette journée notamment au travers des objectifs HEE85 pour l'habitat et par extension pour le tertiaire, certains aspects des réflexions et des axes de recherches évoqués au cours de ces journées seront susceptibles de s'étendre aux préoccupations des nouveaux plans incitateurs : le Plan Urbain et le Plan Architecture et Qualité des Constructions Publiques.

Monsieur Jean Pierre MARIE souligne que l'habitat ne saurait se réduire au seul espace logement, mais qu'il faut considérer les espaces de "transition" vers l'extérieur (vérandas,..., halls, rues couvertes, ...) et les espaces extérieurs immédiats (espace de jeu, jardins, allées, ..., rues, ...), ces espaces ayant tantôt un caractère individuel, tantôt un caractère collectif, privé ou public, aux fonctions diversifiées.

Deux incidences des analyses du microclimat devront ainsi être considérées ; la recherche du meilleur confort climatique des usagers dans les différents espaces et la maitrise d'un environnement microclimatique favorable aux économies d'énergie dans le logement (formes urbaines, masques végétaux, ... propices à une réduction des effets du vent d'hiver, notamment des infiltrations d'air dans le logement, et des excès d'ensoleillement d'été,...).

Enfin, il convient de rappeler que la maitrise du climat ne saurait être dissociée de la maitrise des autres conditions d'environnement indépendantes ou incidentes (acoustique urbaine, nuisances et pollutions diverses,...) et, ne saurait dicter en soi des contraintes urbaines excessives.

Quelques travaux antérieurs ont permis de mieux cerner ce domaine, ce sont notamment :

- vent et confort (CSTB, INRA, CRMAA, ABC, Université de Rouen,...)

- Interaction des différents paramètres microclimatiques ; cas du bocage et des plans d'eau (INRA, CSTB, Université de Rouen, ...)

- "Microclimats Urbains, analyse bibliographique et expérimentale" (H. PENICAUD (1) et "configurations urbaines, apports énergétiques et microclimats dans trois ensembles d'habitat à Strasbourg" (ARIAS Ph. Millier Chagas et P. Paul) (1).

- Etude climatique, psychosociologique (AUA - Devillers,... (2) et sonore (CSTB - Rapin (3) d'une rue couverte.

Le recentrage sur le thème "microclimats urbains" (de fait "infra-urbains" et de "proximité" de l'habitat) résulte des appels d'offre Plan-Construction - CORDA de 1977 et 78 "Climat Architecture et Formes Urbaines" dont ressortent également les travaux ponctuels de l'équipe CSTB - CRMAA d'une part et de l'équipe CETE - PIONCHON d'autre part, sur financement du Plan-Construction.

Ce thème de travail doit être distingué :

- vers l'amont, des travaux coordonnés sur la typification des données climatiques (jours types et séquences types) (A.R.C. Plan construction AFME-CNRS) ;

- vers l'aval, des bases physiques d'un "Droit au soleil", fondé sur l'évaluation stricte des apports énergétiques de rayonnement solaire direct (cf. rapport préliminaire du CRU pour le Plan-Construction). L'obtention de bonnes conditions climatiques infra-urbaines en toutes saisons constitue bien entendu le premier lieu de débat dans la définition d'un "urbanisme solaire", par delà toutes les considérations usuelles sur la concurrence entre les différentes énergies.

A l'occasion d'un premier point des recherches du Plan-Construction et du CORDA, le colloque 1979 de COLLIOURE "Architecture climatique" avait été l'occasion d'élargir les débats autour des différentes thématiques.

(1) Rapports du Plan-Construction

(2) Rapport du CORDA

(3) Cahiers du CSTB

L'objet du présent séminaire "Microclimats" est au contraire strictement centré sur les processus d'analyse physique et de modélisation des phénomènes, avec pour point de départ la présentation d'une recherche actuelle en voie d'achèvement par le CSTB.

Présentation de M. Christian SACRE (C.S.T.B. Nantes)

"Etude expérimentale des différents paramètres climatologiques de confort à l'extérieur des bâtiments" (4).

M. Christian SACRE rappelle tout d'abord que l'étude typologique nécessaire au choix des sites avait été effectuée au préalable par le CRMAA - UPA de Nantes (MM. PENEAU et MANCEAU). Sur 100 sites, 9 avaient finalement été retenus pour l'analyse métrologique (citons par exemple : tissu ancien, pavillonnaire dense ancien, immeubles en bandes incurvées en sud en R + 4 et R + 7, ensemble de quatre barres enserrant un jardin rectangulaire, ensemble de maisons individuelles en équerre ou à patio, ...).

Les moyens de mesure détaillées sont définies en annexe.

Trois stations de mesure furent utilisées :

- la station météorologique de référence à l'établissement du CSTB à Nantes,
- une station de référence locale (température d'air, température du globe, rayonnement solaire) avec scrutation ou intégration toutes les 10 minutes,
- une station mobile.

La présentation effectuée aujourd'hui par M. SACRE se réfère à une période estivale (1) ; l'analyse d'une période hivernale est en cours.

Ont été observés en particulier :

(4) Pour plus de détails, on se référera à la communication de M. SACRE en annexe, sinon au rapport lui-même (en cours de rédaction).

(1) 20 demi-journées de beau temps chaud, 54 points de mesure (108 séquences de 10 minutes).

- un effet de macro-site urbain modéré : faible ilôt de chaleur, une altération modérée des vitesses de vent faible en milieu urbain, une faible altération du rayonnement solaire global en sites urbains (12 %) par rapport à la station de référence.

- peu de variations climatiques d'ensemble d'un site à l'autre, soit une absence de spécificité apparente des formes urbaines observées (tout au moins en période estivale ici concernée).

- par contre, à l'intérieur du site la proximité de masses minérales ou végétales induit des variations importantes (rayonnement des parois, température d'air plus élevée sous les arbres, ...).

Discussion sur la mesure de température globale

Cette mesure est effectuée au moyen d'un thermomètre enfermé dans un cylindre, fermé aux deux extrémités, de 40 cm de haut et 10 cm de diamètre (ces dimensions étant en similitude de Reynolds avec le corps humain); avec étalonnage du modèle d'échange (vent, ensoleillement) à la station climatique en régime permanent.

. l'étude de la similitude sur la base du nombre de Reynolds mériterait semble-t-il approfondissement (X. BERGER).

. La relation d'une telle mesure mesure globale à l'appréciation de conditions de confort mérite réflexion car l'on ne prend pas en compte les flux en courte longueur d'onde (R. FAUCONNIER).

. Le globe devrait avoir une "couleur" proche de celle du corps humain (Professeur METZ).

D'une manière générale, on peut souligner que la recherche de la meilleure définition d'une mesure de température globale comme indicateur des conditions de confort pour le corps humain, doit permettre de procéder à des mesures rapides de qualifications de site "a posteriori" en regard d'exigences de confort. Toutefois, seule la mesure des paramètres physiques élémentaires (θ air, θ ciel, θ parois,..., vitesse d'air, ...) permet de recaler effectivement un modèle prédictif.

Présentation signalétique d'autres travaux

M. Pionchon

. M. PIONCHON, architecte et CETE LYON (et Conseil INRA Montfavet) sur contrat Plan-Construction.

Mesure des conditions climatiques de 6 cours lyonnaises typiques de morphologies semblables (hauteurs, volumes, ...) mais à végétations fortement différenciées.

Les mesures en sont à leur début. A noter la mesure différencielle des conditions en cour, par le moyen de deux lignes reliées à la station de référence locale en toit d'immeuble.

MM. Troche et Namy

. MM. TROCHE et NAMY (Association Re-source).

réalisent pour le compte du STU, un manuel à destination des architectes-urbanistes, pour une meilleure prise en compte et maitrise du climat dans l'urbanisme (rayonnement solaire, survitesses du vent au voisinage de constructions, ...), et insistent plus particulièrement sur la nécessité de créations de banques de données de microclimats...

M. Guyot (ABC)

effectue une recherche exploratoire sur le végétal comme composant de l'architecture (A.O. Plan-Construction - COMES "les Composants Solaires de l'Architecture"), en liaison avec l'INRA et le CEPP de Montpellier.

La première partie de ce travail est à caractère bibliographique. La seconde partie tend à définir les exigences et contraintes d'utilisation du végétal, "matériau vivant", dans l'architecture. Pour cela, l'équipe effectue des mesures tests sur plusieurs sites (choisis au sein d'une typologie définie).

A noter l'utilisation d'un fish-eye doté d'un analyseur numérique pour la définition d'un taux de transparence du végétal (Technique de mesure INRA), ainsi qu'à l'avenir, également, l'usage d'un pyranomètre linéaire de 50 cm permettant de moyenner les mesures de rayonnement sur tout l'intervalle considéré de 50 cm (et de gommer ainsi les hétérogénéités par trop localisées de feuillages, ...).

M. J.P. Peneau (C.R.M.A.A. Nantes)

rappelle sa participation préliminaire aux travaux du CSTB pour la définition d'une typologie des sites.

D'une manière générale, le CRMAA Nantes, placé près de l'UPA, effectue des travaux visant à une valorisation des espaces collectifs par la maitrise des conditions d'environnement.

Le CRMAA dispose d'un certain nombre de moyens de simulation (soufflerie, thermographie qualitative, héliodon,...) et de mesure in situ (y.c. bruit) ; toutefois, le CRMAA estime que son rôle n'est pas d'effectuer des travaux strictement scientifiques comme ceux du CSTB Nantes (1), mais plutôt de les remettre en situation, et de réfléchir aux méthodes et outils de conception nécessaires aux architectes et aux urbanistes.

Mme Miller-Chagas (A.R.I.A.S. - UPA Strasbourg)

L'équipe de Mme MILLER-CHAGAS devait poursuivre en 1980 ses investigations sur le confort en espaces extérieurs, sur aide du Plan-Construction. Mais l'ARIAS et le CEB n'ont pu dégager simultanément des moyens en personnel suffisants pour l'engagement de ces travaux.

En regard de l'objet de ce jour et en ce qui concerne le climat strasbourgeois et d'une manière plus générale de l'Est et du Nord de la France, Mme MILLER-CHAGAS pense qu'une plus grande attention devrait être portée aux espaces collectifs couverts.

M. Yguel (L.E.S. - C.N.R.S. Poitiers)

signale le travail exploratoire du LES sur financement Plan-Construction en ce qui concerne l'étude des pertes convectives d'un cube en soufflerie, en similitude de Reynolds par rapport à un bâtiment exposé au vent.

Cette étude fournit des indications précieuses sur les variations dues à l'incidence du vent ; ainsi la façade "sous le vent" (en dépression) a des pertes bien plus importantes qu'on aurait pu le penser à priori.

(1) ou du LPC établissement de Nantes. Le LPC n'intervient pas toutefois dans le domaine de l'analyse du microclimat mais dans celui de l'analyse du bruit et dans un autre domaine effectue des études sur le stockage de calories dans le sol.

Pour autant que la validité de la similitude pourra être vérifiée plus complètement au plan des échanges convectifs (rôle de la couche limite) par un recalage in situ en grandeur réelle, ce type de simulation est d'autant plus profitable que le bâtiment est fortement vitré ou (et) faiblement isolé.

En effet, dans un bâtiment fortement isolé les pertes convectives seront faibles par rapport aux pertes par infiltration.

Un modèle prédictif, avec ou sans simulation sur maquette, devrait donc permettre d'apprécier la pondération de ces deux effets selon l'environnement microclimatique et pour un type de construction donné. Des travaux de base restent nécessaires tant en ce qui concerne les effets de la convection externe due au vent que des infiltrations d'air incontrôlées, par les cadres des baies, ou mal contrôlées, par les dispositifs de renouvellement d'air, "passifs" ou mécaniques.

M. Luc Bourdeau (C.S.T.B. Sophia Antipolis)

signale deux études du CSTB :

- l'étude des conditions thermiques du confort dans les espaces-serres en mi-saison et été, pour lesquels des expérimentations sont conduites à Malzeville (près de Nancy),
- l'étude de la cartographie d'ensoleillement des plans d'occupation des sols à échelle géographique dans les zones de relief, avec le concours de l'I.G.N.

M. Xavier Berger (C.N.R.S. Sophia Antipolis)

Le groupe d'Ecothermique du CNRS, en liaison avec la météorologie nationale (radio sondages atmosphériques sur la physique de l'atmosphère), étudie le paramètrage d'un modèle de la température de ciel (f (NO, CO2, ...)), plus spécialement pour les pays chauds.

Qualitativement, d'ores et déjà, on vérifie une absence d'effet de lieu (même à l'échelle planétaire), et aussi une quasi absence des effets dûs à la pollution, sur la température de ciel.

Discussion Générale

. M. YGUEL lance le débat sur les modifications du microclimat par le bâti.

Pour MM. DUCHENE-MURALAZ et SACRE, ces modifications ont été particulièrement étudiées au plan des variations de vitesse et de direction du vent à l'échelle de la ville ou du quartier (localisation des pollutions et étude de l'environnement de grandes structures), ou de quelques immeubles (études de structures proprement dites ou étude du confort à proximité du bâti). De même au plan thermique le phénomène d'ilôt de chaleur a été bien étudié à l'échelle de la ville. Par contre, l'étude des incidences de modifications du microclimat thermique à l'échelle de quartiers par l'introduction du bâti reste à faire.

. En ce qui concerne la typologie des espaces étudiés, Jean Pierre PENEAU remet en cause la partition stricte extérieure-intérieure et met l'accent sur l'étude des espaces intermédiaires. A ce niveau, Christian SACRE souligne qu'une distinction doit être faite entre espaces à l'air libre et espaces couverts.

. Pour le Professeur Metz, il convient de ne pas limiter les recherches aux "espaces extérieurs", il faut aussi songer aux espaces de jeux et de circulation, en introduisant la dynamique des transitions des rythmes d'activités.

. M. GENZLING pense qu'il ne faut pas réduire la notion de confort à celle, usuelle, d'absence d'inconfort. Par exemple, un vent fort peut, dans certaines conditions, à certains moments, être perçu comme agréable. En ce sens, Xavier BERGER pense que des études systématiques devraient être menées sur l'évolution de la perception du confort lors du passage contrasté d'une ambiance à une autre ambiance (gradients spatio-temporels d'ambiances et adaptations psychophysiologiques). Monsieur le Professeur METZ note que ceci a été relativement étudié au plan physiologique, néanmoins des études en situations diversifiées pourraient être systématisées.

Modélisation et données nécessaires

. Pour Mme MILLER-CHAGAS, parmi les paramètres déterminants du microclimat, on tend à sous-estimer les effets du rayonnement grande longueur d'onde, pourtant importants, ainsi que le prouvent les résultats de recherches menées à Prétoria. De même, une équipe suédoise à montré en régime variable qu'en négligeant ce facteur, l'on aboutissait à une température équivalente trop élevée (au détriment du confort et des économies d'énergies) (1).

(1) Cf. également un rapport de M. RAOUST au Plan-Construction.

. M. Xavier BERGER insiste sur les nécessités d'une prise en compte simultanée de l'ensemble des paramètres du climat : température, rayonnement, tension de vapeur d'eau... Notamment les phénomènes d'évaporation jouent un rôle particulièrement important dans les échanges énergétiques de façades, poreuses ou non, et de capteurs (surtout les capteurs froids).

En relation avec ce problème, M. Roland FAUCONNIER souligne l'utilité de disposer de bonnes corrélations pluie et vent. Monsieur Philippe DUCHENE-MARULAZ rappelle que ce thème a été traité par le CSTB à l'échelle de la France, mais que ce problème est en dehors du champ spécifique des recherches centrées sur les interactions microclimat-bâti dont il est question aujourd'hui.

M. Alain GUYOT pense effectivement que le champ des recherches sur les microclimats doit être recentré sur les micro-espaces. On devrait ainsi porter une attention toute particulière sur l'étude des composants d'architecture et les composants urbains, minéraux ou végétaux (revêtement, ...) pour la maitrise des microclimats dans ces micro-espaces.

. M. Michel LECHAPELLIER souligne enfin que l'étude de l'influence des conditions d'environnement sur le renouvellement d'air en habitat hyperisolé doit être considéré en priorité. En effet, il ne suffirait pas de dimensionner le dispositif de renouvellement d'air, l'étanchéité des fenêtres étant supposée acquise, uniquement par un vent fort ou moyen. Il serait à craindre que dans ce cas les conditions sanitaires soient insuffisantes par vent faible ou nul. Or dans le cas d'une forte augmentation du taux d'hygrométrie interne il est surprenant de constater que la réaction la plus usuelle est ... de fermer les fenêtres et ... augmenter la température du chauffage... (cumulant ainsi les désavantages de mauvaises conditions sanitaires et de consommations d'énergie importantes).

Métrologie

Métrologie : matériel lourd ou matériel léger en fonction de quels objectifs ?

. M. NAMY, architecte, pense que l'idéal serait de systématiser l'utilisation d'outils lourds (par la météorologie nationale ?) pour dresser des grilles de lecture des climats locaux.

Pour M. Christian SACRE et quelques autres participants un tel projet est utopique, car trop peu finalisé par les applications virtuelles et mobilisant des moyens par trop considérables (en référence, on peut songer aux difficultés de constitution de banques de données de réseaux urbains, en dépit dans ce cas de leur opérationnalité).

M. Philippe DUCHENE-MARULLAZ s'interroge sur les qualités toutes relatives d'un matériel de mesure léger, sur lequel par ailleurs, M. Alain GUYOT fonde beaucoup d'espoir. Il semble néanmoins que des progrès importants puissent être attendus au niveau des trois types de composants de stations mobiles (supports physiques, capteurs, système d'acquisition de données). Remarquons également que l'on peut associer des systèmes d'acquisition et de dépouillement de données sophistiqués à des capteurs de performances moyennes dans le cas de mesures nombreuses à caractère statistiques. Par contre, bien entendu, toute mesure visant au recalage de modèles devra allier la sophistication de tous les composants.

Annexe - Session A

Tableau de synthèse métrologie et modélisation des microclimats

ECHELLES ET TYPES D'ESPACE	Economies d'énergie	Confort	Observations
- Microéchelle de proximité de bâti	*** (1)	*** (2)	(1) prise en compte de l'influence des composants d'architecture minéraux et végétaux sur les paramètres d'ambiance (rayonnement, circulations d'air, humidité,...)
- Espaces intermédiaires (couverts à l'air libre)	*** (1) ** (1)	*** (2) ** (2)	
- Lieux de déplacement			
- Modifications climatiques de sites à l'échelle de quartiers	** (3)	*** (3)	(2) "Dynamiques" de confort (3) cf. "Le plan urbain"

Etudes spécifiques de données climatiques et de modélisation

(en cours ou (et) à approndir)

- rayonnement grande longueur d'onde,
- température de ciel,
- transferts de masse par évaporation (sur les façades, les capteurs, ..., par évapotranspiration du végétal)
- Rôle de l'environnement végétal ou minéral sur les mouvements d'air en regard des échanges convectifs et du contrôle du renouvellement d'air dans le logement
- "Transparence" ou "opacités" saisonnières du végétal

Métrologie

Développement de stations mobiles ou de composants spécifiques pour l'étude de typologies d'espaces diversifiés et le diagnostic.

Aides à la conception

- Guide de hiérarchisation de l'utilisation des outils à différentes échelles d'espaces et à différents niveaux de conception :
  - . reconnaissances sommaires de sites,
  - . utilisation de stations mobiles pour le "recalage" de sites par rapport à une station de référence,
  - . simulations sur maquettes (soufflerie, Héliodon, ...),
  - . simulations numériques,
  - . contrôle des conditions de site après conception.

- "banalisation" du matériel de métrologie

- "banalisation" de l'utilisation des dispositifs de simulation analogique (soufflerie, ...)

- Création et mise au point d'outils spécifiques de C.A.O.

B. Session : Conditions et perception du confort hygrothermique

Liste des participants

a) Chercheurs

MM. Philippe DUCHENE-MARULAZ Christian SACRE	Climatologie, CSTB, Nantes
Jean Pierre PENEAU	CRMAA (UPA) Nantes
Mme Philomena MILLER-CHAGAS	ARIAS (UPA) Strasbourg
MM. Alain GUYOT	Groupe ABC (UPA) Marseille
François PIONCHON	Architecte, Caluire
Hubert PENICAUD	Architecte, Le Monteil-Granrieu
Luc BOURDEAU	CSTB, Groupe Ecothermique Solaire Sophia Antipolis
Xavier BERGER Jean Claude DEVAL	CNRS, Groupe Ecothermique Solaire Sophia Antipolis
Roland FAUCONNIER	UTI - FNB, Saint Rémy les Chevreuses
Michel LECHEPELLIER	GREPS-UTC, Compiègne
Bernard METZ	Directeur, Centre d'Etudes Bioclimatiques, CNRS Strasbourg
François GRIVEL	Recherches de Thermorégulation comportementale, CEB CNRS, Strasbourg
Michel CONAN	Directeur Département Sciences Humaines, CSTB Paris
Philippe DARD	Sociologue, Département Sciences Humaines, CSTB Paris
Jean Pierre TROCHE	Association Re-source
Michel NAMY	Association Re-source

b) Administration de la recherche

MM. Jean Pierre MARIE	Environnement et Energie de l'Habitat, SPPCH
Jean Michel GINEFRI	MEB - DC, MUL, PASSY
Claude GENZLING	SRA, Direction de l'Architecture MUL, Passy
Jacques DEVAL	Direction de l'Architecture MUL Passy
Mme EDDI	MRI - MST (Energie et Matières Premières)

Déroulement

M. Jean Pierre MARIE introduit cette session en rappelant la continuité des préoccupations du Plan-Construction et du CNRS sur le thème du Confort Climatique depuis 1977 (Contribution au Plan-Construction à l'ATP Habitat Solaire du CNRS). Un groupe de travail de la Mission Chartier a souligné à nouveau en 1982 la nécessité d'assurer la continuité sinon de renforcer l'effort des recherches pluridisciplinaires dans ce domaine.

Ce thème de recherche a été inscrit par le Plan-Construction et l'AFME dans le cadre de HEE85. En effet, le développement de l'architecture climatique solaire ou (et) de l'hyperisolation introduisent à priori des conditions de variations plus importantes des ambiances internes dans les espaces vitrés ou (et) faiblement ventilés. Il importe ainsi de mieux connaitre la réalité et les incidences de ces modifications éventuelles et nouvelles de l'environnement climatique (et voire biologique par suite de confinements) dans les locaux habités. L'étude des conditions objectives nouvelles de leur perception et des processus d'adaptation comportementaux apparaissent ainsi de première priorité.

La présentation des résultats d'une recherche du CEB-CNRS illustre la nécessité et la fécondité d'une approche pluridisciplinaire en situation réelle et introduira un débat sur les perspectives de recherches futures, notamment au plan des méthodes d'analyse de la perception du confort.

Présentation d'une recherche au Centre d'Etude Bioclimatique du C.N.R.S. à Strasbourg par M. Grivel

"Influence du contexte d'activité, de l'environnement non climatique et des caractéristiques individuelles sur la perception de l'ambiance climatique en situation réelle dans le Tertiaire".

"La quasi totalité des recherches ayant eu pour objectif la détermination des conditions climatiques de confort subjectif et/ou la prédiction du degré d'inconfort ressenti par des personnes humaines au cours de leur séjour dans une configuration donnée de caractéristiques climatiques a été effectuée à la fois en exposant passivement les personnes à diverses conditions climatiques et en ignorant délibérément l'influence possible du contexte situationnel non climatique, aussi bien matériel (espace, éclairement, bruit, décor, ...) qu'humain (par exemple, présence d'autrui), et de l'activité dans laquelle la personne est momentanément engagée" (F. GRIVEL, M. MARTIN).

En abordant de manière récente, l'analyse de l'évaluation du confort en conditions réelles, le CEB s'est interrogé principalement sur les hypothèses suivantes :

1°) l'évaluation d'un état de confort est-elle strictement liée à l'expression d'une "neutralité thermique" perçue, ou au contraire, les perceptions du "frais" ou du "chaud" ne peuvent-elles pas également dans certaines conditions être associées à une évaluation de confort (pour Fanger et coll., seule la thermo-neutralité perçue, le "légèrement frais" et le "légèrement chaud" seraient indicateurs de confort thermique).

2°) La formulation d'un jugement de satisfaction ou d'insatisfaction n'est-elle pas différente selon que le sujet a la possibilité d'agir ou non sur le climat ambiant ?

3°) D'autre part, le contexte non climatique (caractéristiques des personnes, âge, sexe, ...), les relations de travail, l'éclairage, l'espace, ...) ne sont-elles pas à même de modifier la perception et l'évaluation du climat ?

Des observations conduites par le CEB dans les transports en commun et en bureaux ont permis effectivement de confirmer la première hypothèse (non concordance entre la perception de neutralité thermique et l'évaluation du confort).

Métro (488 sujets)

Pour une perception thermique, on observe	très froide tF	froide F	fraîche f	neutre FC	tiède c	chaud C	très chaud tC
Evaluation de confort %			67	94	58	54	11

Bureau (366 sujets) (*)

Pour une perception thermique, on observe	tF	F	f	FC	c	C	TC
Evaluation de confort en %		0	17	85	77	50	10

Les observations en bureaux, effectuées pour des conditions climatiques voisines et proches de celles assurant l'équilibre thermique par régulation vasomotrice seule ont permis également de vérifier le bien fondé des hypothèses 2 et 3.

Pour y parvenir, les chercheurs ont d'abord annulé par le calcul (emploi d'un modèle prédictif) les différences locales en température ambiante, en isolement thermique du vêtement et en production de chaleur métabolique (1).

Après analyse multidimensionnelle des perceptions de la température ambiante par l'analyse factorielle des correspondances, il est apparu notamment que :

- une moindre modification à la perception de la température ambiante chez les sujets à qui est offerte la possibilité d'agir sur divers éléments de l'environnement que chez ceux à qui cette possibilité n'est pas offerte.

(*) Cf. Rapport Plan-Construction "Evaluation du Confort Thermique déclaré en situation réelle" (F. GRIVEL, B BARTH - CEB - 1980) et communications : 1979 au colloque "Architecture Climatique" organisé par le Plan-Construction à Collioure..." et en 1983 au Séminaire SFT à Lyon.

(1) Il est entendu que l'on ne peut espérer obtenir le même niveau de précision de la part des modèles prédictifs employés en situ qu'en laboratoire, compte tenu des approximations affectant l'estimation de l'isolement thermique des vêtements et de la production de chaleur métabolique. Néanmoins, les effets dus à ces facteurs d'erreur seront suffisamment faibles ici pour laisser apparaitre l'importance des facteurs non thermiques.

- une perception de la température ambiante légèrement plus élevée chez les hommes jeunes que chez les femmes jeunes (à vêtement égal),

- des influences plus importantes de l'environnement matériel global, de l'éclairage, de la complexité estimée du travail et de la relation aux supérieurs hiérarchiques, sur la perception de la température ambiante.

Discussion

M. Philippe DARD (CSTB - Sciences Humaines) s'interroge sur la neutralité du mode d'enquête (introduction des enquêteurs par les hiérarchies d'entreprises, questions fermées) par rapport à l'expression des perceptions, notamment en ce qui concerne l'environnement matériel.

M. François GRIVEL indique qu'effectivement l'enquête en bureaux présente ce risque : le plus souvent, les résistances principales à l'enquête avaient été le fait de la hiérarchie ; une fois ces résistances surmontées, les enquêteurs n'ont pas eu le sentiment de travailler dans des conditions particulièrement conflictuelles. Quand au mode de questionnement, il était inhérent aux objectifs. Il s'agissait de "recaler" "in situ" des modèles prédictifs issus des travaux de laboratoires et d'en discerner les limites d'utilité pour des caractéristiques d'environnement variées, mais déterminées (éclairage, complexité du travail, ...). Pour cette première "mise en porte à faux" des modèles de laboratoire, il a semblé suffisant de mettre en évidence les liaisons éventuelles entre écarts (prédiction-observation) et facteurs contextuels.

M. Michel CONAN (CSTB - Sciences Humaines) trouve cette approche originale et intéressante. Mais le fait que l'on ait cherché à représenter les jugements sur l'environnement climatique au moyen d'un "modèle additif" de chacun des facteurs de contexte le surprend. N'évacue-t-on pas le "social" au travers d'un questionnement par trop centré sur le "psychophysiologique" ? Ne pourrait-on mixer une telle approche sur les conditions d'environnement et une approche sur le social ?

A ces questions, M. GRIVEL répond que la méthode retenue part de ce qui est le mieux connu et maitrisable, à savoir les échanges thermiques et la psychologie expérimentale de la perception thermique pour traiter dans une première étape de ce qui est le plus commode à appréhender, c'est-à-dire l'influence des facteurs d'environnement. Pour cela, on admet implicitement l'hypothèse simplificatrice qu'en conditions de bureau, l'influence des facteurs sociaux s'exerce de façon additive de concert avec les facteurs purement matériels.

De ce point de vue, l'étude de l'influence des conditions d'environnement dans les lieux d'habitat, sur la perception du confort thermique, apparait d'emblée plus complexe, notamment en liaison avec la variété des usages de l'habitat.

Pour M. Michel CONAN, ce travail parait devoir être poursuivi d'abord sur les lieux de travail. Il lui semble que la méthode qui consiste à analyser des écarts par rapport à une référence tend à privilégier "le modèle additif". Si l'on s'éloignait davantage des conditions de confort thermique, des interactions entre facteurs thermiques, facteurs d'environnements et facteurs sociaux interviendraient probablement de manière marquée selon les personnes. Et dès lors, le modèle additif ne saurait permettre de répondre à lui seul de manière évidente, pour autant qu'on puisse encore en conserver le principe. Il conviendrait donc de rechercher des milieux de travail variés pour vérifier quelles sont les limites de tel ou tel modèle et tenter de mixer différents modes d'analyse.

M. BERGER insiste sur la nécessité d'observer l'influence des **gradients thermiques spatio-temporels** sur l'évaluation du confort thermique, pouvant accentuer l'agrément/le désagrément des sensations thermiques ("plaisir"/"déplaisir" thermique selon certains auteurs) ; de même en ce qui concerne le **rôle visuel de l'environnement.**

M. François GRIVEL souligne que la notion de "plaisir thermique" est liée à la perception de compensations thermiques, tendant à ramener le sujet vers l'état d'équilibre thermique, lorsqu'il se situe initialement en ambiance "trop chaude" ou "trop froide" (exemple souffle d'air frais survenant dans une ambiance trop chaude,...)

Monsieur le Professeur METZ rappelle que l'élaboration de modèles du type "Fanger" ne peut se concevoir qu'en **ambiance** stable, et permet au concepteur de fournir des **valeurs cibles.** L'étude du confort en régime variable est beaucoup plus complexe ; peut-être devrait-on la limiter à la recherche d'une définition des **marges probables pour quelques transitions types.**

Ainsi, des travaux du CEB en chambres climatiques ont-ils été conduits de la façon suivante pour 48 sujets : exposition des personnes inoccupées à 25°C (air et parois) pendant une heure, puis liberté d'exploration des températures d'air et des parois pendant deux heures, à l'aide d'une commande non graduée. Par ce moyen, l'on retrouve la valeur moyenne prédite par Fanger, mais il est intéressant de constater que certains sujets manipulent peu fréquemment et doucement les commandes, alors que d'autres recherchent leur équilibre thermique par une succession d'ambiances contrastées, autour de la température moyenne dite de confort, sans forcément se caler sur celle-ci. Il pourrait être judicieux de systématiser l'observation de ces comportements de transitions thermiques de courtes périodes (*).

Pour Mme MILLER-CHAGAS et M. GENZLING, l'hypothèse de la recherche, ou plus encore du maintien d'une neutralité sensorielle thermique pour définir les conditions idéales du confort leur parait particulièrement restrictive pour la conception architecturale des espaces de l'habitat.

Cela magnifie implicitement le modèle de "l'habitat climatique", alors que la "réalité" des situations agréablement vécues dépasse largement ce cadre et que d'autre part lesdits systèmes de climatisation sont loin d'avoir fait l'unanimité sur le plan du confort (sans compter le coût énergétique), même dans des conditions de bureau, pourtant bien plus favorables que l'habitat à l'introduction de normes.

M. Michel NAMY met l'accent sur l'influence des possibilités d'action sur le système de conduite de chauffage sur l'évaluation même du confort. M. GRIVEL confirme que cette hypothèse a été vérifiée dans le cadre de l'étude présentée sur l'évaluation du confort en conditions de bureau. Ainsi les niveaux de non satisfaction apparaissent plus importantes chez les personnes condamnées à la passivité.

Messieurs DEVAL et BERGER insistent à ce propos sur la nécessité d'une prise en compte des marges d'adaptation psychophysiologiques en situations dynamiques. Pour Monsieur BERGER, la considération des trois paramètres physiques de base (température résultante, hygrométrie, vitesse de l'air) permet effectivement d'explorer des "lieux de confort" très variés au cours d'une journée climatique donnée, surtout si l'on

(*) L'étude des phénomènes d'adaptations physiologiques sur des périodes de quelques jours à des ambiances non tempérées ont par contre été largement étudiées (adaptations sudorales ou métaboliques).

considère que la température résultante ou effective s'obtient par une pondération entre température d'air et température de rayonnement des parois (parois opaques, parois vitrées, radiateurs, ...). Et finalement, chacun des paramètres du climat peut varier au cours de la journée de manière considérable pourvu que l'influence de chacun d'eux soit **dynamiquement** compensée par les autres (*). L'objectif est peut-être alors de s'approcher de diverses manières de la neutralité thermique. Mais sans doute dans ces conditions peut-on tenir compte de plages transitoires **d'adaptation psychophysiologiques** assez importantes.

M. Michel LE CHAPELLIER souligne d'autre part qu'à température résultante donnée, il est plus "confortable" **d'avoir une température d'air légèrement inférieure aux températures de parois verticales ou horizontales.** Ce que confirme le Professeur METZ d'après les études en chambres climatiques.

Notons que ce mode de fonctionnement peut être particulièrement économique si les parois sont bien isolées extérieurement et si les taux de renouvellement d'air sont importants (cuisine, fort taux d'occupation, ...).

M. Claude GENZLING met l'accent sur les rapports **confort et santé** et sur les **facteurs d'adaptation physiologique** à des conditions climatiques exceptionnelles.

Le Professeur METZ indique que l'adaptation climatique à des conditions climatiques extrêmes, chaudes ou froides, a été bien étudiée (adaptation par changement de rythmes d'activités et, sur une longue période, par modifications métaboliques et sudorales). Par contre, historiquement et assez naturellement l'étude de la santé résulte davantage d'approches sur la pathologie que de l'étude de l'incidence des processus d'adaptation aux conditions d'environnement ; ainsi la mise en relation entre confort et santé reste-t-elle un champ de recherche très peu exploré.

Ph. DARD (CSTB - Sciences Humaines) fait état des **enquêtes sociologiques** réalisées par le CSTB pour le Plan-Construction sur **l'acceptabilité des innovations en thermique de l'habitat** (solaire, pompe à chaleur, ...).

(*) Exemple de fonctionnement d'une maison solaire réalisée près de Nice par un jour ensoleillé d'hiver :
- matin : murs frais, air frais, rayonnement solaire direct par baies à l'est en cuisine, ...)
- milieu de journée : air solaire chaud et agité (captation en toiture, insuflation à v = 0,3 m/s)
- fin de journée : les parois du séjour et des chambres sont chaudes (solaire direct) air doux.

De grandes différences apparaissent sur ce point entre les usagers de l'habitat individuel et ceux de l'habitat collectif. En effet, l'habitat individuel (et surtout en accession à la propriété) est le lieu d'un fort "investissement" personnel, et les efforts d'appropriation de l'innovation peuvent être importants (participation à la maintenance, valorisation de "l'image de marque", ...). Par contre en collectif les usagers marquent une plus forte exigence envers la maturation des techniques et "s'investissent" peu, même au plan symbolique.

Il est également évident que dans des secteurs d'innovation qui ont été fortement "publicités" par les médias (l'habitat solaire, ...), on a constaté dans un premier temps une très forte valorisation des expériences. Par contre, le temps passant, et la publicité également, les difficultés relatives de l'expérience ne sont plus valorisées, les comportements tendent à redevenir normatifs ou même récessifs, étrangers à l'innovation, ceci pouvant aller jusqu'au rejet.

Il reste que l'habitat, a contrario du bureau, est un lieu d'investissement affectif important. Sans doute est-il possible de pouvoir tabler sur des plages d'adaptation des comportements particulièrement larges (et par voie de conséquence sur des plages d'évaluation de confort étendues), sous réserve que l'innovation soit perçue comme socialement valorisante.

Allant plus loin encore, M. Philippe DARD pense que la clé explicative de l'adaptation des comportements à certaines techniques est dans l'acceptation d'un déplaisir momentané, ou d'un retard par rapport au désir de bien-être de l'instant, et de critères exogènes (participation à l'effort national d'économie ou innovations ; "être original", ...).

Monsieur CONAN pense que l'étude de l'influence des conditions objectives ou objectivées des éléments de l'environnement sur l'évaluation du confort et sur les modes d'adaptation des comportements est fondamentalement nécessaire. Il reste qu'en mettant l'accent sur tel ou tel phénomène, on est amené à restreindre le champ d'étude. Alors, il faudrait se garder des limitations propres à telle ou telle approche et tenter d'éliminer toute restriction mentale due à une référence implicite à une "idéologie du bien être"

Des approches complémentaires seront donc nécessaires pour restituer aux sujets étudiés toute leur dimension sociale, pour que leurs contacts thermiques avec l'environnement et leurs relations avec les machines ou dispositifs architecturaux qui commandent cet environnement soient appréciées en termes de "vécu", de "significations", de "symboles".

En conclusion

Les études récentes, en conditions réelles (de transports en commun et de bureau), du CEB - CNRS de Strasbourg, dirigées par le Professeur METZ, ont bien montré que la qualité d'ambiance confortable ne saurait être attribuée aux seules ambiances thermiquement neutres (critères de Fanger), c'est-à-dire réalisant l'équilibre des échanges thermiques à une température cutanée moyenne voisine de 33,5°C en régime stable.

De ce fait, et fort heureusement, nous disposons de marges d'adaptations physiologiques, sensorielles et comportementales importantes. Il était essentiel dans une première étape (conditions de bureaux) de discerner l'ampleur globale des marges d'adaptation sensorielles et de tenter d'appréhender l'influence relative des caractéristiques des personnes (âge, sexe, ...) et du contexte de l'environnement non thermique (éclairage, espace, relations de travail, ...).

Les recherches ultérieures devraient s'attacher, d'une part à explorer plus largement, dans des situations climatiques et contextuelles variées et transitoires, la dynamique de l'adaptation psychosensorielle thermique des personnes, et, d'autre part, à mieux resituer le champ des perceptions et évaluations individuelles dans leur contexte social.

L'habitat apparait de ce point de vue comme un lieu d'expressions variées où les marges d'adaptation personnelles sont certainement importantes, lorsqu'elles sont motivées. Mais c'est aussi sans doute le lieu de vie le plus complexe dans ses dimensions sociales et le moins accessible à l'observation scientifique directe.

*
* *

Cette session aura montré la fécondité des dialogues entre disciplines différenciées.

Le rapprochement des différentes méthodes d'investigation en conditions réelles apparait en effet, indispensable pour permettre de fonder de manière aussi complète sinon aussi incontestable que possible les marges "dynamiques" vécues d'évaluation des conditions de confort dans l'Habitat Climatique Econome en Energie.

Actes du Séminaire ARDEPA, les 13, 14 et 15 mai 1982
à l'Ecole d'Architecture de Nantes
et du Séminaire Plan-Construction, le 17 juin 1983
Microclimat, confort et économie d'énergie.

Photo de la couverture D A AGACHE → remodélation de Rio de Janeiro