



**HAL**  
open science

## Actes du colloque "Conception des formes urbaines et contrôle énergétique" (Nantes, 24 et 25 avril 1986)

M. Guillou, Jean-Pierre Peneau, Bruno Fortier, J. Lucan, J.P Troche, D. Delaunay, Daniel Groleau, D. Schilling, J.P Orfeuil, Jean-Louis Izard, et al.

### ► To cite this version:

M. Guillou, Jean-Pierre Peneau, Bruno Fortier, J. Lucan, J.P Troche, et al.. Actes du colloque "Conception des formes urbaines et contrôle énergétique" (Nantes, 24 et 25 avril 1986). 1986. hal-01899690

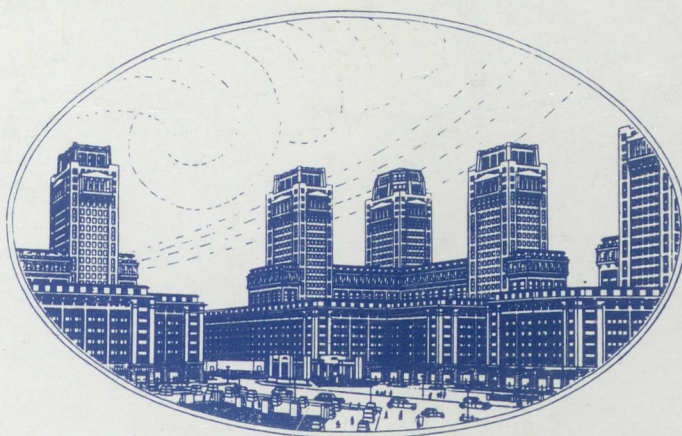
**HAL Id: hal-01899690**

**<https://hal.science/hal-01899690>**

Submitted on 19 Oct 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## ACTES DU COLLOQUE

### CONCEPTION DES FORMES URBAINES ET CONTROLE ÉNERGÉTIQUE

NANTES 24, 25 avril 1986

*Organisé par le C.E.R.M.A. de l'Ecole d'Architecture de NANTES, avec  
le concours de la Direction de l'Architecture et de l'Urbanisme et l'Agence  
Française pour la Maîtrise de l'Energie.  
Sous la présidence de Monsieur le Préfet de la Région des Pays de la Loire.*

C.E.R.M.A. ÉCOLE D'ARCHITECTURE DE NANTES

CONCEPTION DES FORMES URBAINES  
ET CONTROLE ÉNERGÉTIQUE

ACTES DU COLLOQUE des 24 et 25 avril 1986  
à la Salle des Congrès Neptune à NANTES

## SOMMAIRE

### INTRODUCTION

#### ALLOCUTION D'INAUGURATION

M. GUILLOU - Déléguée Régionale à la Recherche et à la Technologie des Pays de Loire

#### PRESENTATION DU COLLOQUE

J.P. PENEAU - C.E.R.M.A. NANTES

### LES NOUVELLES DONNES DE LA CONCEPTION URBAINE

#### L'EXPERIENCE DE L'ATLAS DES FORMES URBAINES

B. FORTIER - I.F.A. PARIS

#### FORMES URBAINES ET FRAGMENTS URBAINS

J. LUCAN - A.M.C. PARIS

#### ZONES PERI-URBAINES ET ENERGIE : QUELLES PROBLEMATIQUES ET QUELLES REPONSES

J.P. TROCHE - Groupe Re-Sources PARIS

### INSTRUMENTATIONS ET RECHERCHES RECENTES

#### MICRO-CLIMAT D'UNE RUE

D. DELAUNAY - C.S.T.B. NANTES

#### FACTEURS PHYSIQUES ET PROJETS URBAINS : QUELQUES CONSTATS

D. GROLEAU - C.E.R.M.A. NANTES

#### FORME URBAINE ET ENERGIE : ETUDE DE LA REPARTITION DES CONSOMMATIONS A STRASBOURG

D. SCHILLING - MAIRIE DE SCHILTIGHEIM

#### MOBILITE, CONSOMMATION D'ENERGIE ET STRUCTURE D'ESPACE

J.P. ORFEUIL - INRETS PARIS

#### QUELQUES METHODES POUR CALCULER LE COUT ENERGETIQUE DES FORMES URBAINES VIS-A-VIS DU RAYONNEMENT SOLAIRE

J.L. IZARD - Groupe ABC MARSEILLE

#### D'UNE TYPOLOGIE DES ESPACES EXTERIEURS A LEUR CARACTERISATION THERMIQUE EXPERIMENTALE

C. SACRE - C.S.T.B. NANTES

#### DU DIAGNOSTIC A L'EXPERIMENTATION EN SOUFFLERIE : CONTRIBUTION A LA CONCEPTION DES ESPACES URBAINS

J. GANDEMER - C.S.T.B. NANTES

**PROBLEMATIQUES ENERGETIQUES ET PROJETS URBAINS**

LA CONSERVATION DE L'ENERGIE DANS QUELQUES PROJETS SUEDOIS : LE PROJET DE STOCKHOLM  
B. OLOFSDOTTER - BYGGFORSKNINGSRADET - STOCKHOLM

LA CONSERVATION DE L'ENERGIE DANS QUELQUES PROJETS URBAINS : L'UTILISATION DE  
L'ENERGIE SOLAIRE PASSIVE DANS LES PLANS DE DEVELOPPEMENT ET DEUX SECTEURS DE  
MAISONS JUMELEES  
G. NORDFELDT - K. KONSULT - STOCKHOLM

CONCEPTION LOCALE EN AUTRICHE  
K. SEMSROTH - TECHNISCHE UNIVERSITAT - VIENNE

ETUDE DES NUISANCES ENVIRONNEMENTALES D'UN PROJET DE CONSTRUCTION EN SITE SUBURBAIN  
M. RENSON - Laboratoire de Physique du Bâtiment - UNIVERSITE DE LIEGE

PROBLEMATIQUES ENERGETIQUES ET PROJETS URBAINS - AMENAGEMENT ET ENERGIE  
D. LENOIR - S.C.E.T. - PARIS

ARCHITECTURE URBAINE BIO-CLIMATIQUE : APPROCHE METHODOLOGIQUE D'UN PROCESSUS DE  
PROJETATION  
M. REMON et F. NICOLAS - Architectes

ETUDE DE CLIMATISATION DE LA GALERIE VITTORIO EMANUELE II A MILAN  
B. MERELLO - Faculté d'Architecture de MILAN

CONTROLE CLIMATIQUE DE L'ESPACE SOCIAL  
B. CULIAT et R. ERSKINE - STOCKHOLM

**CONCLUSIONS DU COLLOQUE**

E. DURAND - Agence Française pour la Maîtrise de l'ENERGIE - VALBONNE

P. LAJUS - Adjoint du Directeur de l'Architecture et de l'Urbanisme

## INTRODUCTION

**ALLOCUTION D'INAUGURATION**  
M. GUILLOU - DÉLÉGUÉE RÉGIONALE A LA RECHERCHE  
ET A LA TECHNOLOGIE DES PAYS DE LA LOIRE

Monsieur le Président, Mesdames, Messieurs,

Je suis très heureuse d'accueillir à NANTES, au nom de Monsieur le Préfet, Commissaire de la République de Région, les Spécialistes Européens qui nous font l'honneur de participer à cette rencontre sur la conception des formes urbaines et le contrôle énergétique.

Le colloque qui commence me paraît exemplaire à plusieurs titres.

Tout d'abord, il permet une confrontation internationale des travaux de recherche et des expériences de chacun.

En second lieu, il offre un terrain de rencontre à plusieurs professions que la tradition sépare : notamment les architectes et les ingénieurs.

La Région des Pays de la Loire, dont NANTES est la Métropole, a toujours accordé une place importante au développement d'activité de recherche sur les thèmes qui vous préoccupent.

Les installations successives du Laboratoire Central des Ponts-et-Chaussées et du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment en sont des exemples probants. Mais il existe également un ensemble d'équipes qui, à l'Université ou dans les Ecoles d'Ingénieurs ou d'Architectes, constituent un pôle de recherche et d'expérimentation autour du Génie Civil et du Bâtiment.

Ce pôle a vu son activité reconnue et soutenue financièrement par le Conseil Régional, depuis plus de quatre ans maintenant.

Aussi, je me réjouis de voir qu'à l'initiative du C.E.R.M.A. de l'Ecole d'Architecture et de Monsieur PENEAU plus particulièrement, une confrontation internationale va enrichir et stimuler le travail accompli par le milieu de recherche régional.

Votre rencontre enfin s'adresse à la fois aux Architectes et aux Ingénieurs, il rassemble architectes spécialistes de l'énergie et de l'urbanisme.

C'est également un des atouts du Certificat d'Etudes Approfondies en énergétique et architecture urbaine mis en place récemment à NANTES ; la poursuite de réflexion et de travail en commun entre architectes, spécialistes de l'environnement, spécialistes de l'énergie, spécialistes de l'urbanisme me semble à encourager.

En conclusion, permettez-moi d'espérer que vos travaux, déjà ouverts à plusieurs professions, connaîtront un grand retentissement.

En priorité, je souhaiterais qu'ils soient entendus du monde du bâtiment et des travaux publics dont la modernisation et le développement constituent un enjeu essentiel.

Je souhaiterais également qu'ils soient prolongés par une coopération active avec les responsables chargés, au sein des collectivités locales, de gérer le cadre de vie et d'effectuer les choix énergétiques.

Le rapport entre l'organisation urbaine et l'énergie est une donnée importante de l'aménagement.

Les Elus, les Professionnels, les Responsables administratifs attendent de vos travaux, et de ce colloque en particulier, des indications pour les aider dans leurs choix quotidiens.

Aussi j'espère que ces deux journées se dérouleront dans les meilleures conditions et formule des vœux pour le plein succès de cette manifestation.



## PRÉSENTATION DU COLLOQUE

J.P. PENEAU - C.E.R.M.A. NANTES

Les 13, 14 et 15 mai 1982, un colloque équivalent se tenait à NANTES sur le thème des "Problèmes énergétiques de la ville". La centaine de participants à ces journées avaient entendu des communications relevant tour à tour de la présentation de problématiques énergétiques, de méthodes de contrôle d'ambiance, de projets exemplaires, de résultats de mesures microclimatiques. Cette hétérogénéité même donnait une image de la multiplicité des préoccupations d'un auditoire qui associait des scientifiques, des aménageurs, des architectes et des urbanistes, ainsi que des représentants des organismes d'état concernés.

Ce type de réunion présente toujours l'avantage de la confrontation d'une gamme d'expériences et de points de vue qui n'ont que trop tendance à s'échanger dans les sphères restreintes de chacune des disciplines. La question complexe des interactions entre la ville et l'énergie gagne pourtant à être abordée sous des éclairages multiples. La diversité des approches révèlent des complémentarités que les barrières institutionnelles ou thématiques n'ont que trop tendance à occulter.

Les journées de 1982 avaient permis de créer ce courant d'échange et de représenter un de ces moments privilégiés où certains décloisonnements semblent possibles. Il fallait, en conséquence, renouveler l'opération.

A cet objectif est venu s'ajouter la volonté de confronter la situation française à quelques expériences étrangères et tout particulièrement aux réalisations suédoises. Celles-ci, connues par les publications de l'organisme officiel de recherche en matière de bâtiment dans ce pays, n'ont pratiquement jamais été présentées en France. Il y avait là une lacune à combler. Sur ces thèmes de contrôle énergétique de l'architecture urbaine en regard du contexte suédois, il était difficile de ne pas évoquer l'oeuvre majeure et la personnalité de Ralph ERSKINE. Gageons que la présence, ardemment souhaitée, de celui-ci à NANTES constituera un point fort de la manifestation.

Ces éléments sur les filiations et les finalités du colloque rappelés, il y a, sans doute, lieu de s'expliquer sur le titre choisi. L'articulation invoquée entre "conception des formes urbaines" et "contrôle énergétique" appelle sur chacun des termes quelques précisions.

La conception des formes urbaines, désignée aussi par l'activité de "projet urbain", s'efforce de développer une approche des problèmes d'aménagement de la ville distincte des formulations de l'urbanisme technique et réglementaire. Sans que l'une ou l'autre démarche soit de quelque manière opposée, il faut bien constater que les seules prescriptions juridiques et techniques ont le plus grand mal à définir un principe efficace de contrôle de la forme urbaine. En regard de cette difficulté, le projet urbain se propose d'être l'instrument de la délimitation et de la qualification de l'espace public. Pour remplir cette tâche, il doit tout autant définir les caractéristiques formelles des constructions qui le délimitent que préciser

la nature et la texture des espaces extérieurs ; de ces "vides" généralement laissés pour compte de l'aménagement de la ville.

Si l'on a pu avancer, à propos de ce type d'approche, la formule de "nouvelles données" de la conception urbaine, on pourrait également appeler cette expression en regard des questions de l'énergétique.

La recherche d'économies d'énergie ou de solutions alternatives qu'avaient entraîné les syndromes des chocs pétroliers paraissent hors des préoccupations présentes. Il serait sans doute utile de dépasser la seule approche de l'énergétique de la ville en terme économique de coût de chauffage, de l'éclairage ou des déplacements, pour prendre en compte les valeurs d'usage liées au confort, à la satisfaction, voire au plaisir de la fréquentation collective ou personnelle des espaces urbains.

A l'échelle de la rue, de la place, du quartier : confort thermique, phénomènes aérodynamiques, pollution, nuisances dues aux bruits et déplacements appellent d'autres méthodes, d'autres approches et d'autres problématiques que celles intéressant la seule maîtrise du chauffage des locaux.

La relative accalmie que connaît le secteur de la recherche -moins assujéti aux pressions institutionnelles et politiques réclamant en matière d'énergie des résultats immédiats et spectaculaires- doit être mise à profit pour clarifier les rapports toujours ambigus existant entre les approches architecturales et scientifiques. Les techniques de contrôle de ces dernières doivent composer avec les attendus esthétiques, poétiques et référentiels qui s'appuient sur les mémoires et les cultures de la ville.

A l'inverse, les arguments de conception correspondants ne peuvent plus être développés dans l'ignorance des avancées théoriques et instrumentales qui garantissent la maîtrise des éléments objectifs de l'environnement urbain.

Dans le domaine de l'énergétique urbaine, comme dans d'autres domaines, cette osmose entre les deux types de démarche représente un des enjeux du perfectionnement des procédures de conception ; et, bien sûr, à partir de celles-ci, un des moyens de l'amélioration du cadre de vie.

Espérons que cette question sera débattue et approfondie lors de ces journées de rencontre nantaise et que la problématique correspondante pourra s'en trouver confortée.

Des conditions thématiques, mais aussi pratiques nous ont amené à structurer les deux journées de la manière suivante : la première séquence intéresse successivement le rappel des idées forces qui régissent actuellement la conception urbaine, puis la présentation de recherches qui -en regard des approches référentielles et symboliques- s'efforcent d'appliquer des méthodes d'analyse et d'expérimentation objectives. Celles-ci constituent autant d'aides à la conception des formes urbaines et d'outils garantissant un ajustement correct entre maîtrise de l'énergie et maîtrise de l'espace.

Pour s'assurer une traduction simultanée, les interventions de nos collègues européens ont été regroupées lors de la seconde journée. Nous avons jugé bon de présenter -en contrepoint de ces expériences étrangères- deux contributions françaises intéressant l'une, un exemple tout à fait significatif de conciliation entre des objectifs énergétiques et architecturaux, à propos d'une forme urbaine très caractéristique de place sur maille carée ; l'autre, le point de vue général de l'aménageur, soucieux d'adapter

ses décisions aux fluctuations du contexte économique et institutionnel et tenu d'en comprendre les évolutions, voire d'en anticiper les effets.

Enfin, qu'il soit permis, à l'issue de cette présentation d'appeler un renouvellement peut-être plus fréquent de ce type de rencontre. En dépit de la séquence quadriennale qui était amorcée par le séminaire de 1982, puis par le présent colloque, NANTES n'a pas prétention à devenir l'OLYMPIE du monde de l'énergétique urbaine. Les équipes, qui en ont fait un pôle relativement actif dans ce domaine, sont, en revanche, toutes prêtes à rendre à leurs collègues française et étrangers, la pareille de cette visite, en des temps qui seraient plus rapprochés et des lieux qui pourraient l'être moins.

LES NOUVELLES DONNES DE LA CONCEPTION URBAINE

## L'EXPÉRIENCE DE L'ATLAS DES FORMES URBAINES

B. FORTIER - I.F.A. PARIS

Il n'y a pas si longtemps, l'idée que l'on puisse apprendre d'une ville, s'interroger sur son histoire, l'observer pour mieux la poursuivre, aurait semblé étrange et passablement utopique. Elle l'est un peu aujourd'hui. Peut-être parce que les trente dernières années ont finalement produit des villes sans grand mystère, et rendu d'autant plus étonnante la création des villes préexistantes.

Notre regard, en tous les cas, n'est plus le même. S'il est vrai que l'histoire s'est longtemps penchée sur la ville, c'était, le plus souvent, pour lui demander à travers quels conflits, au milieu de quels jeux d'intérêts, par le biais de quelles stratégies elle s'était modifiée et était venue jusqu'à nous : rarement pour l'explorer et la décrire, et plus rarement encore pour tenter de comprendre de quoi elle était faite et comment elle s'était constituée. Son territoire, si elle en avait un, restait très largement inexploré. Ce qui fait sa solidité, ce qui en constitue l'identité restaient autant de questions marginales, au moins jusqu'à ces toutes dernières années : dix ans, quinze ans, peut-être, qui ont fait de l'archéologue, de celui qui parcourt, scrute, mesure et représente, l'égal et le protagoniste du stratège dans cette nouvelle écoute urbanistique, et remis en présence architectes et urbanistes.

L'un des meilleurs exemples de cette mutation est sans doute celui de Paris. Il serait difficile d'ignorer la richesse de l'histoire parisienne, encore plus de minimiser l'importance -évidente aujourd'hui- d'études topographiques qui, après tout, n'ont jamais cessé de la lire comme un espace à part entière ; un univers en soi, minéral et sédimentaire, ancré dans une géographie reçue et peu à peu créée à travers ses jardins, l'évolution de ses couvents, le franchissement de ses enceintes... Mais, même situées à la verticale de la ville, ces travaux cherchaient rarement à en restituer le visage, à en décrire les traits et à dire dans quelles formes, mouvantes et régulières, s'était investie sa croissance : questions récentes, qu'il revient aux études italiennes et françaises -celles d'André CHASTEL, François BOUDON, Françoise HAMON et Hélène COUZY sur le quartier des Halles, celles de Jean Pierre BABELON, Françoise LOYER, Bernard ROULEAU sur les tissus et la croissance parisienne, celles aussi d'architectes comme Bernard HUET et Christian DEVILLERS-, d'avoir réactualisées en amorçant une archéologie ouverte, attentive à la dimension dynamique des processus sédimentaires...

### L'INVISIBLE VISIBLE

L'idée d'un atlas de Paris et d'un inventaire dessiné de son évolution au XIXe et XXe siècle s'inscrit évidemment dans cette perspective : à un moment où la banlieue moderne pose plus que jamais le problème de sa ré-invention et de sa consolidation à long terme, saisir la configuration d'une ville dont la périphérie et une partie du centre ont été, au départ, con-

frontées au même type de problèmes, ne nous semblait pas utile... Or, si nous savons tout des "politiques" urbaines et des décisions essentielles de ces deux derniers siècles, si l'histoire des projets nous est de mieux en mieux connue, et notamment pour le XIX<sup>ème</sup> siècle (1), nous ne connaissons rien, ou presque, de la manière dont les unes et les autres ont été mises en oeuvre, ni de ce qu'a été, à son échelle la plus élémentaire, la fabrication de la ville.

D'où l'idée d'aborder frontalement ce problème. De refaire dans Paris les voyages de MARVILLE ou d'ATGET, en s'appuyant comme eux sur ce qui est visible, mais en cherchant aussi à repérer les structures invisibles, les formes de projets désormais figées dans la pierre, qui lui ont permis de se faire. Tentative difficile (2), puisqu'elle revient à ressaisir la forme de la ville dans ce qu'elle a de plus secret et de moins accessible, son système parcellaire, sa géométrie, ses tracés... Travail, surtout, presque impossible si le XIX<sup>ème</sup> siècle ne l'avait lui-même amorcé en dressant de Paris un relevé à plan coupé, proche de ceux que NOLLI et PIRANESE avaient dressé de Rome, dont les trente mille dessins (3), assemblés et redessinés sur une dizaine de quartiers, ont déjà modifié l'idée que nous nous faisons de Paris et de sa formation au début du XIX<sup>ème</sup> siècle.

#### LE PUR ET L'IMPUR

La première image à tomber, après trois années de travail, aura sans doute été celle d'une ville "planifiée", lentement constituée sous l'influence de politiques urbaines qui en auraient dicté la forme et guidé la croissance... Hypothèse un peu courte qui conduit souvent à ne retenir de Paris que les réalisations haussmanniennes, et en tout cas ne cadre guère avec ce que les cartes nous révèlent du dessin de Paris tel qu'il se présentait au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle : une ordonnance on ne peut plus complexe, très peu de grands tracés, d'interventions à grande échelle : une ville aux prises avec elle-même que la géométrie transforme, investit et idéalise, là où, précisément, on ne l'attendait pas.

On croit à des programmes, à des tracés spectaculaires, quand ce sont des milliers de projets -d'immeubles et d'hôtels, de théâtres et de passages- qui sont en réalité au travail et la font évoluer au rythme d'une architecture de plus en plus déliée, dont l'importance, déjà sensible au tout début du siècle, se confirme progressivement : dans les quartiers résidentiels d'abord (laboratoire, comme le fut la Chaussée d'Antin, des transformations de l'hôtel et du passage des maisons à étages aux immeubles du XIX<sup>ème</sup> siècle (4), puis dans les grands quartiers d'affaires (la Bourse, Saint Lazare), où les plans fragmentaires de GISORS, BRONGNIART ou HITTORFF n'ont si bien réussi que parce qu'ils ont été nourris par des programmes entièrement neufs (immeubles de fonte et de verre, entrepôts et passages), capables d'utiliser toute la profondeur d'un flot pour le reconstruire sur lui-même, à partir de verrières, de galeries, de chemins de lumière..., qui vont marquer Paris jusqu'au début du XX<sup>ème</sup> siècle.

Une seconde image, qu'il nous a bien fallu abandonner, était celle d'une ville "pure", et dans laquelle l'ensemble des projets et des inventions théoriques qui forment, au tournant du XIX<sup>ème</sup> siècle, comme un immense musée imaginaire, se serait investi pour la redessiner. Intuition peut-être moins fausse, mais qu'il faut savoir confronter à l'incessant effort d'a-

daptation, aux inflexions systématiques que dévoile le moindre coup d'oeil à la topographie concrète. Car si l'architecture de cette époque se renouvelle, s'étoffe en s'idéalisant, (des Ecoles de Chirurgie de GONDOIN aux projets parisiens de BOULLEE, des Serres de ROHAULT), c'est à travers un travail incessant d'inscription dans l'architecture et dans la géographie existante, d'assimilation volontaire de la réalité qui donne précisément aux projets idéaux du néo-classicisme une part de leur identité : phénomène évident dans le cas des Hôtels -régulièrement inscrits dans des terrains irréguliers-, et bien sûr, dans celui des immeubles. Mais qui vaut également pour beaucoup de percées, moins destructrices et moins violentes qu'on ne veut bien le dire ; au point qu'il faut sans doute y voir l'indice d'une "économie" fondamentalement différente de celle que nous connaissons aujourd'hui.

Là où nous supposons une volonté, une idée de la ville assez simple pour s'être un jour traduite en termes politiques, ce sont vraisemblablement des centaines, des milliers de micro-décisions qui ont été à l'oeuvre et ont finalement abouti aux paysages que l'on connaît : moins par l'intermédiaire de choix coercitifs que par le biais de règles d'urbanisme, d'ailleurs très souvent laconiques : alignement, mitoyenneté, gabarits... Et moins encore par l'effet de ces règles que par l'effet d'un art urbain très spécifique, où l'exigence de perfection et d'élaboration géométrique qui marque toute l'architecture civile à partir du XVIIIème siècle, s'est soumise jusqu'au XXème siècle (chez des professionnels tels que BEAUDOIN, ou EXPERT et jusque dans certains projets puristes de LE CORBUSIER ou ELKOUKEN), à un impératif "morphologique" ou invention et interprétation, modification et poursuite de ce qui existe déjà, et de ce toute ville a finalement de collectif, étaient encore une évidence.

#### UNE ARCHEOLOGIE CONTEMPORAINE

Ce jeu incessant du projet, et son rôle au niveau le plus fin, là où l'on attendait un cadre impératif et général, cette capacité qu'a longtemps eu l'architecture de dialoguer avec la ville, de la réinventer sans la trahir, ne constituent, bien sûr, que deux exemples -il y en aurait bien d'autres- de ce qu'une approche plus précise des phénomènes de formation aurait à nous apprendre dans un domaine où l'histoire seule ne suffit pas : tout simplement parce qu'elle travaille ici sur des structures inaccessibles. Sur une archive omniprésente, mais paradoxalement opaque, faite de bâtiments familiers dont la configuration nous échappe, de programmes dont on se sait plus s'ils ont été pionniers (comme le passage du Caire), ou seconds (comme celui du Grand Cerf) dans l'urbanisation des quartiers qui maintenant les enserrrent, de désordres savants et de perfections apparentes...

Si bien qu'avancer sur ce plan suppose d'y voyager en historien, mais également en géographe et en archéologue. Ne serait-ce que nous rendre visible une ville à l'architecture invisible, et qu'il faut dessiner pour connaître.

NOTES

- (1) Nous pensons en particulier pour la France, aux études de Michel GALLET, Monique MOSSER, Jean Marie PEROUSE DE MONTCLOS et Daniel RABREAU sur le premier néo-classicisme, à l'inventaire de l'architecture néo-classique parisienne que poursuit actuellement Werner SZAMBIEN, et aux récents ouvrages de François LOYER (Le siècle de l'Industrie - Skira 1983) et de Claude MIGNOT (L'architecture au XIXème siècle - Le Moniteur 1983) sur l'architecture civile du XIXème siècle.
- (2) Entrepris il y a quatre ans avec l'aide de l'Ecole Nationale Supérieure des Beaux-Arts, cet atlas se poursuit aujourd'hui dans le cadre de l'Institut Français d'Architecture. Il bénéficie du concours du Ministère de l'Urbanisme et du Logement (Service de la Recherche Architecturale, Plan Urbain), ainsi que de l'appui du Service National du Cadastre, sans lequel la transposition des cartes du XIXème siècle sur une base géodésique précise n'aurait jamais été possible.
- (3) Ces dessins -entre vingt et trente mille documents- sont actuellement déposés au Département des Cartes et Plans des Archives Nationales et au Département des manuscrits de la Bibliothèque Nationale. Étudiés par Michel LE MOEL, ils se composent pour l'essentiel, de trois séries : l'une rassemble des plans par quartiers (F31 1 et 2), la seconde des plans par îlots (F<sup>31</sup> 73 à 96), la troisième et la plus nombreuse des plans d'immeubles (F<sup>31</sup> 3 à 72). Il existe une version lithographiée du Vasserot par îlots, publiée vers 1835 (cf. Michel LE MOEL, Catalogue général des cartes, plans et dessins d'architecture, Répertoire des Plans cadastraux de Paris F31 3 à 72 - SEPVEN, Paris, 1969).
- (4) Cette longue transition de l'hôtel particulier à l'immeuble a été étudiée par Michel GALLET (Paris Domestic Architecture of the 18th century Londres, 1972) et Pierre PIRON (Référence et Coexistence, A.M.C. 1977).



## FORMES URBAINES ET FRAGMENTS URBAINS

J. LUCAN - A.M.C. PARIS

Depuis quelques années, en FRANCE, on ne construit plus de très grandes opérations de logements.

On ne construit que des opérations restreintes; les logements se comptent par dizaines, jamais, ou exceptionnellement, par centaines.

Ces opérations ne s'installent plus que très rarement sur des terrains absolument vierges, sur les terres agricoles qui furent les champs de prédilection pour le développement des "grands ensembles" et des "villes nouvelles".

Au contraire, nous sommes à l'intérieur d'ensembles déjà urbanisés, dans des centres historiques ou des banlieues, dans des "grands ensembles" ou des "villes nouvelles" dont les lignes principales ont été tracées depuis longtemps, nous sommes sur des terrains restés vagues ou récemment libérés par suite de leur désaffectation.

Nous sommes dans la logique de la reprise, du complément, de la réhabilitation ou de la rénovation. Nous ne sommes plus dans une logique d'extension de l'agglomération, même si celle-ci n'a pas absolument cessé; elle a seulement pris des formes plus "discrètes" et diffuses: le mixage pavillonnaire n'épargne que peu de paysages.

### UN CHANGEMENT DE PERSPECTIVE

Ne plus être dans une logique d'extension a des conséquences sur la teneur que prend dorénavant tout projet urbain.

La planification a perdu beaucoup de ses prérogatives. La planification urbaine, avec l'appareil de ses schémas directeurs, n'est plus adéquate pour répondre à une situation de stagnation, elle qui était d'abord faite pour guider la croissance vers un avenir toujours plus optimiste. L'urbanisme est en crise; avec retard, il prend conscience de la transformation d'une situation. La planification urbaine n'a d'ailleurs pas manqué d'être le plus souvent contredite par les "événements": les prévisions ont toujours été révisées en baisse, le cas des "villes nouvelles" est sans doute exemplaire.

Il n'est pas alors étonnant que la dernière décennie ait vu se développer tout l'appareil des P.O.S. (Plans d'Occupation des Sols) qui n'est au fond qu'un appareil de gestion d'un patrimoine foncier et immobilier: les P.O.S. ne souhaiteraient-ils pas la prolongation d'une sorte de statu quo?

### TRAITER DES FRAGMENTS

Ne plus être dans une logique d'extension a une seconde conséquence relative à la taille et à la situation des projets.

Plutôt que de traiter des ensembles urbains qui veulent se suffire à eux-mêmes, qui veulent intégrer toutes les dimensions de l'habitat, il s'agit maintenant de traiter des fragments.

Parler de fragments signifie qu'une opération de construction n'est pas une entité absolument autonome ; elle devra, au contraire, s'articuler à l'environnement existant, l'environnement permettra de la qualifier puisqu'elle y sera prise.

Un fragment complète un ensemble déjà existant ; ou encore l'ensemble est d'une autre échelle que tout fragment, aussi grand soit-il. La ville reconquiert ainsi une temporalité longue qui transcende la suite des opérations dont elle est l'objet.

### UN URBANISME PRAGMATIQUE

Ce que réclament donc les nouvelles conditions de projet, c'est un urbanisme pragmatique qui sache négocier avec toutes les situations locales.

Il n'est pas étonnant que le développement des études urbaines localisées, "contextuelles", ait été contemporain de l'abandon ou de l'asphyxie des grands projets d'aménagement. On peut affirmer, sans trop de risque d'erreur, que la crise de l'urbanisme est pratiquement contemporaine des débuts de la crise économique : ne jamais oublier que l'enthousiasme pour la réalisation des "villes nouvelles" s'est certainement tari dès la première moitié des années soixante-dix.

Pourtant, ces études urbaines localisées ont souvent tendance à privilégier une vision nostalgique de la ville et à réclamer des projets qui en donnent encore une image homogène. L'entreprise typo-morphologique a quelquefois entretenu l'illusion que les tissus urbains puissent poursuivre ou retrouver un mode de constitution séculaire, le mode de substitution parcellaire ; elle rejoint là, sans trop y prendre garde, les administrations qui prônent souvent de façon implicite une architecture de mimétisme parcellaire, encore appelée architecture "d'accompagnement" ou "d'intégration". Cette architecture métamorphose silencieusement la ville qui devient ainsi "mièvre".

### DES TRANSFORMATIONS FONCIERES

La ville a pourtant subi de profondes transformations foncières qui font que la plupart des projets s'inscrivent sur des étendues de territoire urbain qui excèdent la taille de la parcelle d'un immeuble.

Regroupement de parcelles en bord ou en coeur d'îlot, vastes parcelles industrielles ou militaires libérées, ces situations requièrent la fabrication de fragments de ville. Ces fragments, de par leur insertion foncière, seront nécessairement hétérogènes. Ils s'inscriront dans une discontinuité obligée relativement à leur environnement.

Cette discontinuité ne peut être masquée, camouflée. Elle doit être au contraire, l'occasion d'une découverte spatiale. Chaque opération enrichit la ville d'un nouveau pan d'espace ; la ville ainsi continue de renaître de ses cendres.

Aujourd'hui, nous devons travailler dans la matière même de la ville. Le champ doit donc rester ouvert à la formulation de conceptions urbaines localisées. Les propos présentés dans ces pages participent de la construction de la ville... moderne.

## ZONES PÉRI-URBAINES ET ÉNERGIE : QUELLE PROBLÉMATIQUE ET QUELLES RÉPONSES

J.P. TROCHE - GROUPE RE-SOURCES - PARIS

### INTRODUCTION

Autour du thème énergie et production des formes urbaines, RE-SOURCES s'est spécialisé dans la valorisation des savoirs, au niveau des pratiques et modes opératoires de l'ensemble des acteurs concernés, savoir issus des travaux de la recherche ou générés par telle ou telle discipline technique.

Transposer des acquis, des savoirs nouveaux, en "pratiques de terrain", ou outils opérationnels nous a amené à réaliser, soit des expérimentations, soit des actions de diffusion des connaissances au niveau de l'information, de la formation ou de l'enseignement.

La prise en compte des paramètres énergétiques dans la production des formes urbaines suppose l'introduction d'une certaine continuité de démarche et de préoccupation entre les premières réflexions des élus, l'intervention des urbanistes, l'élaboration d'outils réglementaires, le dessin des plans masses et des voiries, le choix des réseaux d'énergie, les décisions des maîtres d'ouvrage, la production des maîtres d'oeuvre, l'information et le comportement de l'utilisateur final.

Dans les faits, il faut bien constater que les mécanismes et procédures mis en oeuvre ne poussent pas vers une telle continuité de démarche et que l'énergie n'apparaît pas comme un enjeu évident pour l'ensemble des acteurs concernés qui, de plus, peuvent avoir sur la question des intérêts quelquefois tout à fait divergents.

Une autre difficulté tient à la diversité des champs de réflexions et disciplines ou savoirs techniques à appréhender et à articuler. On peut citer en vrac :

- le dépouillement et l'analyse des données climatiques,
- la prise en compte du confort des espaces extérieurs et intérieurs,
- la maîtrise des ombres portées et de la protection au vent gênant,
- la maîtrise des techniques et coûts des réseaux d'énergie, du choix des énergies de desserte,
- l'évaluation de l'impact énergétique des choix architecturaux (volumétrie, valorisation des apports passifs, etc...)
- la maîtrise des techniques de chauffage,
- l'analyse sociologique du comportement des usagers en matière d'énergie,
- l'analyse économique des investissements ou de l'impact des décisions prises sur le pouvoir d'achat des différents acteurs,
- la connaissance des conséquences énergétiques des formes urbaines en matière de mobilité et de transport.

A nous de présenter un exemple qui illustre ce qu'il est possible de faire dans le cadre d'une action d'urbanisme opérationnel. Il n'est peut-être pas inutile de mieux présenter les enjeux qui se tissent autour des relations complexes : production des formes urbaines/système énergétique en reproduisant quelques réflexions générales empruntées au rapport "Planification urbaine et énergie" (issu des travaux du groupe de travail "Energie et Urbanisme" DUP/STU).

#### RELATIONS SYSTEME ENERGETIQUE/PRODUCTION DES FORMES URBAINES

En résumé, on peut considérer que l'interdépendance entre espace et système énergétique est issue de relations complexes ou l'histoire, le passé, des formes urbaines pèsent lourd.

En première approche, et de manière synthétique, on peut décrire cette relation comme une relation de nature structurelle et qui fonctionne à double sens, où l'énergie apparaît conjointement et successivement :

Comme un élément permissif, permettant aux différents facteurs qui président au conflit pour l'espace de se dénouer selon une certaine trame, architecture ou configuration. Les possibilités offertes, à un moment donné, par le système énergétique, tant du point de vue de la répartition dans l'espace de l'accès à l'énergie, que du point de vue de la mobilité, détermine une certaine organisation de fonctionnement de l'espace :

##### Relation système énergétique/structure urbaine

Comme un élément de contrainte et d'assujettissement. Les formes urbaines, par leur grande inertie, ne peuvent pas s'adapter aux modifications du contexte énergétique. A une configuration de l'espace héritée du passé, correspond une certaine nature et un certain volume de "consommation obligée". Ainsi se crée un système de dépendance et de vulnérabilité aux modifications lentes ou brutales du contexte énergétique :

##### Relation structure urbaine/système énergétique

De ce fait, les aménageurs doivent anticiper les mutations probables du système énergétique afin de rendre moins vulnérable les structures urbaines ou plutôt, de permettre que celles-ci puissent s'adapter à un moindre coût économique et social à l'évolution de l'offre énergétique.

Or, ce n'est qu'à posteriori que l'on commence à s'apercevoir à quel point l'urbanisme des dernières décennies était le reflet d'un "état d'esprit d'abondance pétrolière" ; le système énergétique étant, en fait, vécu à un moment donné par les différents acteurs de la production de l'espace comme une donnée implicite, invisible, et jusqu'à un certain point, irréversible.

Sans vouloir retracer l'histoire de la France urbaine à la lumière des considérations énergétiques, il est cependant possible de repérer les charnières de l'histoire urbaine et du développement économique où se sont créées les interdépendances espace/système énergétique.

A une société essentiellement rurale correspond une utilisation diffuse de l'énergie : énergie animale, des cours d'eau, du vent et de la forêt.

Les villes marchandes et artisanales se constituent sur le modèle de la mobilité animale, pédestre et éventuellement autour de l'utilisation de transport par voies d'eau. Les formes urbaines sont très compactes, la voirie s'organise autour d'un tissu dense et complexe où les différentes fonctions habitat, travail, commerce sont totalement confondues et entremêlées.

Les premiers développements pré-industriels ne remettent pas en cause ce schéma : l'espace de travail reste confondu avec l'habitat, en revanche, l'aspect énergie comme "facteur de production" détermine l'implantation et crée à certains endroits et périodes des conflits avec le schéma traditionnel (crise du bois en Angleterre et en Lorraine).

La révolution industrielle bouleverse le schéma d'organisation de l'espace. La concentration de l'appareil de production s'accompagne d'une différenciation et d'une spécialisation des espaces pour mieux les "contrôler". La ville devient le lieu par excellence de consommation et de distribution de l'énergie : chemin de fer transportant le charbon, apparition des réseaux de gaz et d'air comprimé. La carte de France du développement industriel se superpose alors à celle de l'accès au charbon (pays minier ou réseau ferré).

Cette évolution s'accompagne du développement d'une certaine forme de transport collectif des personnes : les chemins de fer, les omnibus, les tramways à traction animale permettent une interconnexion accrue entre les quartiers ; mais à l'échelle du voisinage et des services de proximité, la marche à pied reste prépondérante. Il n'y a pas de modification radicale du schéma de développement urbain mais seulement un changement d'échelle : extension rapide et concentration plus forte permise en outre par la possibilité de construire en hauteur grâce à l'introduction de l'ascenseur.

Ce n'est qu'à partir de 1945 que s'ouvre une nouvelle période caractérisée par des mutations très rapides des modes d'utilisation de l'espace, mutations qui n'ont été facilitées et qui n'ont pu se concevoir que grâce à la pénétration massive des énergies fluides et fractionnables et accessibles en tous points du territoire.

Cette évolution du système énergétique s'accompagne d'une "deterritorialisation" de la gestion du système énergétique.

L'énergie devient un problème national par la nationalisation des régies municipales de gaz et d'électricité, la création d'EDF et des Charbonnages de France, la concentration des entreprises de distribution pétrolière, leur prise de contrôle progressif par l'Etat et un problème international par l'exploitation systématique des gisements pétroliers dans les pays du tiers monde.

La production de l'espace a dû répondre dans la même période à un certain nombre de problèmes aigus : la reconstruction, la crise du logement, le "baby-boom" ; la concentration accélérée de l'appareil de production pour combler le retard de l'économie française par rapport au contexte international. Le développement de l'exode rural et la modernisation de la production agricole.

Pour résoudre des contradictions qui découlent de cette situation de crise, la production de l'espace a été peut-être plus marquée par un état d'esprit "d'abondance pétrolière" que par les aspects doctrinaires de la Charte d'Athènes. La concentration urbaine, la monofonctionnalisation des espaces au travers du zonage systématique devient la règle d'or des urbanistes.

C'est aussi la période des économies d'échelles permises par l'offre énergétique.

Dans l'aménagement et particulièrement dans les "grandes opérations d'urbanisme", les critères d'ordre bioclimatique ont été relegués au second plan, voire totalement négligés : la taille des parcelles, la forme et l'espace--ment des volumes, la dimension et la disposition des voies, la localisation des espaces plantés ont été avant tout déterminés par des considérations de zonage fonctionnel, d'organisation des circulations, d'économie de construction (chemin de grue...).

Le développement de la mobilité automobile bouleverse le schéma d'ensemble.

L'automobile ouvre à la consommation quotidienne, un usage continu et indifférencié de l'espace ; au prix d'efforts considérables, on tente "d'adapter la ville à l'automobile" (G. POMPIDOU). Il en résulte un profond bouleversement des modes d'accès aux services de voisinage. On constatera après coup la "déstructuration de la vie des quartiers".

Ce n'est pas seulement l'espace des villes qui est bouleversé ; la désertification des campagnes a pour corollaire le développement obligé de l'automobile. Ainsi l'inventaire de l'INSEE fait apparaître qu'il existe plus de communes rurales équipées d'un poste de distribution d'essence que d'une boulangerie ou d'une boucherie.

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

La dilution des villes dans l'espace trouve son aboutissement dans le développement massif du phénomène péri-urbain/urbain au cours de la dernière décennie. Evolution qui, certes, trouve son explication en dehors de toutes considérations énergétiques. Pour reprendre les termes de l'étude menée par l'agence d'urbanisme de RENNES (AUDIAR) :

"Le phénomène péri-urbain résulte d'un choix contraint" qui trouve ses racines :

- . dans le "caractère répulsif de l'habitat antérieur" (sur 25 ménages, 18 vivaient en collectif et 11 en HLM) ;
- . l'évolution des coûts fonciers (ainsi, à RENNES, pour les accédants au péri-urbain, le revenu disponible par ménage décroît avec la distance du centre) ;
- . une référence symbolique à un "individualisme rural" vécu comme seule alternative crédible aux difficultés de la vie urbaine.

Les données du dernier recensement ainsi qu'une étude récente : "Urbanisation des villes et des campagnes, dix ans de construction en France" (\*) font apparaître les variations en volumes des constructions, l'évolution de leur localisation et donne la mesure du phénomène.

Ainsi, on constate :

Un développement rapide de la part des logements individuels :

- . 43 % en 1971-1973
- . 66 % en 1980

Ce sont surtout des aires urbaines de moins de 100 000 habitants et les communes rurales qui accueillent cet accroissement. De plus, de fortes différences régionales apparaissent ;

Un recul spectaculaire de la construction localisée dans ce que l'on pourrait appeler les "zones urbaines traditionnelles" et ce, au profit des communes rurales ou de la périphérie lointaine.

Ainsi, la chute de la construction (variation en volume) entre 1971 et 1980 s'analyse comme suit :

- . - 45 % dans les centre-villes et banlieues des ZPIU (zones à peuplement urbain et industriel) de plus de 10 000 habitants,
- . - 0,8 % dans les communes rurales "sous influence urbaine dans les ZPIU de plus de 10 000 habitants",
- . + 30 % dans le "reste de la France", c'est-à-dire les aires urbaines de moins de 10 000 habitants et l'ensemble des communes rurales.

Depuis 1980, certains indices semblent indiquer un très léger renversement de tendances. On signale par exemple d'assez fortes difficultés de commercialisation pour les opérations situées en périphérie trop lointaine.

cette tendance a semblé confirmée par les statistiques les plus récentes qui font état d'un recul du secteur de la maison individuelle.

En revanche, les rumeurs d'un "retour au centre" ne semblent pas être confirmées du point de vue statistique. Le phénomène doit exister (il n'y a pas de fumée sans feu), mais ne concerne probablement que certaines catégories sociales et culturelles déçues par l'illusion de la "ville à la campagne" et dont le nombre ne permet pas de conclure à un phénomène massif ou à une tendance durable.

#### "ACCOMPAGNER LE DEVELOPPEMENT PERI-URBAIN

Le modèle de développement péri-urbain est une des tendances lourdes de l'époque actuelle qu'il serait vain et inacceptable socialement de remettre en cause au nom de la grande consommation d'espace et d'énergie qu'il provoque.

L'ensemble des acteurs de l'aménagement et de l'urbanisme doivent donc réfléchir à des actions spécifiques vis-à-vis du "péri-urbain" visant non à le limiter, mais à le coordonner et à l'accompagner par des mesures permettant de constituer à terme des pôles d'habitat et de services accessibles aux taxes I.C.. Ces pôles pourraient être aussi des noyaux d'équipements et de services pour rendre la vie quotidienne moins indépendante de l'accès au centre ville. Si une telle politique comporte de toute évidence un volet foncier, un volet I.C. et une réflexion prospective sur les "densités" à moyen terme, il semblerait aussi nécessaire d'imaginer de nouveaux types d'équipements collectifs adaptés au péri-urbain (taille ? polyvalence ? mode de gestion ?).

L'échelle de réflexion à mettre en oeuvre dépasse les limites territoriales de ce qu'il est convenu d'appeler une agglomération (cf. dernier recensement), il faudra donc imaginer le cadre à mettre en oeuvre pour gérer et planifier les nouveaux "bassins résidentiels".



### MAIS AUSSI RESTRUCTURER LA BANLIEUE"

Vouloir limiter les déplacements vers le centre, déplacements aux coûts énergétiques et sociaux élevés, passe probablement par une restructuration de la banlieue en quartier plus "autonomes" dans leur fonctionnement et dans les services et équipements offerts sur place.

Cela suppose, au niveau des quartiers, de promouvoir l'accessibilité et le développement de service de voisinage et de proximité. Dans le cadre de l'urbanisme opérationnel, il s'agirait (zone NA par exemple) de promouvoir un aménagement et un équipement non seulement de la zone pour "elle-même", mais aussi pour le milieu environnant. Cette démarche pourrait impliquer dans certains cas le redémarrage d'opérations "importantes en volume" (sur les friches industrielles, par exemple) permettant de récréer le point de départ de nouveaux pôles d'activités ou quartier urbain.

### PERI-URBAIN ET ENERGIE - PRESENTATION D'UNE ACTION CONCRETE

L'exemple présenté ci-dessous est certes localisé en ville nouvelle, mais dans la mesure où il concerne un lotissement du péri-urbain, il reflète assez bien les mécanismes d'un secteur de l'aménagement et de la production de logements en 1985.

Sur le plan énergétique, on a tenté une certaine continuité de démarche qui a mis en jeu à chaque étape du projet des actions spécifiques en direction d'acteurs très différents.

Le lotissement du Bicheret (ZAC du Fort Mardi) se situe dans le secteur 3 de la Ville Nouvelle de Marne la Vallée, sur la commune de Montévrain.

106 logements font l'objet d'une opération groupée. 110 parcelles sont commercialisées par EPARMARNE, en secteur diffus.

La pente naturelle du terrain orientée vers le Sud, le plan masse et la densité projetée permettent d'envisager la valorisation des apports solaires, dans des conditions favorables.

A l'initiative d'EPARMARNE, et suite aux différentes questions soulevées par la Commission d'Urbanisme de la Commune de Montévrain quant à la desserte énergétique de la ZAC, une expérience est tentée.

Elle met essentiellement l'accent sur une action d'information et de sensibilisation des différents acteurs de la production du cadre bâti : élus, urbanistes, architectes, acquéreurs.

Cette action comporte trois phases principales :

#### 1 - Phase préliminaire

- analyse climatique du site
- analyse du plan masse
- élaboration des scénarii énergétiques
- rédaction d'un rapport présenté à la Commission d'Urbanisme de Montévrain
- conseil aux architectes du permis groupé
- participation aux réunions avec la Municipalité.

## 2 - Première phase

- assistance auprès d'EPARMARNE pour la conception finale du plan masse et du cahier des charges.

## 3 - Deuxième phase

- Mise au point de la méthode et du programme informatique d'évaluation des parcelles
- recueil des données par parcelle
- traitement informatique
- fourniture des fiches individuelles par parcelle à l'EPARMARNE qui doit les remettre aux acquéreurs.

## 4 - Troisième phase

- rédaction et fourniture d'un matériel d'information complémentaire
- définition de l'assistance technique à offrir aux acquéreurs

## 5 - Prolongement opérationnel

- Conseil d'optimisation sur projets des acquéreurs
- calcul de la future charge énergétique
- confection éventuelle des dossiers de label HPE
- mise en place d'aides et de subventions spécifiques

## Phase préliminaire

Elle a fait l'objet d'un rapport présenté au élus.

Le rapport révèle les potentialités énergétiques du site et précise les conditions géoclimatiques favorables à l'utilisation des apports solaires.

Outil d'aide à la décision, il est conçu pour orienter le choix des réseaux d'énergie destinés à alimenter les différents lots. Il est basé sur la comparaison de scénarii énergétiques qui prennent en compte :

- une notion de coût global intégrant les coûts d'investissement pour la collectivité, l'usager ainsi que les coûts de fonctionnement (consommation et entretien)
- des critères qualitatifs :
  - . incidence sur la commercialisation des lots
  - . vulnérabilité dans le temps des choix proposés vis-à-vis des évolutions du contexte énergétique.

L'analyse en coût global a fait apparaître un avantage à la desserte gaz ou à une solution mixte (desserte d'une partie des parcelles par le gaz). Néanmoins d'autres considérations ont fait prévaloir la solution tout électrique.

Pour les acquéreurs des lots commercialisés en diffus, cette situation a conduit à mettre en place un dispositif particulier, destiné à les inciter à concevoir un projet, valorisant au mieux les potentialités offertes par l'ensoleillement de leur parcelle, et à adapter une isolation et un système de chauffage permanent.

Le dispositif mis en place comporte trois volets :

- une information/sensibilisation des acquéreurs basée sur la diffusion de fiches de renseignements, élaborées à partir de données propres à chaque parcelle.

Peu de candidats à la construction possèdent, en effet, l'information sur leur future facture énergétique -elle est, en général, supérieure à une mensualité de remboursement des emprunts- ou sur les moyens de faire baisser cette facture.

- une étude d'optimisation des projets (calcul des G et B, des consommations prévisibles, description des améliorations possibles) pour les acquéreurs qui en feraient la demande,
- l'établissement, s'il y a lieu, de dossiers de demande de labels HPE et d'aides financières et subventions "spécifiques" ou "classiques".

#### Phase 1

Conseil et assistance auprès d'EPARMARNE à la conception thermique du lotissement.

Le dessin du plan masse initial, réalisé par les urbanistes d'EPARMARNE, révélait déjà une certaine prise en compte de l'ensoleillement du site.

Afin d'évaluer plus finement les effets de masques résultant de la configuration élaborée, il était impérieux de mettre au point un outil rapide et simple d'emploi permettant une communication facile entre urbaniste et thermicien.

Ce problème est assez délicat.

En effet, les méthodes de calcul du coefficient B sont trop lourdes à employer au stade de l'élaboration du plan masse. Le recours à une formule réglementaire complexe, au niveau de la définition des zones constructibles dans le cahier des charges -pas d'ombre portée de telle heure à telle heure le 21 décembre- est souvent mal comprise et difficile à appliquer.

Le recours à une simple règle géométrique, à respecter lors du dessin du plan masse (ex. :  $H = 3L$  en direction du Sud), introduit souvent une contrainte trop forte et induit une densité trop faible ; elle ne permet pas de traiter finement un certain nombre de situations complexes : croisement de rues, changements de direction du parcellaire, etc...

L'outil mis au point et utilisé par RE-SOURCES consiste à dessiner sur un support transparent, une série d'abaques d'affaiblissement dû aux masques, élaborés en fonction de la hauteur du bâti projeté et de l'échelle du plan masse.

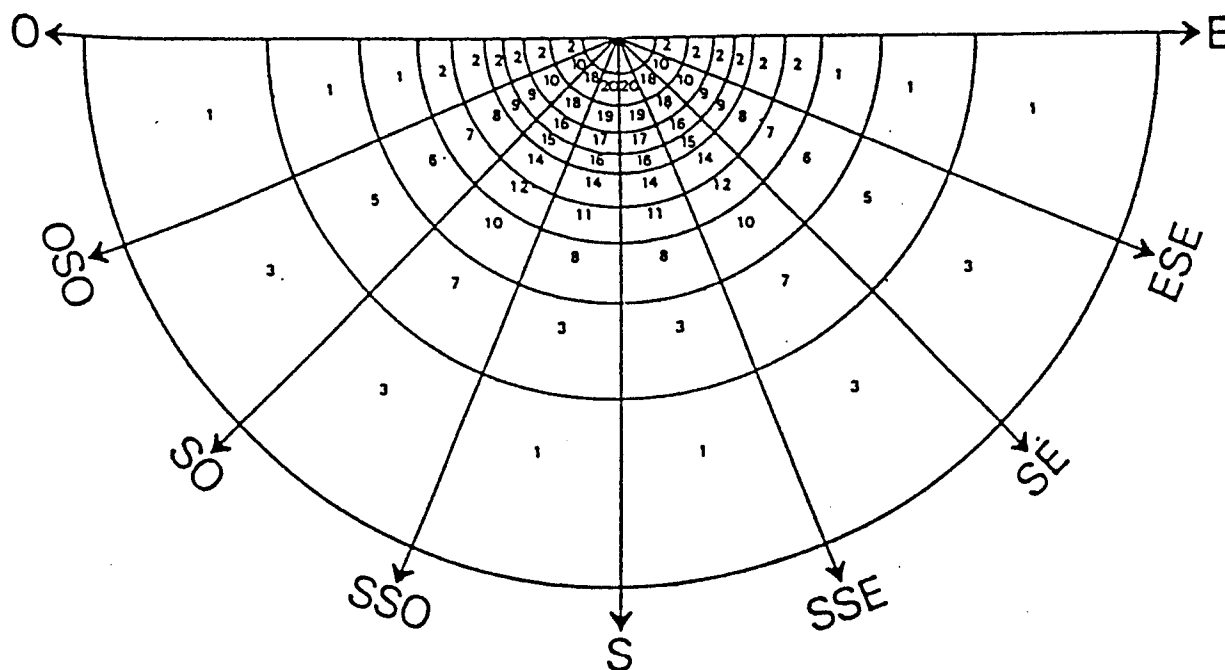
Cet abaque n'est en fait qu'une projection sur un plan de la voûte céleste "vue" par une façade verticale orientée dans un azimut donné, ici Sud.

La voûte est divisée en secteurs repérés par leur azimut relatif (par rapport à la surface à étudier) et leur hauteur angulaire.

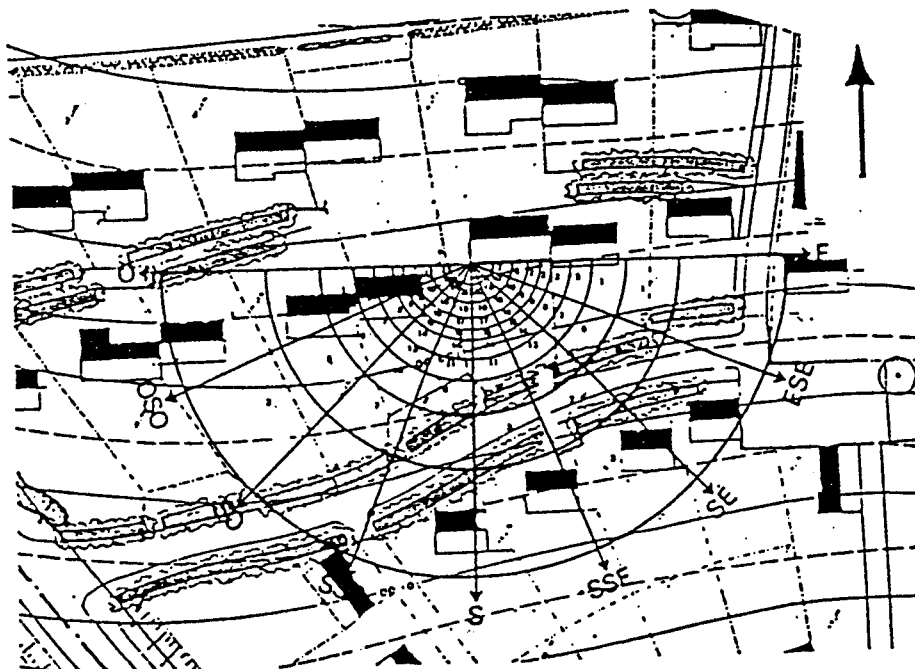
La projection sur un plan, de la voûte céleste, amène à transformer le paramètre hauteur angulaire en distance à la façade étudiée pour un masque de hauteur prédéterminée, ici égale à 7 m.

On obtient une série de demi-cercles concentriques représentant l'échelle des hauteurs angulaires par pas de  $5^\circ$ , de  $10^\circ$  à  $90^\circ$ , et une série de rayons par pas de  $22,5^\circ$ , de  $0^\circ$  à  $180^\circ$ , fixant l'échelle des azimuts relatifs.

Les coefficients d'affaiblissement figurant dans les différentes cases sont extraits des règles THB du CSTB. Ils peuvent aussi être calculés avec des données météo plus fines (programme informatique "voûte" que RE-SOURCES est en train d'élaborer).



Pour évaluer l'impact énergétique des maisons voisines, sur une façade considérée, il suffit de superposer l'abaque sur le plan en faisant coïncider le centre du "rapporteur" avec la façade analysée. On cumule ensuite les chiffres figurant dans les cases où l'on aperçoit, par superposition, une maison (ou une zone constructible) sur les parcelles voisines.



L'analyse du plan masse, au moyen de cet outil, a conduit à faire des observations et recommandations sur les parcelles orientées au Sud. Au prix d'une légère modification des zones constructibles, certaines parcelles pouvaient, en effet, bénéficier de coefficients d'affaiblissement très favorables.

Une partie de ces observations a pu être respectée.

des compléments ou des modifications ont été apportées au cahier des charges en élaboration pour tenir compte de la présence éventuelle de futures serres et surfaces captantes. (Article 13.6 volume, article 13.7 annexes, article 14 serres exclues du COS).

#### Phase 2/phase 3

Elle a consisté en l'élaboration de trois documents destinés aux acquéreurs:

- une notice d'information sur la démarche entreprise au lotissement du Bicheret : conditions urbanistiques et géoclimatiques favorables au solaire, utilité de l'étude thermique gratuite, aides et subventions proposées.

Ce document est remis systématiquement lors de toute démarche d'information sur le lotissement.

- un document de sensibilisation sur le montant de la future facture énergétique et présentant les solutions existantes pour faire baisser cette facture.

**CONSUMATION MINIMUM  
POUR UN CONFORT MAXIMUM  
C'EST POSSIBLE!**

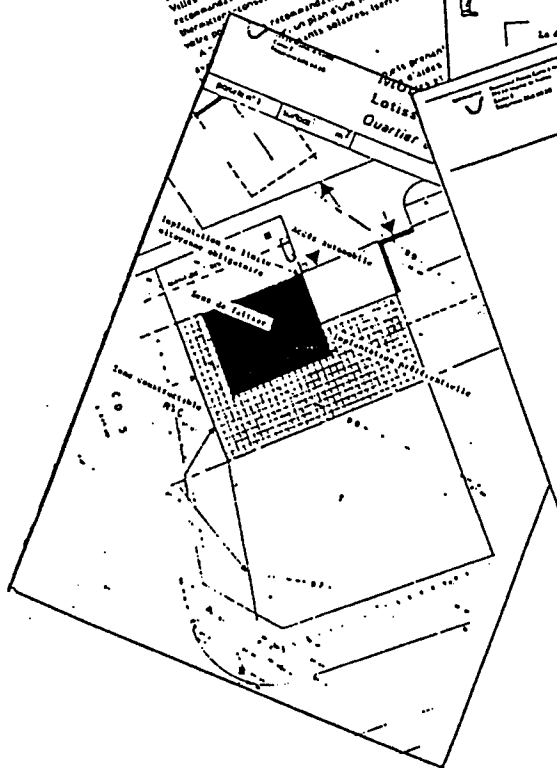
Votre consommation de chauffage, votre facture énergétique dépendent évidemment de votre choix de projet en commun avec le constructeur de votre maison. Vous avez évidemment le droit de **RECUPERER PLUS** l'énergie solaire est GRATUITE.

Pour récupérer une part non négligeable de cette énergie, les dispositifs de **chauffage solaire** sont indispensables. Ils sont adaptés à votre budget et à vos besoins. Ils sont **BIEN ORIENTÉS**. Ils sont adaptés de hauteur à la situation du terrain. Ils sont adaptés sur les faces impendentes limitées par les autres maisons. Ils sont adaptés à votre situation. Ils sont adaptés à la maison et au quartier.

**LE LOTISSEMENT DU BICHRET. UNE SITUATION TRÈS FAVORABLE POUR LE LOTISSEMENT DU BICHRET** bénéficie de conditions géométriques favorables: l'orientation favorable de la pente du terrain permet de bénéficier d'un vent non assésé. L'implantation présente une orientation, le vent de protection, sans pour autant perdre la qualité de l'environnement architectural et urbain.

**INFORMATION ET CONSEIL POUR LES ACQUÉREURS**

Pour vous guider dans vos choix énergétiques et dans vos choix architecturaux et dans vos choix de matériaux, nous vous proposons un plan de conseil personnalisé. Ce plan de conseil personnalisé vous permettra de choisir les matériaux les plus adaptés à votre situation. Ce plan de conseil personnalisé vous permettra de choisir les matériaux les plus adaptés à votre situation.



**Montévrain. Lotissement du Bichret**

**FICHE D'ÉVALUATION DES APPORTS SOLAIRES**

Cette fiche a été réalisée par le Bureau d'Études RE-SOURCES. Elle vous permet de connaître les apports solaires sur les parcelles de votre lotissement. Elle est à utiliser en commun avec le constructeur de votre maison.

RE-SOURCES - 1, rue J.B. Clément - 91140 Puteaux - Tél. 01 223 66 49

A partir de quelques tableaux de chiffres et de trois exemples-types, il est proposé à l'acquéreur, par une méthode très simple, d'évaluer, en francs, la future facture énergétique découlant de son projet de construction.

Ce calcul lui permet d'apprécier la rentabilité d'investissements destinés à économiser sur le poste chauffage de son budget. Des solutions sont proposées et viennent expliciter le contenu de la fiche individuelle par parcelle.

Ce document est remis à l'acquéreur en même temps que la fiche individuelle.

- une fiche individuelle par parcelle.

Cette fiche, élaborée par informatique, contient un certain nombre de recommandations et propose l'utilisation de différents types de composants solaires passifs en fonction de la situation de la parcelle.

les données, notées pour chaque parcelle, sont les suivantes :

- orientation générale de la parcelle,
- orientation de la principale façade captante,
- orientation des autres façades captantes, s'il y a lieu,
- masques portés par les constructions voisines à venir.

A partir de ces données, le programme génère :

- le texte introduction explicitant l'objet de la démarche et précisant certaines définitions,
- une série de textes "standard" complétés par :
  - . des chiffres calculés selon les données propres à chaque parcelle,
  - . des textes de recommandations et de commentaires qui sont sélectionnés par le programme à partir des données et calculs.

Les informations sont les suivantes :

- . orientation de la façade favorisée, facteur d'ensoleillement dû aux masques,
- . calcul des apports solaires reçus sur la façade afin que le lecteur prenne conscience de l'importance de ceux-ci,
- . une indication de la part des apports reçus par les différents types de composants solaires passifs (vitrage, serre, mur trombe, capteur ECS),
- . un texte sur la mise en oeuvre de chaque composant et une indication, en kWh et en francs, des économies annuelles réalisables.

Prolongements de l'action

Afin de prolonger la démarche, une convention signée entre l'AFME et EPAMARNE permet d'offrir aux acquéreurs les possibilités suivantes :

- une étude d'optimisation thermique, gratuite, de leur projet ; calcul des G/B, préconisations en matière d'isolation, propositions de variantes du projet permettant de valoriser les apports solaires gratuits, solutions économes pour le chauffage et l'ECS.
- la prise en charge des frais de confection d'un dossier de label HPE.
- des subventions et aides financières spécifiques à l'opération (cf. description sur les 4 pages d'information remis lors des demandes de renseignements, joint en annexe, complétant les aides classiques).

Il est trop tôt à la date d'aujourd'hui, pour tirer un bilan d'ensemble de l'action. Néanmoins, on peut déjà observer les faits suivants :

- lorsqu'un acquéreur s'engage spontanément dans la démarche de l'étude d'optimisation, le projet qui en résulte est une maison "fortement solarisée" (présence d'une serre ou d'un mur trombe).

Il est d'ores et déjà acquis que se construira à Montévrain une proportion non négligeable de "maisons solaires" comparativement aux "lotissements moyens".

- les acquéreurs sollicitant une étude thermique appartiennent, en général, à des catégories socio-professionnelles assez "typées".

Il s'agit des acquéreurs les plus aisés financièrement et/ou disponibles culturellement à la notion d'étude préalable. Parfois aussi, il s'agit de personnes qui, par leur démarche de construction (auto-constructeur/Castor) sont prêtes à remettre en cause leur projet initial.

- des difficultés apparaissent lorsque l'on veut sensibiliser les acquéreurs qui auraient objectivement le plus d'intérêt à l'opération : acquéreurs financièrement les moins favorisés pour qui les charges de chauffage sont proportionnellement très lourdes par rapport à leur endettement.

Les difficultés rencontrées tiennent aux faits suivants :

- . Ces acquéreurs sont souvent déjà engagés vis-à-vis d'un constructeur de maisons sur catalogue. Toute modification de la maison-type entraîne alors un devis supplémentaire, largement surévalué.

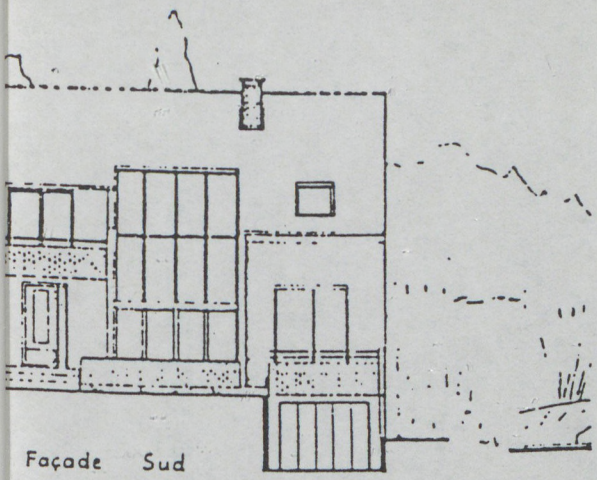
De plus, les pavillonneurs ont tendance à "prendre en charge" leur client de façon à limiter les éventuelles remises en cause du plan type lors des contacts avec EPAMARNE ou avec d'éventuels thermiciens.

- . Ces personnes sont souvent déjà "sur-endettés" et tout investissement supplémentaire, quel que soit sa rentabilité et son temps de retour, leur semble difficile.
- . Les contacts entre EPAMARNE et les acquéreurs (contacts avec les commerciaux, contacts avec l'architecte coordinateur du lotissement), les formalités (P.C., obtention des prêts), la compréhension du cahier des charges, apparaissent déjà comme un dédale inquiétant et complexe, comme un maquis de démarches plus ou moins obligatoires. La place et le rôle positif d'une étude thermique est, dans ces conditions, difficile à comprendre. La stratégie de communication en amont de l'étude d'optimisation les explications données par les personnes du service commercial d'EPAMARNE et l'architecte urbaniste du lotissement sont, dans ce cas, déterminantes.

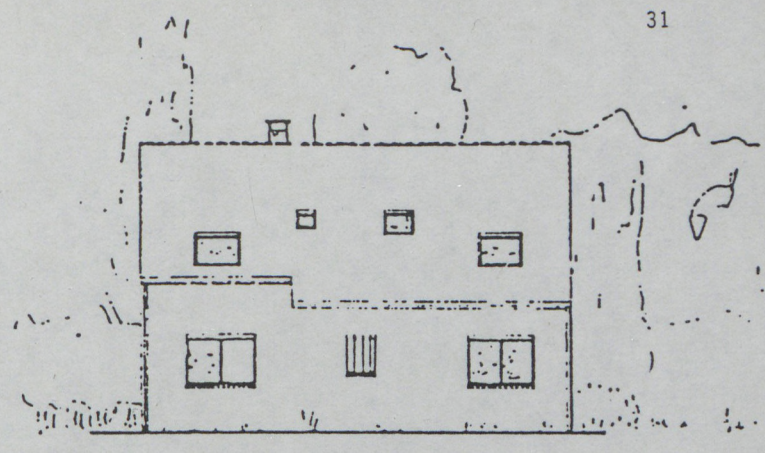
Ce début d'analyse des difficultés rencontrées fait apparaître dès aujourd'hui une sensibilisation confuse du public à la maîtrise de l'énergie et à la valorisation des apports solaires.

Elle montre qu'il existe un besoin réel et une demande du public pour le type d'action engagée même si cette demande n'est pas spontanément exprimée et n'est révélée que par une certaine frange des acquéreurs.





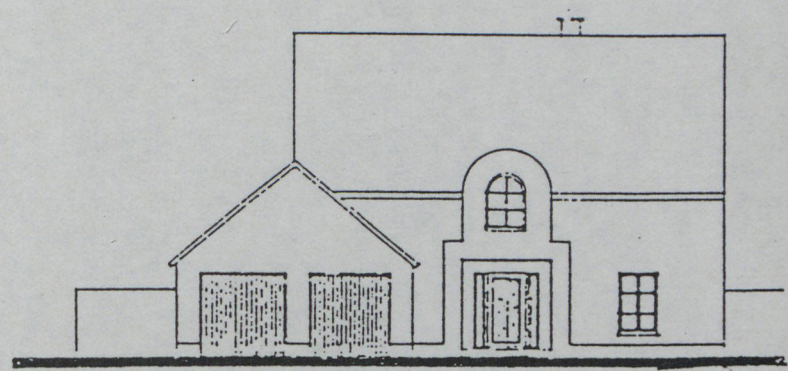
Façade Sud



Façade Nord

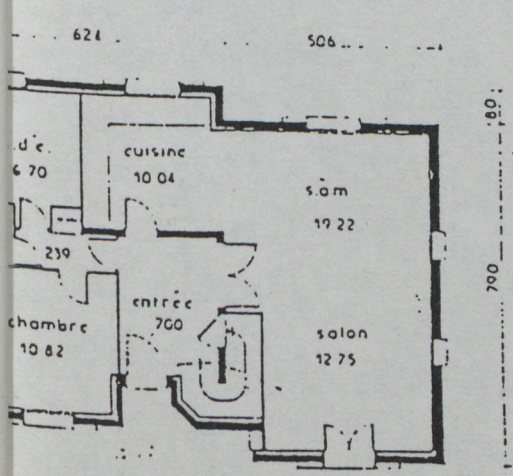


FACADE SUD

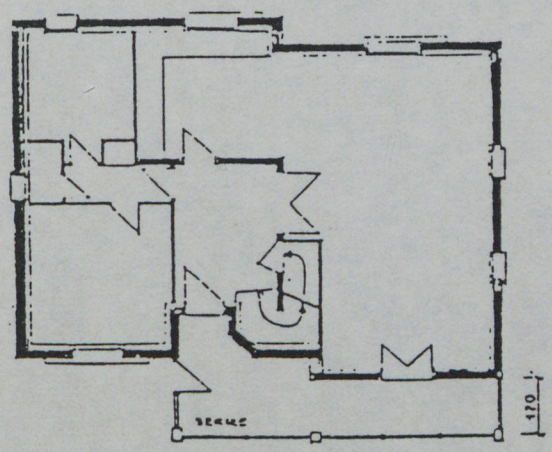


FACADE NORD

AVANT ETUDE :



APRES : (ADJONCTION D'UNE SERRE)



EXEMPLES...

L'action d'information et de soutien technique entreprise à Montévrain a entraîné une prise de conscience chez les acquéreurs déjà acquis à la notion d'étude. Elle s'est concrétisée par une solarisation plus poussée de leurs projets.

Ainsi, trois projets, classiques à l'origine, ont été modifiés sans difficulté, et même avec un certain enthousiasme de leurs propriétaires, pour devenir plus performants (voir photocopie jointe).

La stratégie d'information doit donc se focaliser davantage sur l'autre partie des acquéreurs pour lesquels l'opération mise en place s'est, jusqu'à ce jour, montrée inopérante.

Des améliorations à la démarche sont actuellement expérimentées afin de mieux sensibiliser ce type de population, qui constitue la majorité des acquéreurs et des actions permettant d'impliquer les constructions de maisons sur catalogue doivent être envisagées.

INSTRUMENTATIONS ET RECHERCHES RÉCENTES

## MICRO-CLIMAT D'UNE RUE

D. DELAUNAY - C.S.T.B. NANTES

### INTRODUCTION

Les modifications de la structure de la couche limite atmosphérique par une zone urbaine présentent deux aspects : un aspect aérodynamique dû aux obstacles construits au niveau du sol et un aspect thermique par la modification du bilan énergétique sol-atmosphère.

Pour rendre compte de ces modifications, on définit ce que l'on appelle la couche limite urbaine d'environ 400 m de hauteur, dont la base est située à la hauteur moyenne des toits et la sous-couche urbaine comprise entre le sol et la couche limite urbaine.

Une meilleure compréhension de la structure de cette sous-couche urbaine est souhaitable car elle conditionne les transferts d'énergie et de matière, d'où son importance dans les problèmes de pollution, confort, échanges thermiques, etc...

De septembre à novembre 1985, un ensemble expérimental, implanté à NANTES, a permis de mesurer en continu, certaines caractéristiques microclimatiques d'une rue et simultanément celles de la couche limite urbaine : structure du champ de vent, turbulence, gradients de température et pollution atmosphérique. Les premiers résultats que nous présentons ici, sont représentatifs des caractéristiques micro-climatiques d'un certain type de rue : la "rue canyon", rue encaissée, bordée d'immeubles dont la hauteur est au moins de l'ordre de grandeur de la largeur de la voie.

### LE VENT EN ZONE URBAINE

La vitesse instantanée de l'air peut être interprétée comme la somme d'une vitesse moyenne, sur une période généralement comprise entre 10 et 30 mn, et d'une fluctuation de vitesse par rapport à cette moyenne.

Le vent est alors caractérisé par sa direction moyenne, la vitesse moyenne et "l'intensité de turbulence", liée à l'écart-type de cette fluctuation.

Dans la couche limite urbaine, la rugosité du sol est plus importante du fait de la présence de nombreux bâtiments, ce qui a pour effet de freiner le vent moyen et d'augmenter le niveau de turbulence : la décroissance de la vitesse moyenne peut atteindre 30 % par rapport à ce qu'elle serait en rase campagne, et l'intensité de turbulence peut doubler.

La direction elle-même est également perturbée : le vent est dévié de façon cyclonique au-dessus des villes (jusqu'à 10°).

Cependant, pour les vents faibles, la situation est plus complexe : en dessous d'un certain seuil (4 m/s environ), on constate non pas un freinage dû à la ville mais une accélération ; le vent est alors plus fort dans la zone urbaine qu'en rase campagne. Au-dessus de la ville, le profil du vent se caractérise souvent par un accroissement de vitesse concentré dans une couche étroite (jet) ; l'écoulement s'accompagne d'un mouvement ascension-

nel non négligeable pouvant atteindre des valeurs locales de 1 m/s. La direction du vent est également déviée mais de façon anticyclonique.

Enfin, la présence d'un îlot de chaleur important entretient ces phénomènes et crée sa propre circulation d'un type tout à fait comparable à une brise thermique : le vent frais provenant de la campagne pénètre dans la ville (plus chaude), un mouvement ascensionnel se crée et la circulation se referme en hauteur.

Dans la sous-couche limite urbaine, le vent va être essentiellement influencé par la forme, la disposition et la hauteur des obstacles de toute nature rencontrés ; dans le cas général, une modélisation est impossible et seule une simulation en soufflerie à couche limite peut donner une image de cet écoulement extrêmement turbulent.

Cependant, pour le cas "simple" de la rue canyon, un certain nombre de modèles ont été développés, qui mettent en évidence, soit la création d'un écoulement circulaire ("vortex") dans une section transversale de la rue (figure 1), lorsque la direction du vent est perpendiculaire à celle-ci, soit un effet de canalisation pour les vents longitudinaux.

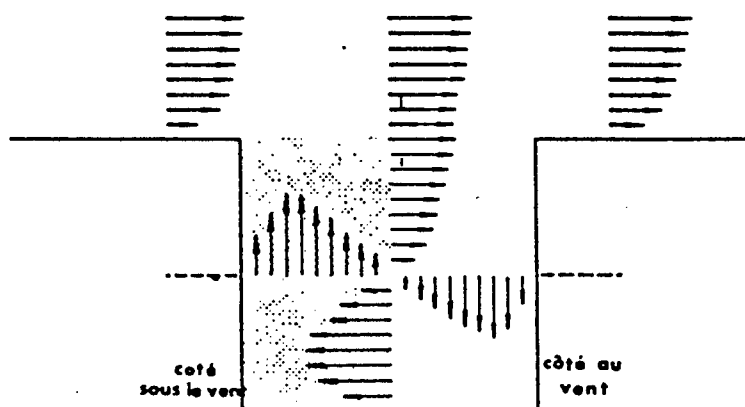


Figure 1 : Schématisation du Vortex  
(d'après NICHOLSON, 1975)

Enfin, il faut signaler l'influence de la stratification thermique de l'atmosphère sur le vent :

- lorsque la température de l'air décroît fortement avec la hauteur (plus de 1°C par 100 m), la stratification est dite instable : les mouvements turbulents sont favorisés, de même que le transfert de quantité de mouvement du sommet de la couche limite vers le sol.
- si la température de l'air augmente avec la hauteur, la stratification est stable, le vent moyen est plus faible au sol et les mouvements turbulents sont limités. C'est une situation que l'on retrouve généralement la nuit.
- entre ces deux situations : la stratification neutre qui n'a pas d'effets sur les mouvements de l'air : la température de l'air décroît d'environ 0,6 à 1°C par 100 m.

LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL

La rue de Strasbourg, à NANTES, présente des caractéristiques assez standard du point de vue de l'étude : rue de type canyon (22 m de hauteur, 15 m de largeur), plate et orientée Nord-Sud, évitant ainsi les phénomènes d'ensoleillement d'une seule façade, et trafic automobile important (figure 2).

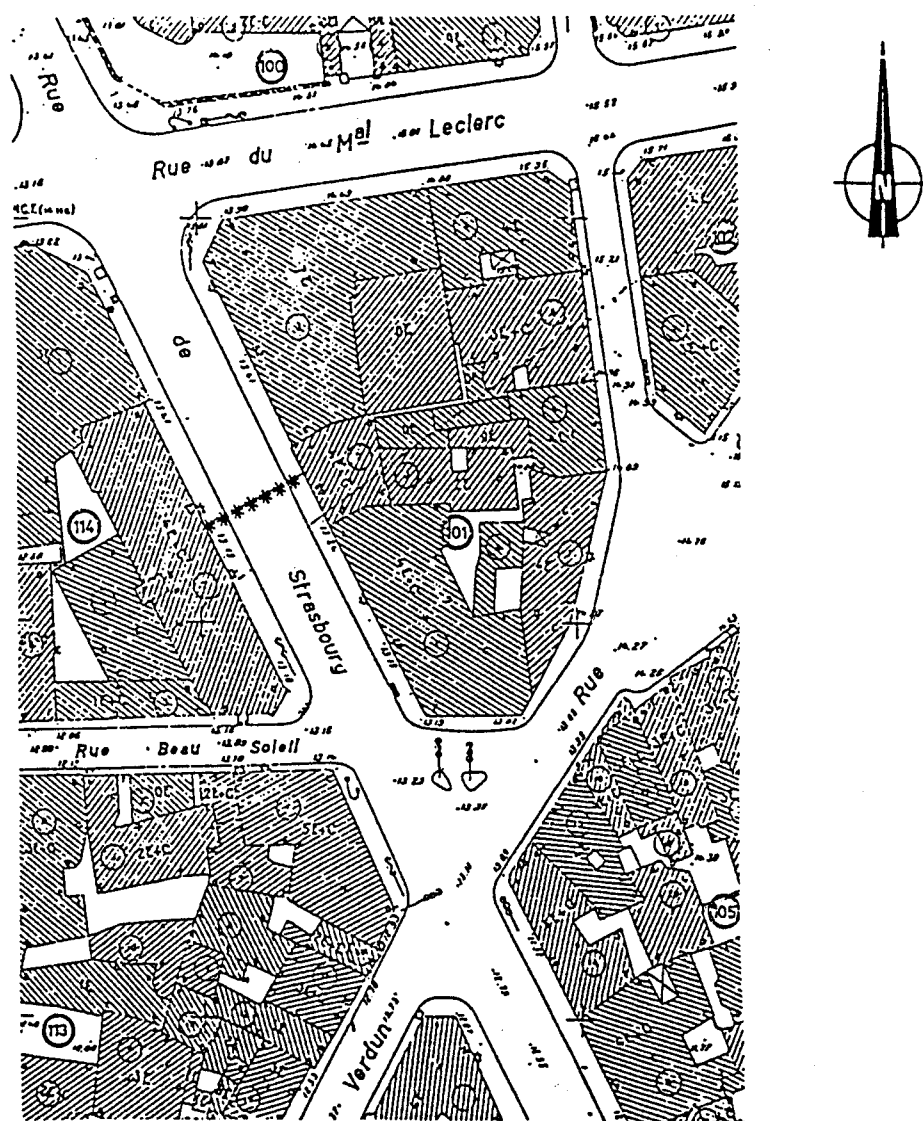


Figure 2 : Localisation de la section d'étude (\*\*\*\*) - Plan au 1/500ème

Un portique horizontal, équipé de trois rails verticaux, a été installé en travers de la rue, à mi-hauteur. Cet ensemble permet de répartir les capteurs entre 10 m et 16 m au dessus de la chaussée (figure 3). Le niveau inférieur de la rue est équipé de deux potences de 4 m de haut, fixées sur les trottoirs à 0,5 m du bord de la chaussée (figure 4). Un petit pylône a également été implanté sur le toit d'un immeuble riverain, à l'aplomb de la section de rue considérée. Ce mât dépasse de 4 m le faîtage du toit et permet de disposer de capteurs à la base de la couche limite urbaine (figure 5).

Figure 3 : partique de mesures



Figure 4 : potence sur le trottoir

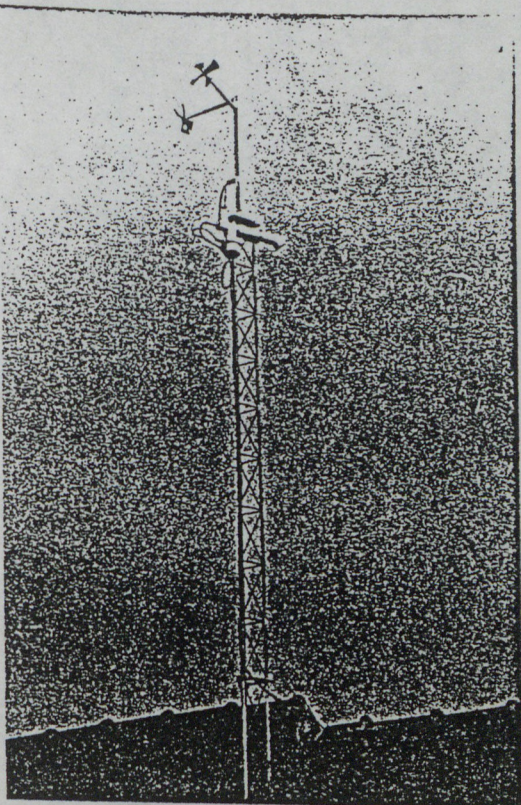
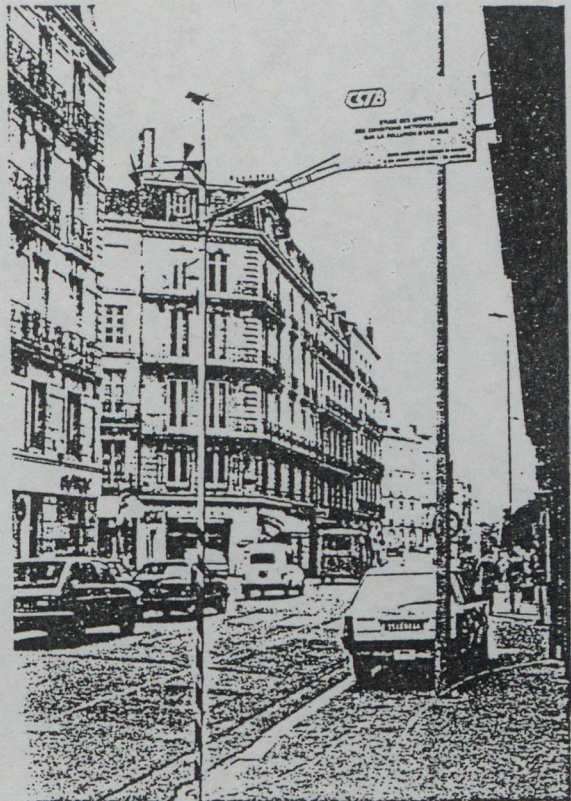


Figure 5 : pylône sur le toit

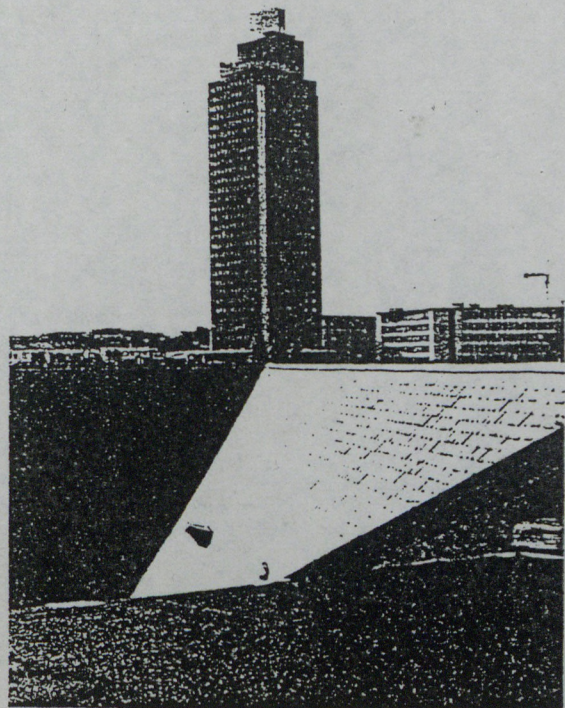


Figure 6 : tour de Bretagne

Enfin, un pylône de 7 m de hauteur, au sommet de la tour de Bretagne (hauteur 140 m), permet de mesurer la composante horizontale de la vitesse du vent, sa direction et la température de l'air dans la C.L.U. (figure 6).

La figure 7 donne la répartition des capteurs dans la section de rue :

- trois sondes de température sont installées du côté Ouest de la rue, à 4 m, 16 m et 25 m au-dessus de la chaussée donnant la température moyenne avec une précision de 0,1°C.
- sept anémomètres tridirectionnels sont disposés dans la rue aux niveaux 4 m, 10,50 m et 16 m à 2,5 m de chaque façade, ainsi qu'à 16 m du centre de la rue ; ils donnent les trois composantes perpendiculaires du vent instantané : composante verticale, dans l'axe de la rue, et perpendiculaire à l'axe de la rue.
- deux anémomètres bidirectionnels sont installés au centre de la rue à 10,50 m et au-dessus des toits à 25 m au-dessus de la chaussée.
- neufs points de prélèvements d'air sont disposés à 1,50 m, 4 m, 10,50 m et 16 m de chaque côté de la rue, ainsi qu'au centre de la rue au niveau 10,50 m et sont reliés à deux analyseurs de monoxyde de carbone.

Les acquisitions des données de la rue sont pilotées par un micro-ordinateur et enregistrées sur disquettes. On obtient par 15 mn : la moyenne, l'écart-type et la covariance des composantes du vent, les moyennes de la température et de la concentration en monoxyde de carbone.

A la Tour Bretagne, on enregistre sur papier et par 15 mn, la température moyenne de l'air, la vitesse et la direction moyenne de la vitesse du vent.

D'autre part, le nombre de véhicules traversant la section de rue pendant 15 mn, est enregistré par un compteur pneumatique de trafic mis à notre disposition par la municipalité.

Environ 3000 séquences de 15 mn ont ainsi pu être collectées entre le 1er septembre et le 31 octobre 1985.



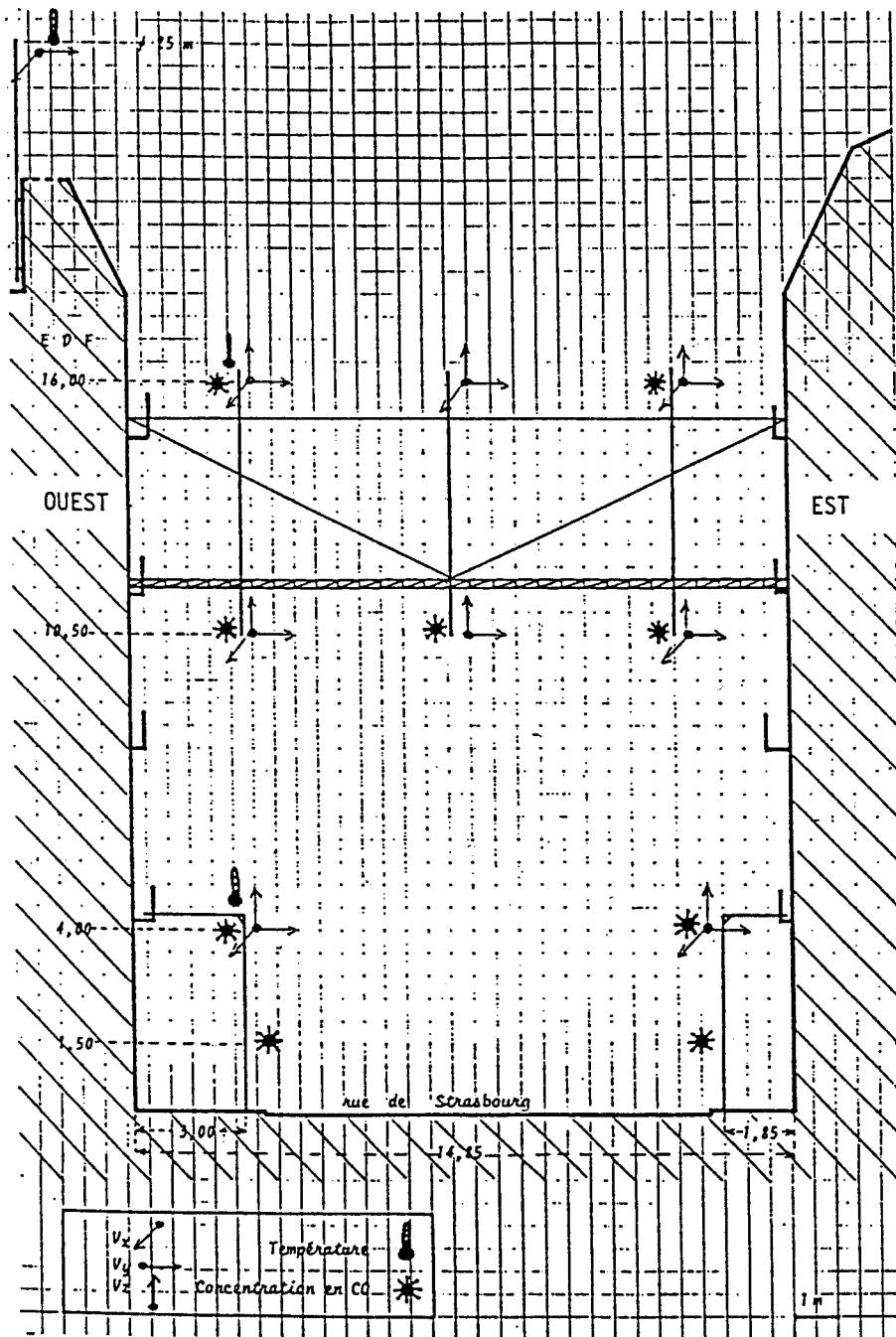


Figure 7 : Schéma de la répartition des capteurs

#### LES PREMIERS RESULTATS

##### Le vent à la base de la couche limite urbaine (C.L.U.)

Suivant la stratification thermique, la relation entre le vent à 150 m de hauteur, dans la CLU, mesuré au sommet de la tour de Bretagne, et le vent à la base de la CLU, mesuré au niveau des toits, est tout à fait différent (figure 8).

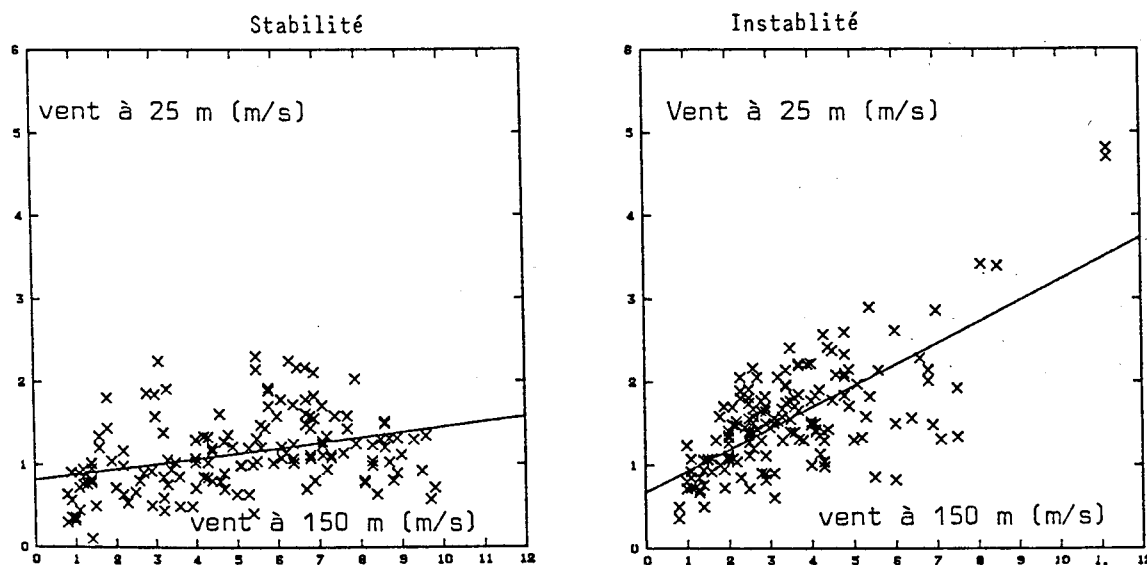


Figure 8 : Vent à 25 m en fonction du vent à 150 m

En cas de couche limite instable, lorsque la différence  $\Delta T$  entre la température à 150 de hauteur et la température à 25 m, est inférieure à environ  $-1^\circ\text{C}$ , la corrélation entre les vitesses de vent aux deux niveaux est de 0,72 avec la loi de régression linéaire :

$$V_{25} = 0,26 V_{150} + 0,7 \text{ m/s}$$

Lorsque la stratification est stable ( $\Delta T > -1^\circ\text{C}$ ), la corrélation tombe à 0,35 avec la droite de régression :

$$V_{25} = 0,06 V_{150} + 0,8 \text{ m/s}$$

On voit donc que la stabilité thermique empêche le transfert de quantité de mouvement du sommet de la CLU vers sa base.

D'autre part, l'écart entre les directions du vent à ces deux hauteurs est parfois important : il peut atteindre  $40^\circ$  en stratification instable et même  $60^\circ$  en stratification stable.

#### Le vent dans la rue

La figure 9 montre, en fonction de la direction d'un vecteur vent unitaire au sommet des toits, la composante horizontale du vent à 4 m de hauteur au-dessus du trottoir. Il s'agit là de valeurs moyennes sur l'ensemble des mesures correspondant à chaque direction.

L'effet de canalisation du vent suivant l'axe de la rue apparaît clairement. Dans le cas de vents presque perpendiculaires à la rue (secteurs  $60 - 90$ ), la composante longitudinale du vent dans la rue peut même être supérieure à la composante longitudinale du vent au dessus des toits.

Pour le secteur  $+90^\circ + 150^\circ$ , on note une inversion du signe de la composante longitudinale, ce qui peut être dû à l'effet particulier d'un bâtiment unique.

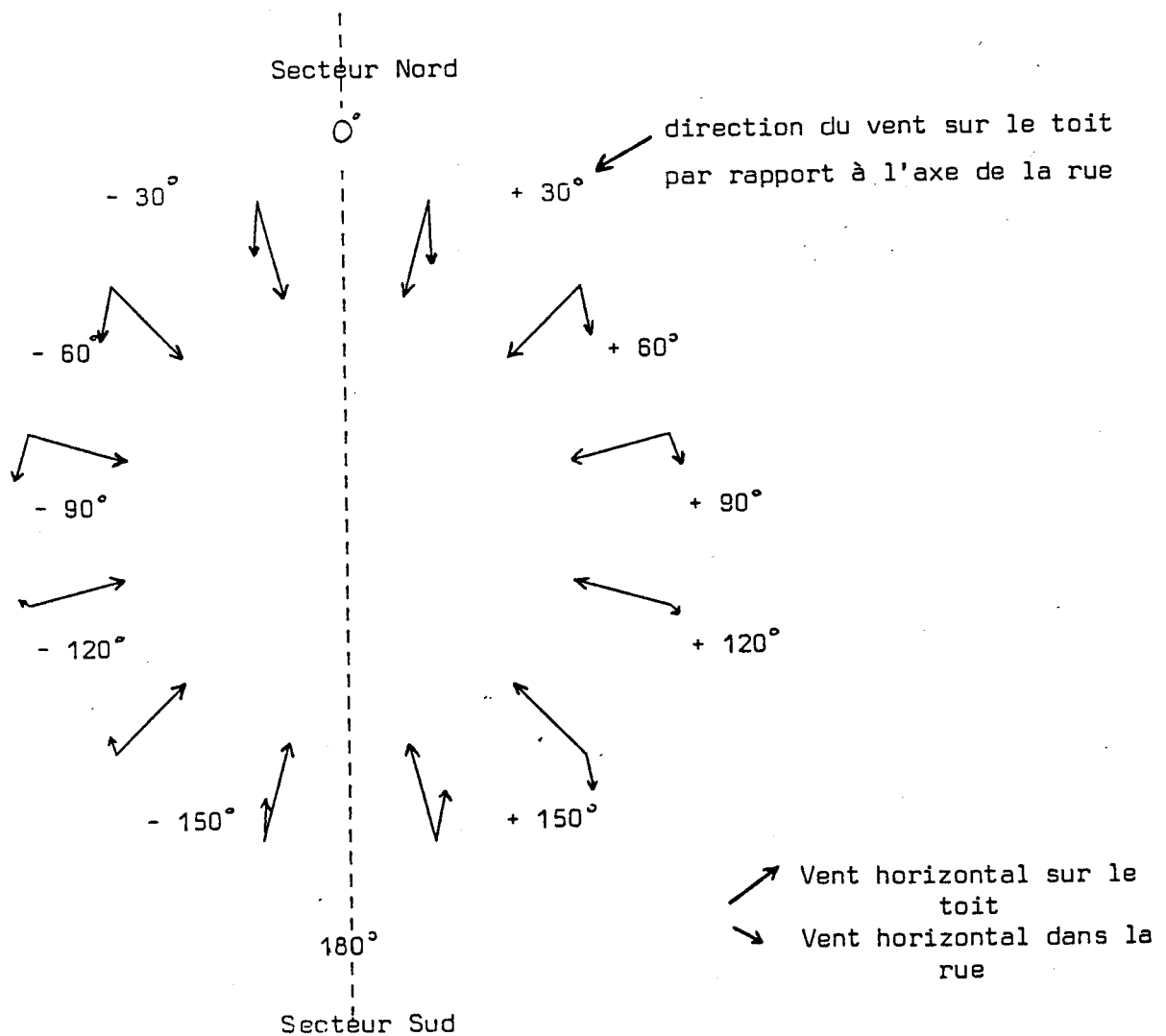


Figure 9 : Vent horizontal dans la rue

Enfin, de façon générale, les composantes Nord-Sud du vent semblent accélérées par rapport aux composantes Sud-Nord. On peut supposer que la circulation des véhicules, qui s'effectue dans le sens Nord-Sud, est à l'origine de ce phénomène.

Si l'on se place dans le plan vertical de la section de rue, on remarque qu'il se développe un mouvement moyen de rotation (vortex) (figure 10). La direction réelle du vent influe peu. L'intensité de ce vortex dépend essentiellement de l'intensité de la composante transversale du vent au dessus des toits.

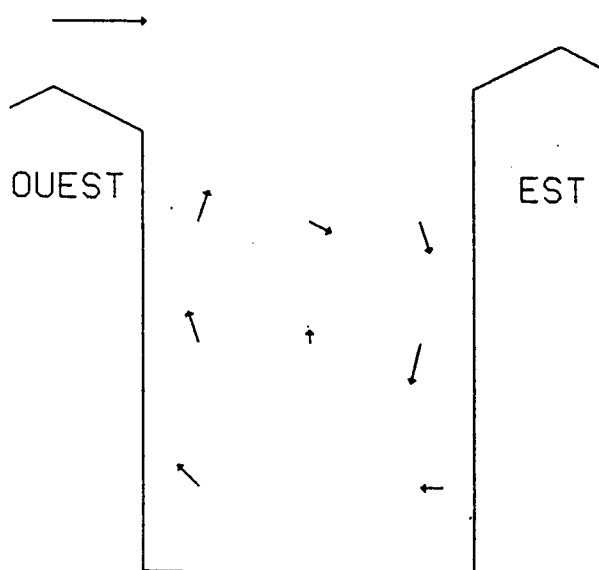


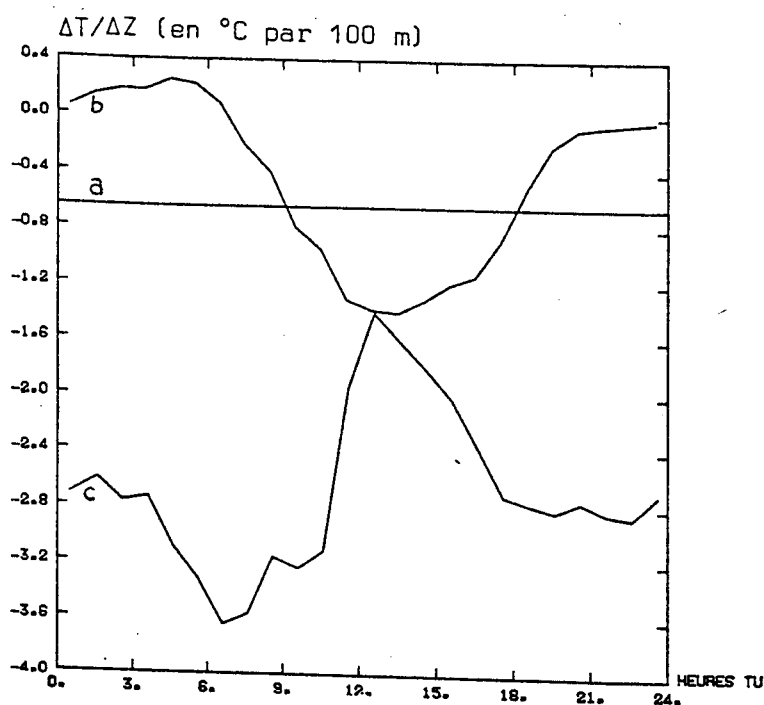
Figure 10 : Vortex moyen

Vent au dessus des toits : direction : écart de  $50^\circ$  par rapport à l'axe de la rue.

Vitesse :  $\sim 2$  m/s en composante transversale

#### Influence de la stratification thermique dans la CLU

La figure 11 montre les évolutions diurnes moyennes du gradient de température dans la CLU, calculé d'après les températures au sommet de la tour de Bretagne (150 m) et au niveau des toits (25 m), et du gradient de température dans la rue, d'après les températures au niveau des toits et à 4 m au dessus du trottoir.



- a - Gradient adiabatique humide
- b - Gradient 150 m/25 m
- c - Gradient 25 m / 4 m

Figure 11 : Gradients thermiques moyens en fonction de l'heure

Dans la couche limite urbaine, la stratification est stable (gradient supérieur au gradient adiabatique) pendant la nuit et instable pendant la journée. Cette évolution s'explique par le réchauffement des toits dû au rayonnement solaire dans la journée, et par leur refroidissement radiatif de nuit.

Dans la sous-couche limite, la stratification est toujours instable (la température de l'air est plus élevée à 4 m qu'au niveau des toits) et l'évolution diurne est inversée : en effet, le refroidissement radiatif des toits pendant la nuit est plus élevé qu'au niveau du sol où le rayonnement est piégé par les bâtiments. De plus, la chaleur emmagasinée pendant la journée par les murs est restituée dans la rue pendant la nuit. Enfin, il est possible que l'apport de chaleur dû aux véhicules automobiles soit en partie la cause d'un réchauffement de l'air au niveau du sol.

L'étude des corrélations entre les fluctuations de vitesse verticale et le gradient de température dans la CLU montre que la turbulence dans la rue est freinée en cas de stabilité thermique dans la CLU.

De même, lorsque le gradient croît, donc lorsque la stabilité augmente, les mouvements verticaux moyens (vortex) sont freinés, surtout du côté sous le vent ; lorsque, par contre, le gradient décroît, les mouvements verticaux sont favorisés.

#### Influence du micro-climat sur la pollution d'origine automobile

Les figures 12 et 13 montrent les relations qui existent entre la pollution d'origine automobile et, d'une part la vitesse du vent au dessus des toits, d'autre part, sa direction.

La pollution est caractérisée ici par la concentration moyenne  $C$  en monoxyde de carbone dans la rue, ramenée au nombre de véhicules  $Q$  par 15 mn, afin d'éliminer l'influence du trafic.

Lorsque le vent au dessus des toits est dirigé suivant l'axe de la rue, l'influence de la vitesse du vent n'apparaît pas. Par contre, lorsque le vent a une composante transversale à l'axe de la rue, la pollution diminue fortement lorsque la vitesse du vent augmente.

De même, la pollution est d'autant plus faible que le vent est transversal à la rue. Ceci s'explique par le développement du vortex qui favorise les échanges entre la rue et l'environnement supérieur.

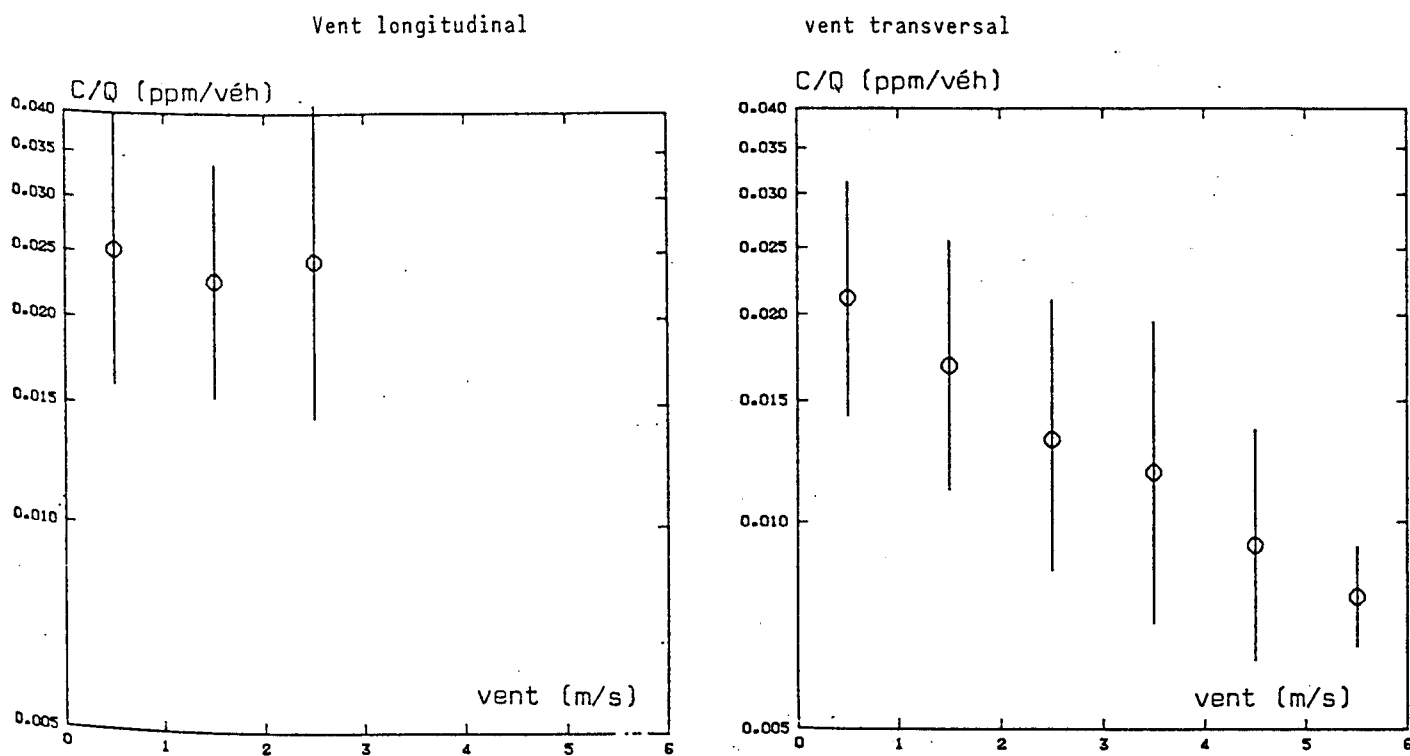


Figure 12 : Influence de la vitesse du vent au dessus des toits sur le rapport C/Q pour les vents longitudinaux et transversaux

o : moyenne  
| : écart-type

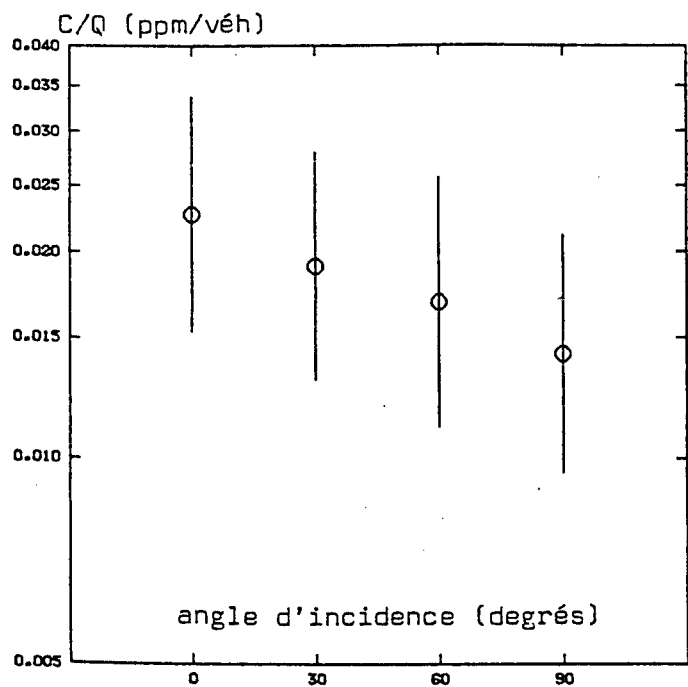


Figure 13 : Influence de l'angle d'incidence du vent au dessus des toits par rapport à l'axe de la rue, sur le rapport C/Q (vitesse du vent comprises entre 1 et 2 m/s).

## FACTEURS PHYSIQUES ET PROJETS URBAINS

D. GROLEAU - C.E.R.M.A. NANTES

Les différentes modalités de la prise en compte des facteurs physiques dans le projet urbain conduisent à formuler quelques remarques préliminaires :

- 1 - Les résultats des analyses physiques réalisées sur le projet ne se représentent pas ou peu ; davantage, ils ne donnent pas à voir le projet dans ses aspects relationnels forme-phénomène physique. Ils s'expriment par un tableau de chiffres, éventuellement une courbe fonction du temps mais non de l'espace, ou encore par des représentations déformées (diagrammes solaires) directement issus de la simulation. Ainsi, un coefficient G ou B, s'il exprime un niveau de consommation énergétique, ne dit rien de l'architecture du bâtiment.

Il paraît donc nécessaire de représenter, de montrer, les interactions entre phénomènes physiques et forme urbaine d'autant que celles-ci dépendent des caractéristiques spatiales et géométriques des projets et qu'elles constituent le champ d'investigation proposé.

- 2 - L'examen des interactions, forme urbaine et facteurs physiques de l'environnement n'a pas jusqu'à présent conduit à édicter des règles, des lois ou des normes applicables directement au processus de conception. En énergétique du bâtiment, certaines contraintes établies pour économiser l'énergie (en chauffage) doivent être respectées. Il s'avère cependant que quelque soit l'environnement, le type de tissu dans lequel s'insère le bâtiment, ces contraintes sont satisfaites ; masquant ainsi l'effet que peut apporter la forme urbaine, la disposition des constructions, leur volumétrie et le site, sur le gain en consommation d'énergie de chauffage.

Les questions d'ensoleillement et d'énergétique se sont généralement traduites sur le plan de la forme urbaine par des recommandations en terme d'orientation préférentielle dont le choix n'était d'ailleurs pas reconnu par tout le monde. Les études bioclimatiques et solaires récentes ont donné la préférence à la façade Sud. Mais les implications d'une telle orientation sur la forme urbaine appliquées de façon systématique vont à l'encontre des recherches et projets actuels qui tentent de renouer avec les traditions plus classiques de composition urbaine.

Bref, pas de normes, mais des souhaits et des préoccupations pour obtenir un environnement de qualité satisfaisant sur le plan énergétique et climatique. Nous sommes alors placés dans une situation de problèmes mal définis, parfois même non posés.

- 3 - De nombreux travaux techniques, simulations physiques, simulations informatiques, simulations manuelles permettent de disposer d'un grand nombre de moyens et d'outils (notamment en énergétique) pour aborder ce problème. Force est de constater que leur utilisation demeure limitée à la seule sphère des personnes sensibilisées par ces questions énergétiques. Des moyens supplémentaires, en temps et en argent, sont évidemment nécessaires, et le recours à de telles investigations doit être justifié.
- 4 - Le dernier point a trait aux percées récentes réalisées par l'informatique en architecture (matériel et logiciels), notamment en ce qui concerne les simulations numériques et les techniques de représentation (image de synthèse, film vidéo). Les applications sont en évolution rapide et il est fait appel, de plus en plus, aux techniques informatiques.

Dans cette perspective, il n'est pas pensable de régler totalement le problème des interactions physiques avec le projet, non plus d'inventer de nouveaux outils (de nombreux phénomènes sont bien étudiés, des modèles existent), mais plutôt d'utiliser les acquis existants et de les mettre en forme afin de sensibiliser davantage de concepteurs, de responsables et de décideurs à l'intérêt de telles approches. Nous pensons qu'il est alors possible d'élaborer un "système d'évaluation physique des projets urbains" reposant simultanément sur des visualisations informatisées des simulations numériques et un système d'acquisition et de traitement sélectif des informations physiques permettant leur gestion et leur représentation en relation avec le projet.

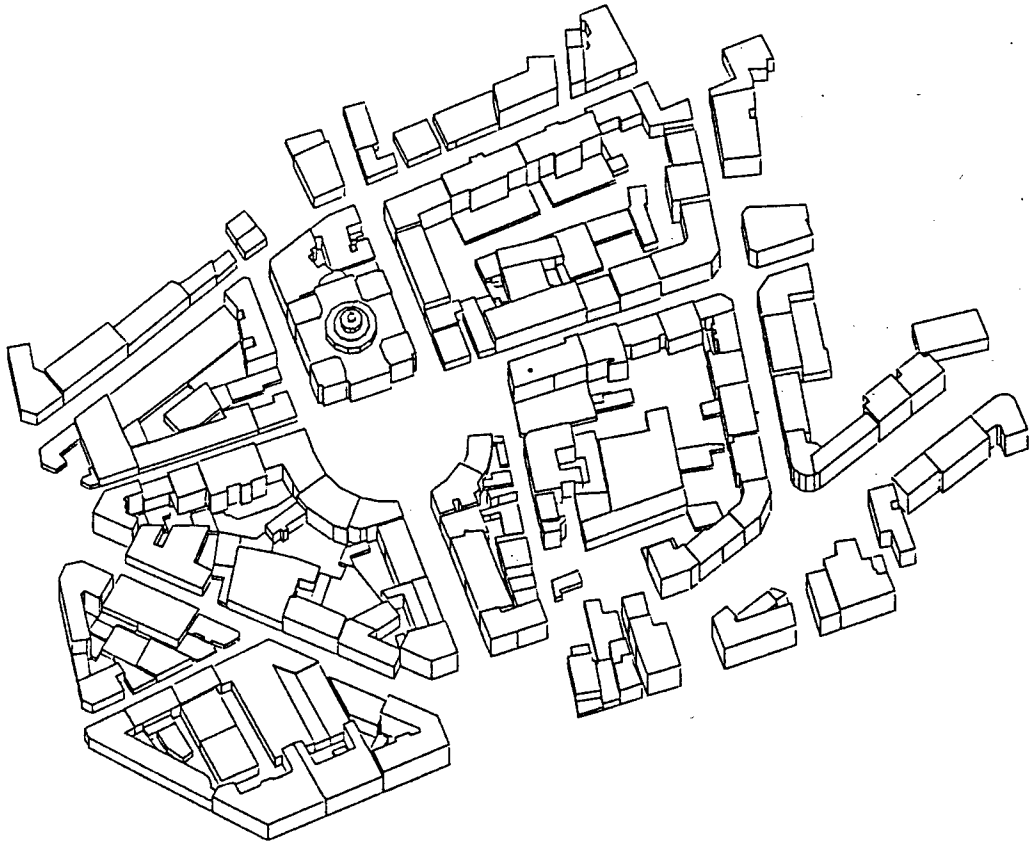
#### SCHEMA ORGANISATIONNEL DE L'OUTIL D'EVALUATION PHYSIQUE DU PROJET URBAIN

La structuration de l'outil d'évaluation que nous cherchons à mettre en place s'appuie sur des travaux menés par l'équipe sur la gestion statistique et cartographique des données urbaines. Les travaux ont conduit à la réalisation d'un logiciel RICARDO qui assure certaines des fonctions que nous recherchons ici, à savoir l'exploitation et la représentation des données ou des phénomènes urbains en relation avec le temps et l'espace géographique de la ville.

Ce logiciel s'organise autour d'une banque d'entités urbaines ou d'objets urbains (quartier, flot, bâtiment ou permis de construire...) auxquels sont associés un certain nombre de descripteurs qui les caractérisent et les définissent. Une description spatiale sous forme de localisation ou d'emprise au sol (en deux dimensions X, Y) permet de situer l'objet dans l'espace plan. Des interrogations sélectives de la banque de données permettent de réaliser certains traitements et de représenter cartographiquement les résultats obtenus. L'information est alors située dans l'espace de la ville et les phénomènes urbains peuvent être analysés dans leur dimension spatiale.

Ce système fonctionne également dans un contexte de problèmes mal définis, sans modèle précis d'exploitation de données ; les résultats successifs permettent cependant d'établir des corrélations, de fixer des tendances bref, d'appréhender de façon analytique ou synthétique les phénomènes étudiés.







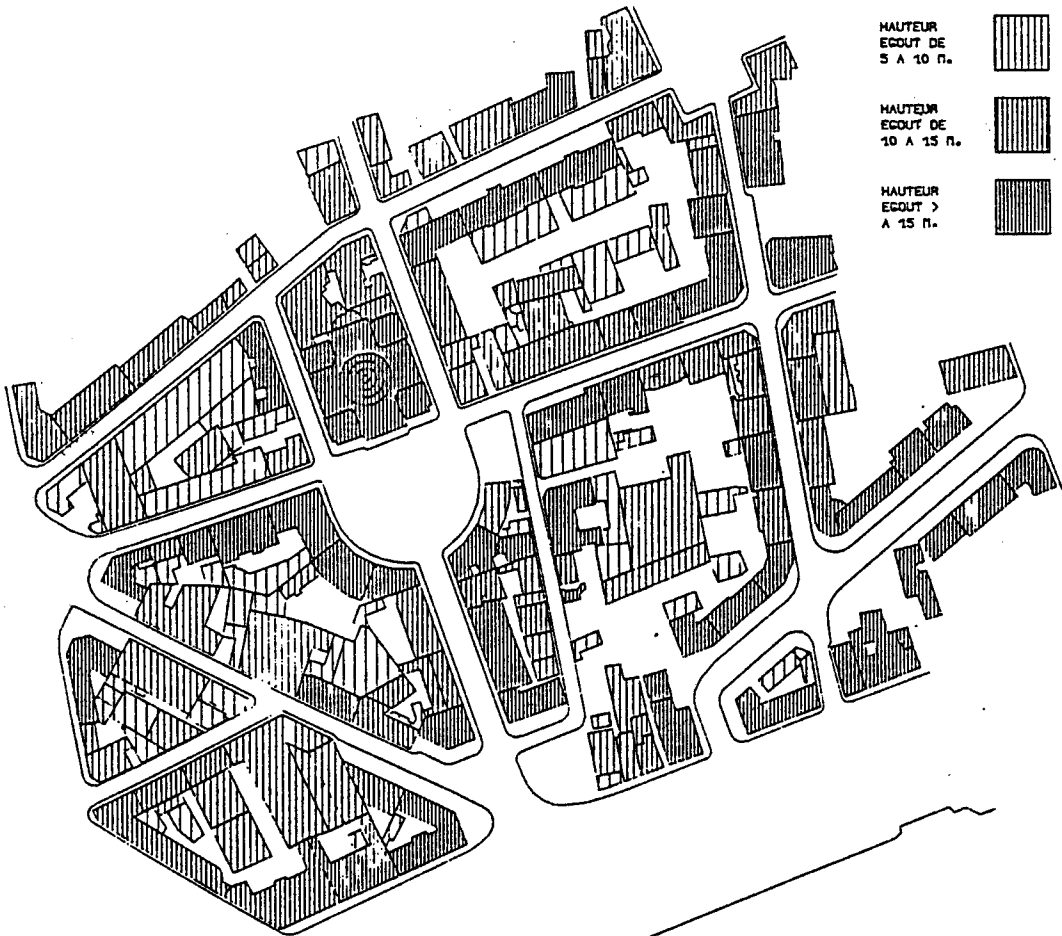


QUARTIER SAINT LOUIS - VUE AXONOMETRIQUE D'ENSEMBLE

QUARTIER DU SANITAT - PLAN DES HAUTEURS

ECHELLE : 1/2000

- HAUTEUR  
EGOUT DE  
0 A 5 m. 
- HAUTEUR  
EGOUT DE  
5 A 10 m. 
- HAUTEUR  
EGOUT DE  
10 A 15 m. 
- HAUTEUR  
EGOUT >  
A 15 m. 



On peut reprendre les principales fonctions de cet outil de gestion de données et les transposer dans un système équivalent qui permettrait l'étude des interactions entre les facteurs physiques de l'environnement et la forme urbaine.

La banque serait donc constituée des objets urbains tels que les volumes des bâtiments avec leurs façades, toitures, mais aussi les espaces extérieurs (ou les volumes extérieurs). Les descripteurs caractériseraient l'ensoleillement, l'énergie solaire de ces objets à différentes périodes, et plus généralement tous les aspects physiques qui pourraient leur être associés (éclairage, acoustique, aérodynamique...).

Les outils de simulation informatique ou physiques seraient, dans ce contexte, les générateurs d'information des objets urbains traités ; les simulations réalisées permettraient de qualifier chaque descripteur pour chaque objet.

Le traitement des données, de même type que dans le logiciel de cartographie, s'attacherait à la sélection des informations, leur réorganisation et leur mise en forme.

La communication de résultats doit passer par une représentation qui met en scène la forme urbaine étudiée ; cette dernière étant informée des données issues des simulations. Des visualisations axonométriques ou perspectives paraissent particulièrement adaptées ; ce sont des représentations habituelles pour les concepteurs. Qui plus est, elles constituent un moyen efficace pour mettre en interaction un phénomène physique et les aspects formels et volumétriques d'un projet ; d'autant que la simulation des divers phénomènes physiques dépend des caractéristiques géométriques des projets.

La définition spatiale des objets urbains correspond alors, dans ce système, à la définition de la géométrie des bâtiments en trois dimensions : une maquette numérique sous forme de coordonnées X, Y, Z organisée par faces pour constituer chacun des volumes. Cette maquette est nécessaire à la fois pour réaliser les simulations numériques informatiques et les représentations axonométriques et perspectives. Nous verrons d'ailleurs que pour l'ensoleillement, les traitements de simulation et de représentation font appel aux mêmes procédures informatiques de traitement d'image.

La définition de la maquette numérique impose des moyens de saisie tel que digitaliseur et des programmes de définition de primitives, volumes géométriques de base. Le niveau de précision dépend du problème étudié, de l'étendue du secteur analysé ou du degré d'avancement du projet ; il est également posé lors de la réalisation des maquettes physiques d'un site.

#### LE MODELE DE SIMULATION DE L'ENSOLEILLEMENT : L'"HELIODON NUMERIQUE"

Les outils de simulation de l'ensoleillement, que ce soit l'héliodon avec sa maquette, les différents types d'abaques et de diagrammes solaires, ou les programmes de simulation informatiques, réalisent tous des projections géométriques qui mettent en relation les trajectoires solaires avec l'environnement construit ou naturel étudié. Ils nécessitent donc une transformation des objets, qui constituent le site simulé, à partir d'une maquette numérique de ces objets dans l'espace 3D (coordonnées X, Y, Z ou angle azimut, hauteur...).

En simulation numérique, deux outils permettent de rendre compte des deux approches possibles de l'ensoleillement :

- . le premier permet d'obtenir le bilan d'ensoleillement EN UN POINT de l'espace EN FONCTION DU TEMPS ;
- . le second de réaliser, en une même opération également, le bilan d'ensoleillement A UN INSTANT DONNE en FONCTION DE L'ESPACE.

La première simulation est obtenue en représentant, simultanément, dans une vue perspective, les trajectoires du soleil et les volumes vus par le point d'observation ; cette opération revient en fait au calcul d'un "MASQUE". Sur le plan de la représentation (communication des résultats) du bilan d'ensoleillement, l'image ainsi obtenue (même épurée des lignes cachées) n'est pas très significative ; le point d'observation n'est pas situé dans son environnement et l'image produite déformée ne correspond pas à une vision réaliste du projet ou de l'environnement étudié.

Sur le plan de la génération des données solaires, l'exploitation numérique de l'image est possible puisqu'en parcourant chacune des trajectoires du soleil, on peut déduire le statut d'ensoleillement du point (vu, pas vu) au cours du temps. Cette opération d'extraction d'information à partir de l'image suppose cependant un traitement de l'image pour la recherche du contour englobant le masque.

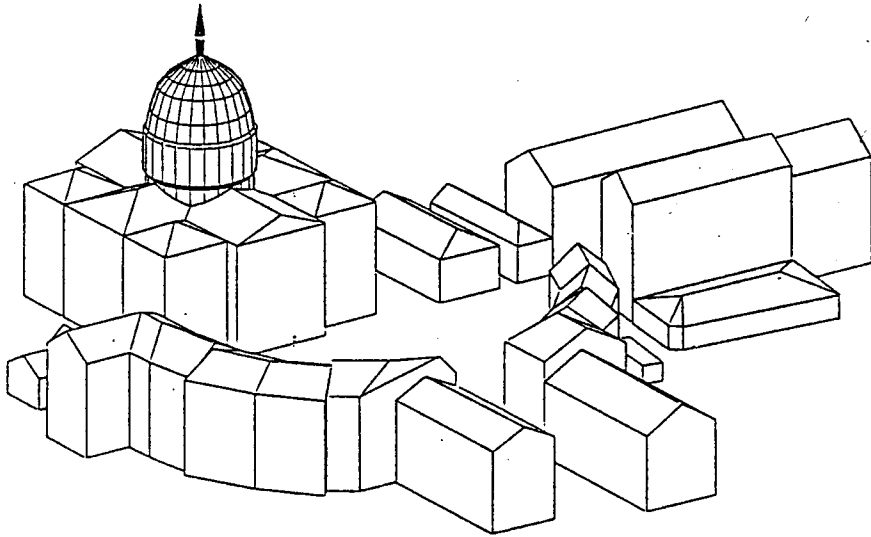
Dans la perspective d'une utilisation systématique sur un environnement donné, ce type de simulation nécessite d'être réalisé un grand nombre de fois pour couvrir tout l'espace étudié. Il produit une discontinuité spatiale dans la perception des phénomènes et surtout un grand nombre d'informations (l'état d'ensoleillement pour chaque instant  $t$ ).

Le deuxième outil de simulation est équivalent à la simulation physique par héliodon ; elle réalise numériquement une vue axonométrique de l'environnement en considérant le soleil, à l'instant choisi, comme l'observateur situé à l'infini. L'image obtenue, sur un plan perpendiculaire au rayon solaire, ne fait apparaître que les parties vues (donc ensoleillées) des objets constituant la scène à représenter. A l'inverse de la simulation précédente, la continuité de l'état d'ensoleillement dans l'espace est conservée ; des opérations successives peuvent rendre compte de l'évolution du phénomène dans le temps.

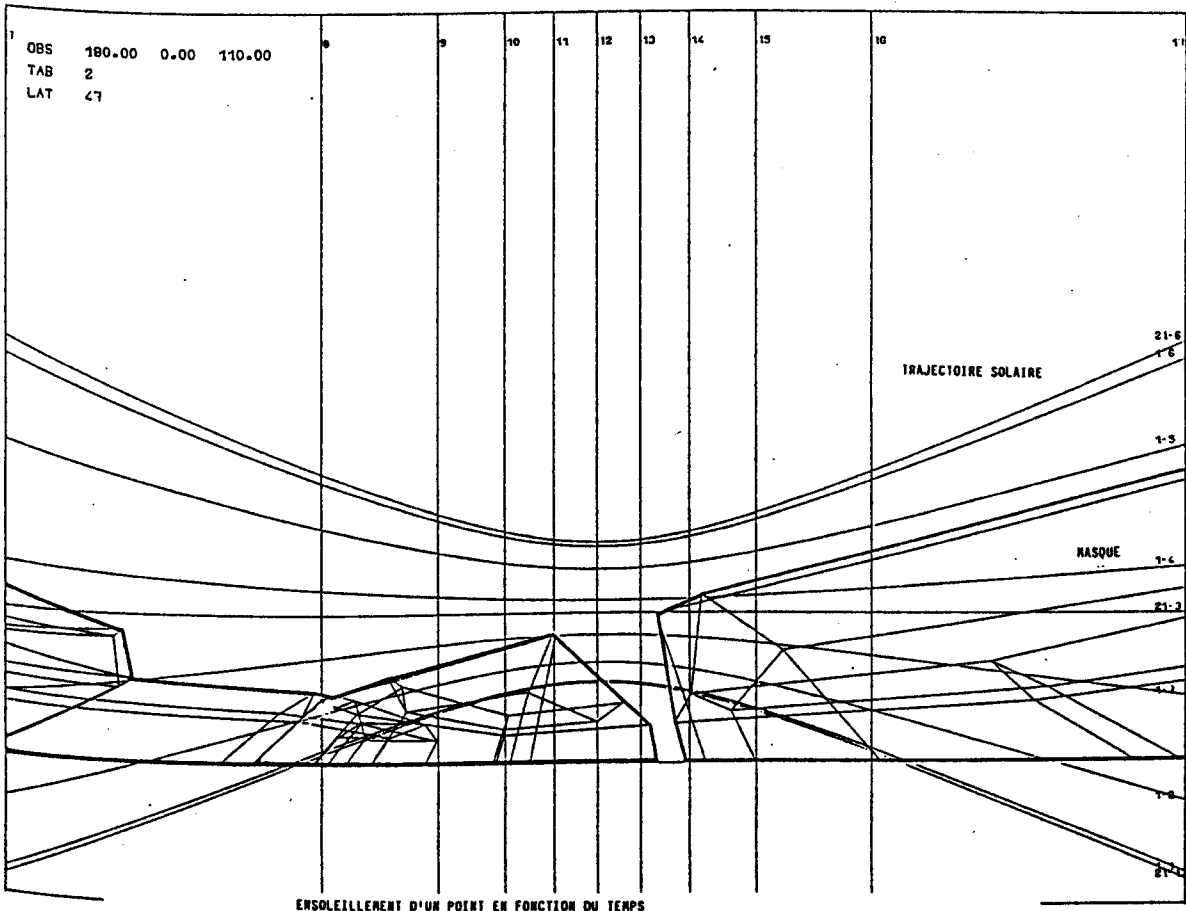
L'image "héliodon", à condition toutefois d'enlever les faces ou lignes non vues, est beaucoup plus parlante que la précédente.

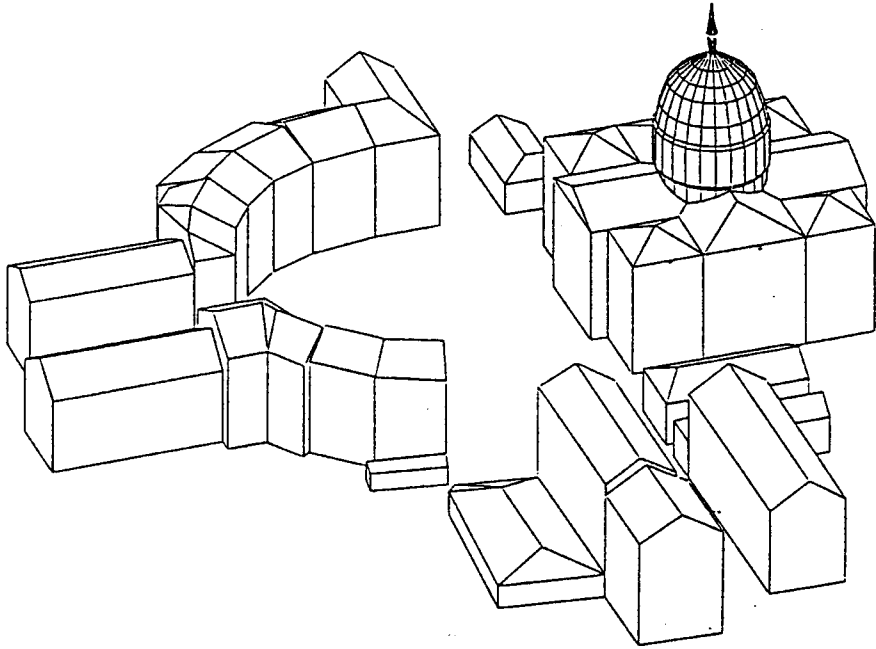
Elle fait partie des types de représentation utilisés par les concepteurs pour communiquer leur projet. L'angle de vue est cependant imposé par la position du soleil et il ne rend compte, par ailleurs, que de ce qui est ensoleillé : l'ombre doit être déduite et située dans l'espace en tant qu'ombre propre et portée.

Comme précédemment, la génération des données solaires suppose un traitement numérique de l'image ; celui-ci consiste à reconnaître ce qui est vu (ensoleillé) non seulement sur l'image mais également dans l'espace. Le nombre d'opérations à réaliser est moindre que dans le premier cas, car le temps est sans doute moins significatif que l'espace (moins de mesures dans le temps mais couverture totale de l'espace étudié).

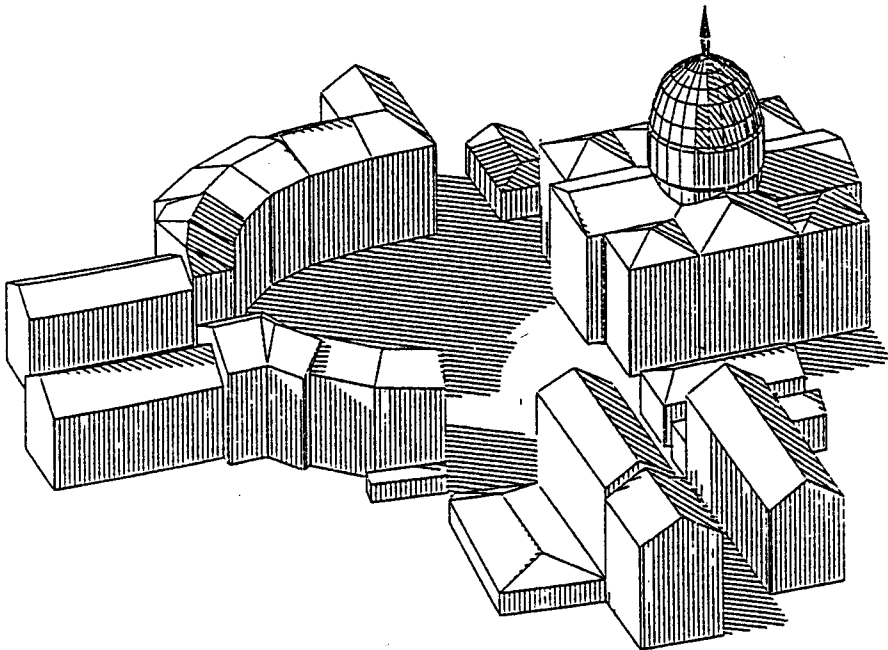


PLACE DU SANITAT - VUE HELIODON 21 JANVIER 13 H

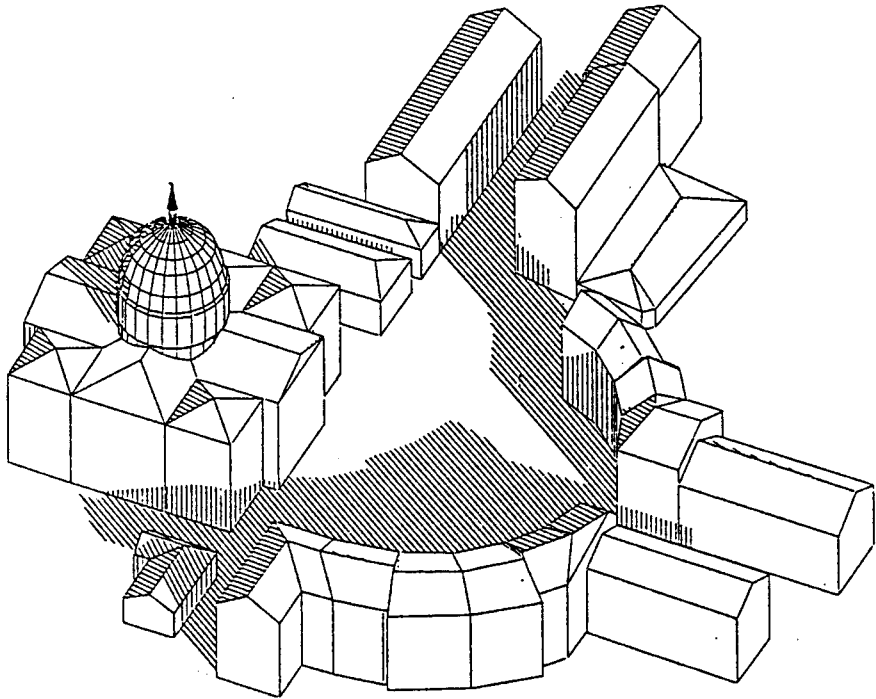




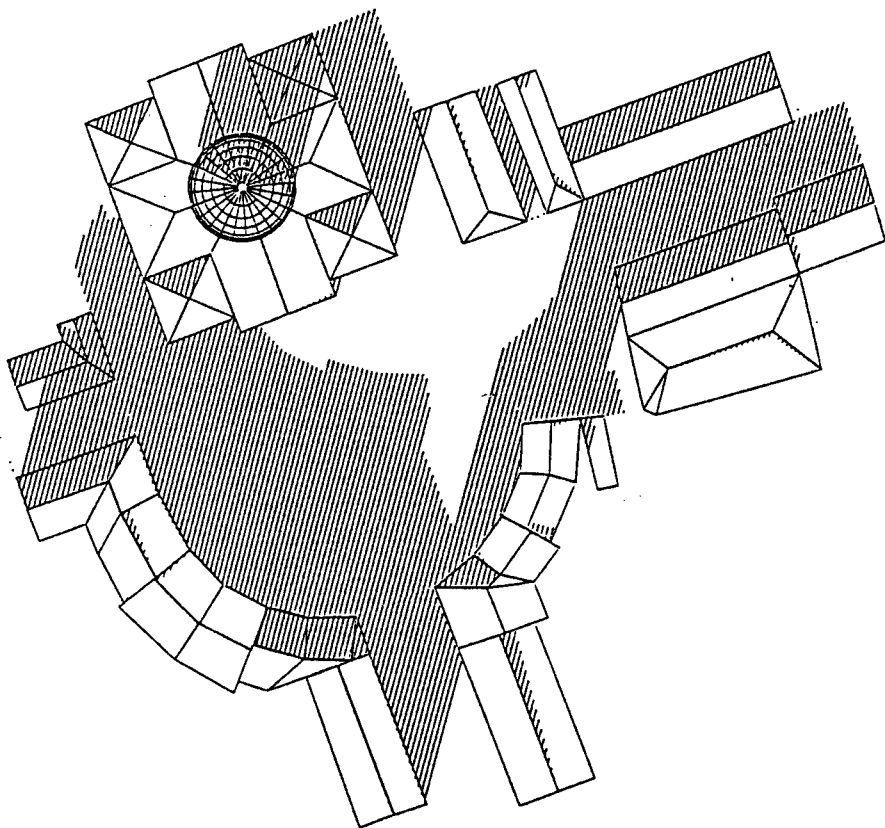
PLACE DU SANITAT - VUE AXONOMETRIQUE 1



PLACE DU SANITAT - VUE AXONOMETRIQUE 1 AVEC OMBRE (21 JANVIER 13 H)



PLACE DU SANITAT - VUE AXONOMETRIQUE 2 AVEC OMBRE (21 JANVIER 13 H)



PLACE DU SANITAT - VUE EN PLAN OMBREE (21 JANVIER 13 H)

Le traitement de l'image permet également de passer facilement de l'ensoleillement à l'évaluation de l'énergie solaire incidente sur les faces des bâtiments ou le sol ; elle dépend de la position du soleil (date, heure), mais aussi de la surface ensoleillée. Celle-ci est obtenue directement sur l'image héliodon sous forme de surface normale aux rayons solaires.

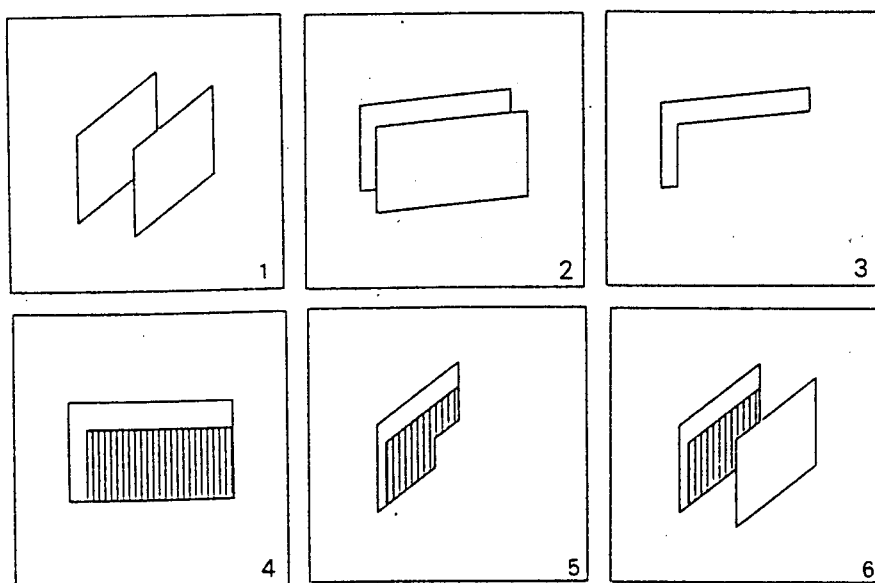
Mais le principal intérêt de cette simulation "héliodon" numérique est qu'elle permet de réutiliser ces informations ensoleillées, à l'ombre, dans d'autres représentations axonométriques et perspectives et d'enrichir ainsi les visualisations habituelles avec les ombres propres et portées ; établissant alors un rapport immédiat entre les formes, les volumétries, la destination des espaces avec leur situation d'ensoleillement.

Le principe de ces représentations avec ombre est simple ; l'image héliodon constitue d'ailleurs un cas limite de cette représentation avec ombre puisque les ombres n'existent réellement pas dans cette visualisation. Il suffit, en fait, de superposer deux vues :

- la première, que nous appellerons "vue de présentation", qui est réalisée par les mêmes programmes de visualisation que ceux utilisés pour l'image héliodon ; le point de vue est alors choisi par l'utilisateur ;
- la seconde, "vue ombrée", réalisée avec le même point de vue que la précédente à partir des données 3D issues de l'image héliodon.

La mise en oeuvre de l'opération relève des procédures du traitement d'image ; 5 étapes peuvent être identifiées :

- 1 - A partir de la banque "objet 3D", réalisation d'une image axonométrique (vue de présentation) ; à l'issue du traitement, on est en possession de la liste de toutes les images 3D des faces (ou parties de faces) représentées dans la scène et stockée dans le fichier IMAGE DE PRESENTATION.
- 2 - A partir de la même banque d'objets 3D, réalisation de l'image héliodon (pour une position du soleil) : à l'issue de traitement, le fichier IMAGE HELIODON contient toutes les faces images 2D ensoleillées.
- 3 - L'image héliodon des seules faces vues est "renvoyée" dans l'espace en appliquant aux images 2D la transformation inverse à celle qui a permis la réalisation de la vue héliodon. On obtient ainsi une nouvelle banque "d'objets 3D" qui sont les faces ou parties de faces ensoleillées. Celles-ci s'appliquent dans l'espace sur les faces de la banque objet 3D initiale.
- 4 - Constitution du fichier "IMAGE D'OMBRE" à partir de l'IMAGE DE PRESENTATION et du fichier de faces 3D ENSOLEILLEES. Le traitement, qui ne s'applique qu'aux faces effectivement présentées dans la vue de présentation, consiste à considérer initialement toutes les faces ombrées, et ensuite, pour chacune d'elle, à leur ôter de l'ombre les parties correspondantes ensoleillées. Ces dernières correspondent à l'image des faces 3D ensoleillées transformée suivant le point de vue retenu pour la vue de présentation.
- 5 - Représentation superposée des fiches IMAGE DE PRESENTATION et IMAGE OMBREE en choisissant, par exemple, pour l'ombre un hâchurage dont l'orientation tient compte de la direction du rayon solaire sur chacune des faces représentées.



PRINCIPE DE DETERMINATION DE L'OMBRAGE

- 1 - Axonométrie de "Présentation" (image 2D)
- 2 - Vue héliodon (image 2D)
- 3 - Identification de la partie vue sur l'image héliodon
- 4 - Rapport de l'ombre sur le plan de la face dans l'espace 3D
- 5 - Vue de "Présentation" de la face avec son ombre
- 6 - Obtention de l'image finale ombrée



A partir d'une même image héliodone, plusieurs vues de perspective peuvent ainsi être réalisées (axonométrique, perspective, élévation, vues en plan ...).

L'évolution rapide dans les techniques de traitement d'image et les matériels informatiques devrait permettre de généraliser rapidement ce genre de procédures, d'améliorer les représentations et de disposer ainsi de moyens de communication des phénomènes physiques de l'environnement en relation directe avec les options d'aménagement proposées.

#### LA BANQUE DE DONNÉES SPATIALES DES INFORMATIONS PHYSIQUES

Les simulations numériques d'ensoleillement génèrent des informations qui peuvent être traitées et représentées directement, comme dans le cas de représentations ombrées. Il est cependant intéressant d'envisager leur stockage dans une banque de données sous une forme qui permette leur exploitation ultérieure, soit par globalisation ou synthèse des données brutes de base, soit par croisement avec d'autres types d'informations (d'autres phénomènes physiques ou des informations d'un autre ordre). Par exemple, trouver tous les secteurs de l'espace bénéficiant de moins de deux heures d'ensoleillement durant une journée d'hiver, ou représenter les espaces extérieurs à l'ombre et exposés au vent durant telle ou telle période.

Le stockage des informations permet de libérer les outils de simulation des tâches d'exploitation des données qui leur sont habituellement attribuées. Grâce à des procédures interactives d'interrogation des données emmagasinées dans une banque et à des modes de restitution appropriés, basés sur des images de représentation du projet, les informations pourraient être traitées de façon beaucoup plus synthétique et opérationnelle. La représentation de ces informations "globalisées", équivalente à celle des ombres, utilisant un hachurage, une couleur ou un dégradé, plaqué sur les images de présentation en fonction de la valeur ou de l'intensité du phénomène enregistré.

Ce qui est prépondérant dans un premier temps, c'est la forme de stockage nécessaire à l'enregistrement des informations issues des simulations. Pour ce qui concerne l'ensoleillement, mais qui peut être étendu à d'autres domaines d'investigation, l'élément organisateur de la banque de données, c'est le volume défini géométriquement en 3 dimensions qui s'organise hiérarchiquement ou relationnellement en faces (plans, toiture, façades...). Les informations d'ensoleillement doivent être associées à cet élément de base et à ses sous-éléments.

Deux solutions paraissent pouvoir être envisagées :

- la première, application directe de la procédure précédente de détermination des parties ombrées, consisterait à stocker autant de définitions différentes des objets (faces) que d'états différents ; par exemple, le contour ensoleillé d'une face à 9 h, à 10 h ... Les synthèses seraient alors obtenues par traitement de la superposition des différents contours. Le contour des faces toujours ensoleillées entre 9 h et 12 h par exemple. On imagine bien que ce mode de traitement conduit à des opérations délicates dès lors qu'on s'intéresse à plusieurs phénomènes simultanément ou que les questions s'écartent, par trop, de cette procédure de superposition. Il se prête par ailleurs, mal à une caractérisation automatique

des espaces par l'introduction de critères donnés par l'utilisateur, du type : si c'est au vent et à l'ombre, l'espace est inconfortable ; procédure qui permet de générer de nouvelles informations "plus parlantes" à partir des données brutes emmagasinées (condition de vent, état d'ensoleillement).

- la deuxième solution s'appliquerait à discrétiser l'espace, au niveau de la banque de données, et notamment l'espace des faces qui constituent les volumes étudiés. Elle nécessite l'utilisation d'une trame de discrétisation, en principe constante dans tout l'espace pour des raisons de commodité, et dont la dimension de l'élément de trame soit en accord avec les phénomènes traités.

Cette deuxième solution, qui n'est pas non plus sans inconvénients, semble permettre toutefois davantage de possibilités et de flexibilité dans la gestion et l'exploitation des données des simulations. Le point central de chaque élément de trame devient alors porteur d'informations ; la réunion des éléments de trame de même information peut devenir "portion d'espace". Les opérations d'attribution d'information, de sélection, de représentation sont alors particulièrement aisées.

L'utilisation d'une trame de discrétisation, bien que ne présentant pas comme nous l'avons vu, d'intérêt sur le plan de la simulation de l'ensoleillement, paraît en revanche adaptée à l'étude de phénomènes physiques différents, tel que la thermique à l'échelle du bâtiment, ou l'acoustique, ou l'aérodynamique. Ainsi, par exemple, les méthodes numériques de simulation thermique de la conduction imposent une discrétisation de l'espace et du temps. Nous avons utilisé une discrétisation de l'espace intérieur, dans le programme REXCOOP Habitat climatiques, pour une modélisation simplifiée de la ventilation naturelle dans les locaux.

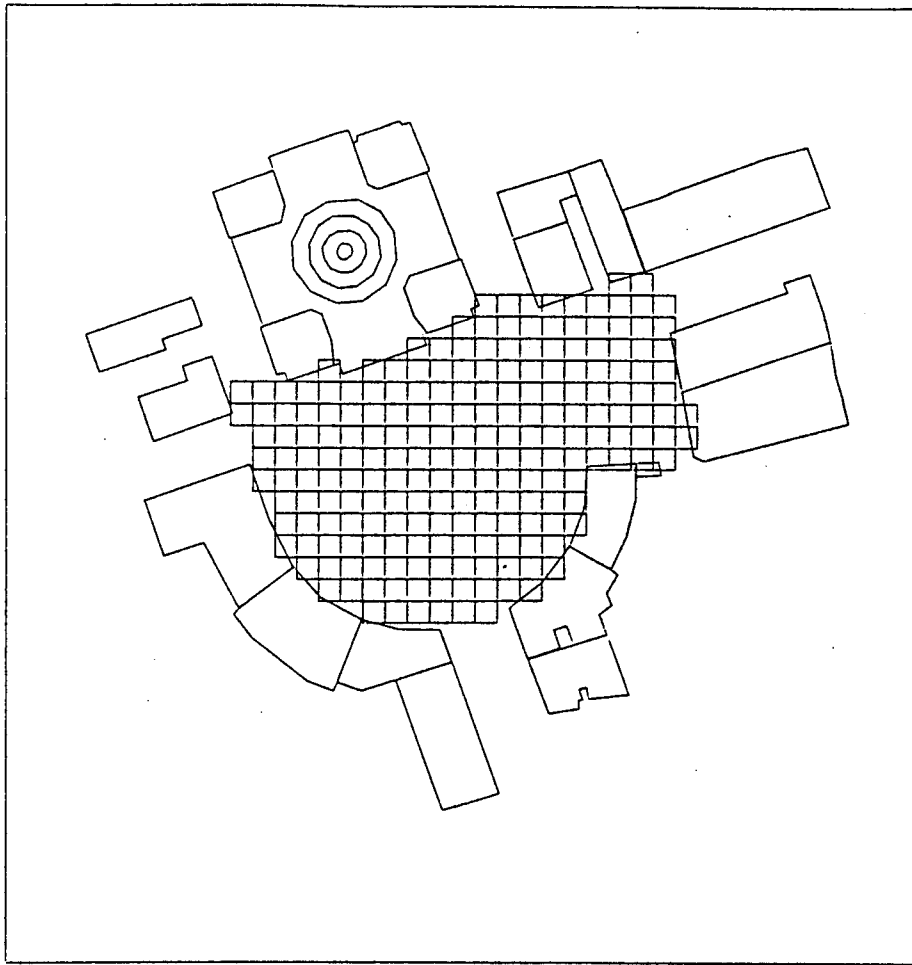
Il apparaît alors que le "vide", les espaces entre bâtiments, doit être modélisé géométriquement par cette trame de discrétisation qui, dans ce cas, serait établie en trois dimensions.

On peut toutefois imaginer une trame de discrétisation différente pour la simulation proprement dite et pour le stockage des informations issues des simulations.

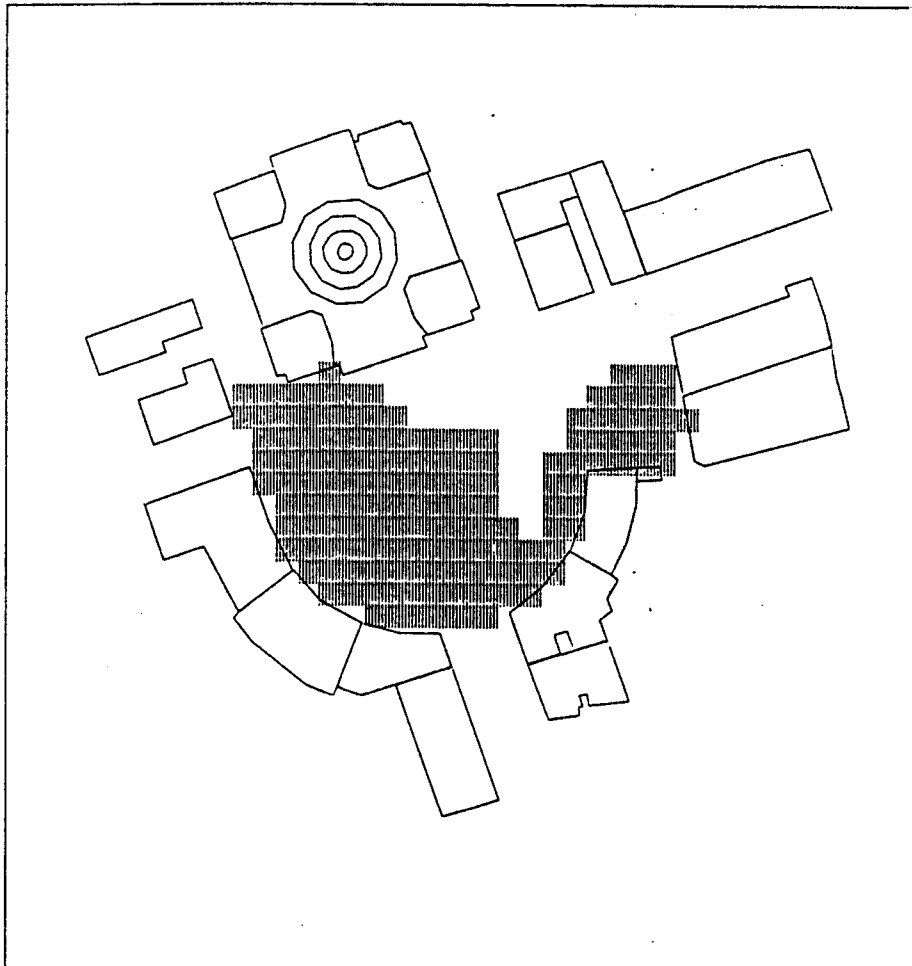
Dans le cas de l'ensoleillement et de l'énergie solaire, il suffit seulement de fixer la trame de discrétisation pour l'examen et le stockage des résultats des différents héliodons numériques. Les études à ce sujet étant en cours actuellement, nous présentons les principes de la procédure de discrétisation sur des plans horizontaux, tels que les espaces extérieurs (sol supposé horizontal).

Le plan d'un espace extérieur, défini par son contour X,Y, est tramé suivant une grille de 4m x 4m dans l'exemple présenté. Chacun des éléments de trame est alors identifié par un numéro et son repérage dans l'espace (la position X, Y de son centre). La banque de stockage est donc constituée de tous les éléments de trame ainsi définis et d'un certain nombre de descripteurs établis en relation avec les simulations réalisées : ensoleillé ou à l'ombre à telle date et à telle heure, valeur de rayonnement solaire à tel instant.

A l'issue d'une simulation héliodon, il est possible de retrouver le contour ensoleillé d'une face dans son plan. Pour établir le statut d'ensoleil-

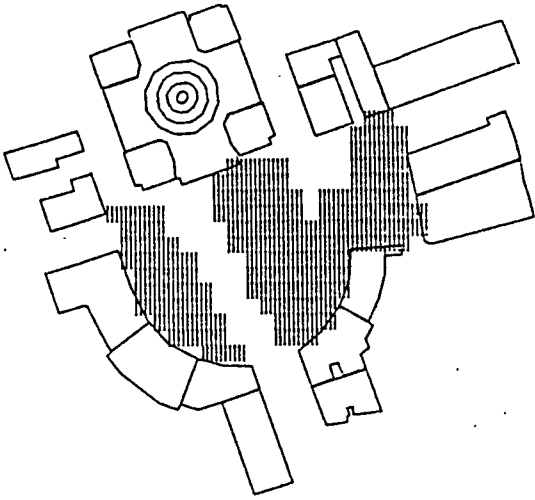


PLACE DU SANITAT - TRAME DE DISCRETISATION

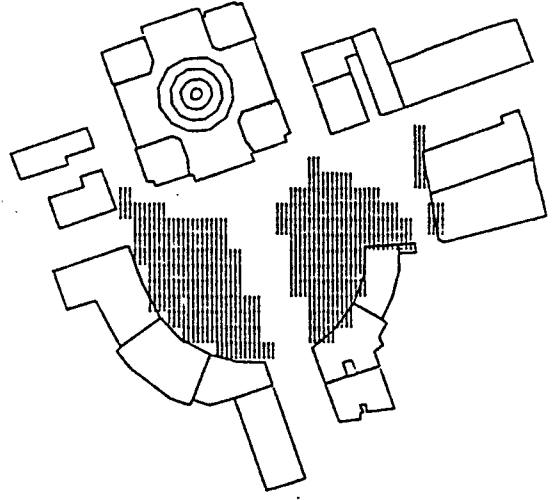


PLACE DU SANITAT - OMBRE LE 21 JANVIER 13 H SUR LA TRAME

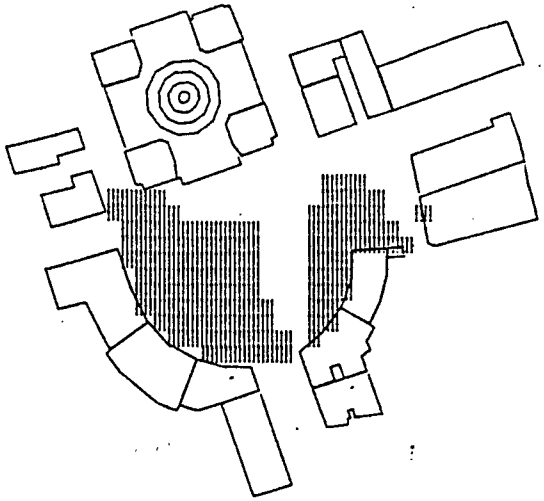
21 JANVIER - 10 H.



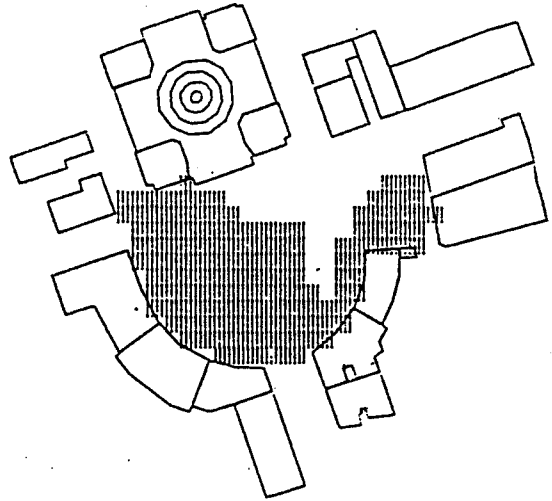
21 JANVIER - 11 H.



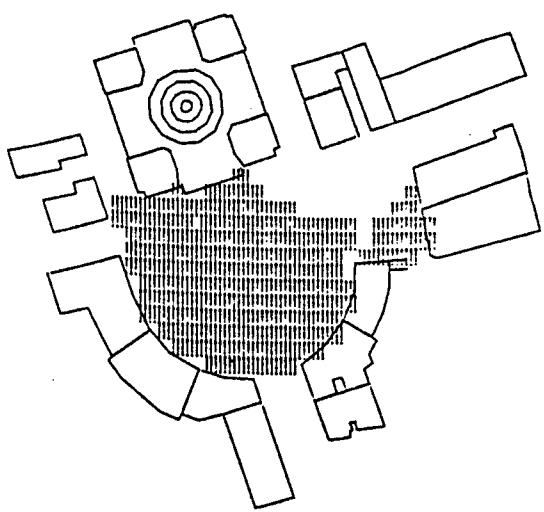
21 JANVIER - 12 H.



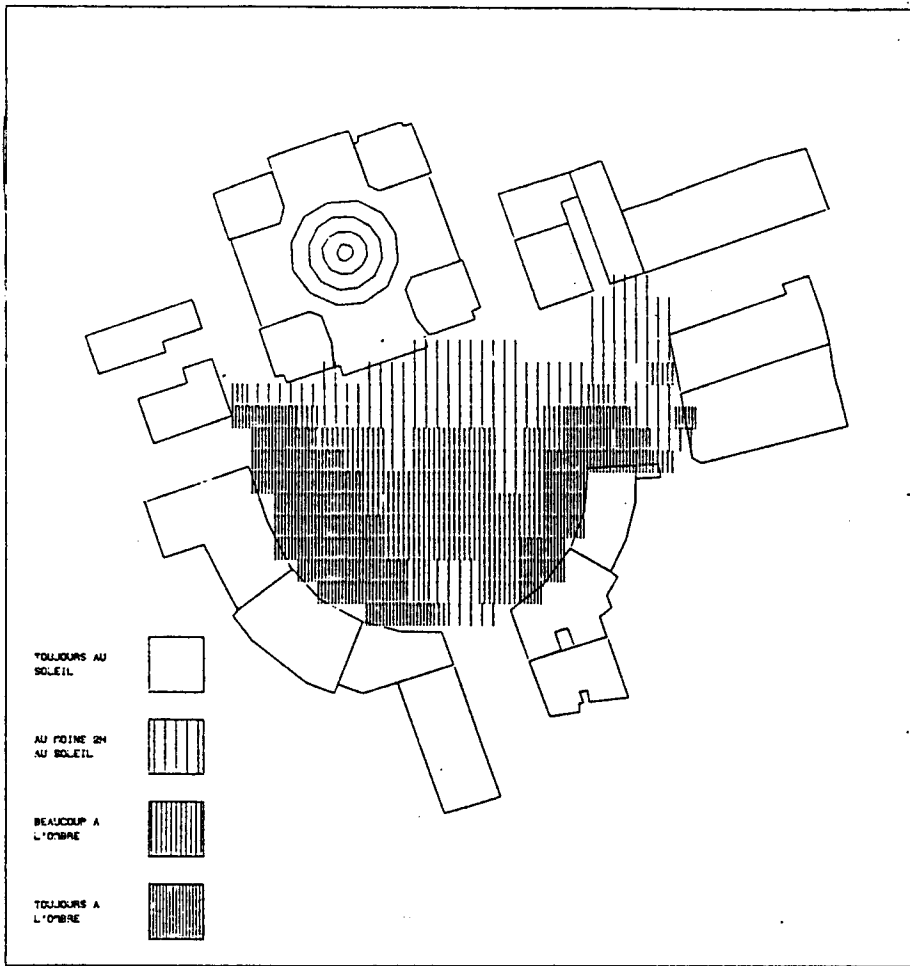
21 JANVIER - 13 H.



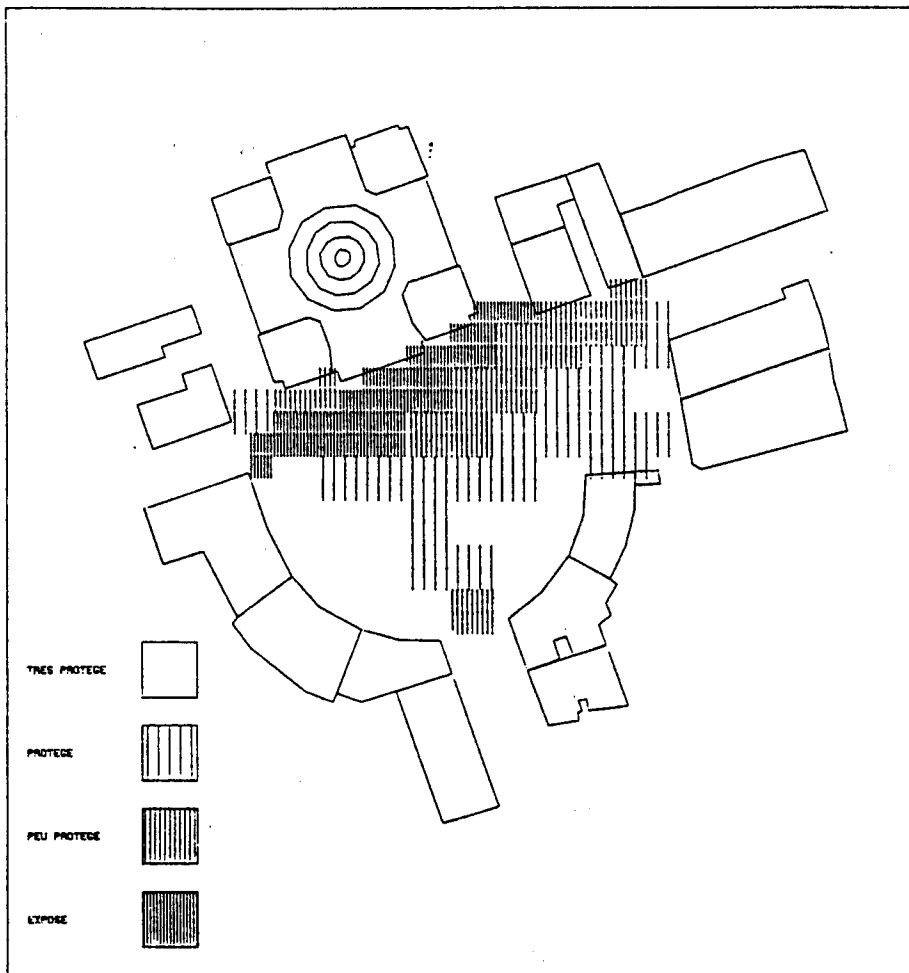
21 JANVIER - 14 H.



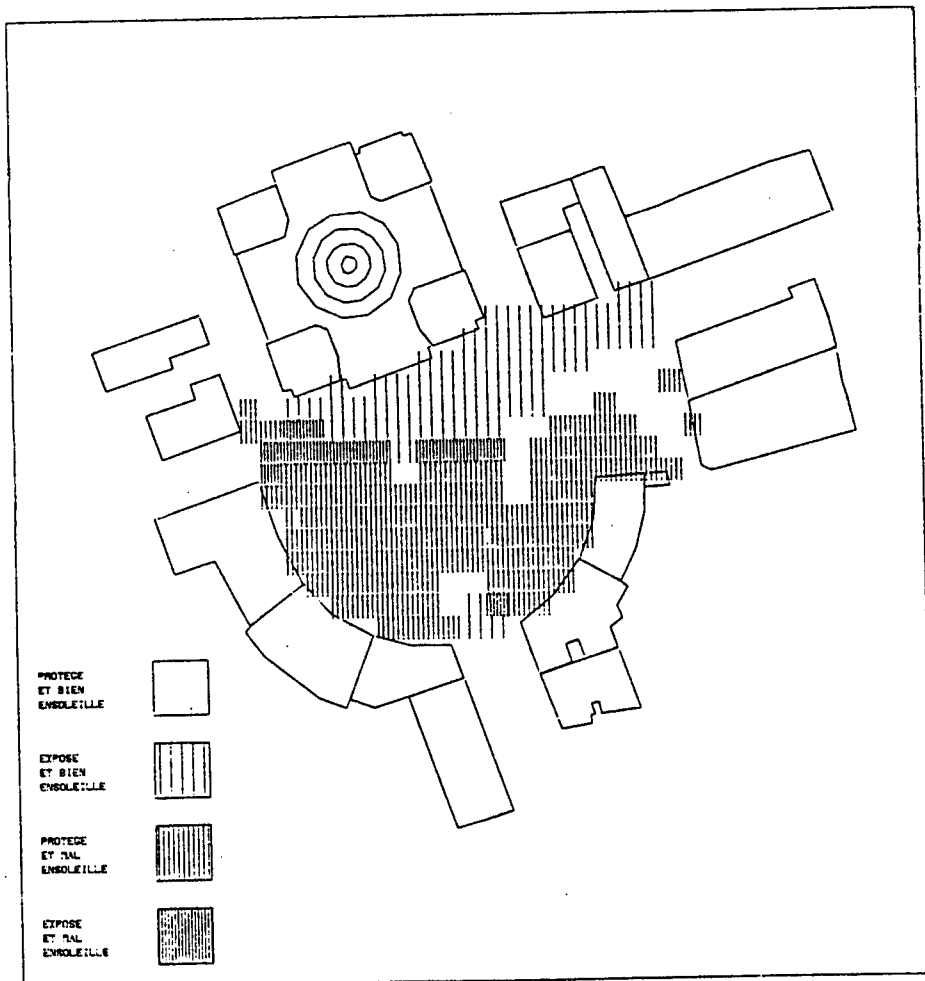
PLACE DU SANITAT - EVOLUTION DES OMBRES LE 21 JANVIER



PLACE DU SANITAT - BILAN D'ENSOLEILLEMENT LE 21 JANVIER



PLACE DU SANITAT - CONDITIONS DE VENT SUR LA TRAME



PLACE DU SANITAT - BILAN VENT ET SOLEIL (21 JANVIER)

lement de chaque élément de trame de cette face, il suffit alors seulement de déterminer s'il est oui ou non contenu dans le contour ensoleillé obtenu : il est au soleil dans le premier cas, à l'ombre dans le second. La procédure utilisée, classique en traitement d'image, consiste seulement à déterminer si un point est intérieur ou extérieur à un polygone.

Les informations d'ensoleillement étant stockées sous cette forme dans la banque, il est aisé d'obtenir des représentations de cette trame à divers instants de la journée. Des opérations peuvent être appliquées sur ces informations de base tel que cumul du nombre d'heures d'ensoleillement sur une journée, calcul de pourcentage, etc... qui permettent d'accéder à des données plus synthétiques, donc plus manipulables ; qualité d'ensoleillement d'un espace avec une échelle de valeurs ou de classes de cette qualité (bon, moyen, médiocre) par exemple.

Les représentations présentées ici s'appuient directement sur la trame de discrétisation utilisée ; il est souhaitable que ces éléments de trame qui supporte l'information soient plaqués sur des images plus réalistes telles que celles présentées précédemment.

On peut penser qu'aux informations relatives à l'ensoleillement et à l'énergie solaire viendront s'ajouter d'autres catégories de données produites par d'autres simulations qui enrichiront ainsi la banque de données. Les moyens d'interrogation de cette banque permettraient alors une analyse plus globale du projet dans laquelle divers critères entreraient en jeu (soleil, vent, énergie, éclairage, acoustique, pour les aspects techniques) et éclaireraient de dimensions multiples le projet urbain étudié en relation avec ses aspects formels.

A titre d'illustration, des mesures aérodynamiques réalisées en soufflerie ont été intégrées à la banque de données sur un des environnements urbains analysés. Les mesures ont été rapportées à la trame de discrétisation et des représentations croisées de phénomènes (vent, soleil) permettant de qualifier le confort climatique d'une place ont été effectuées. La mise en évidence immédiate sur l'image des effets de simultanéité ou d'opposition facilite ainsi la prise en charge des interactions entre les facteurs physiques et les aspects formels du projet.

#### CONCLUSION

Le système d'évaluation physique de projets urbains que nous proposons repose :

- sur des représentations visuelles des projets et sur des procédures de traitement d'image ;
- sur les simulations physiques informatisées ; dans le cas de l'ensoleillement, les procédures de simulation sont équivalentes à celles des représentations visuelles. D'autres simulations peuvent ou doivent recourir à des modes de traitement distincts (éclairage, acoustique...) s'appuyant sur des discrétisations de l'espace 3D (plein et vide) ;
- sur une maquette numérique 3D des objets à traiter (nécessaire à la représentation) mais également utilisée pour réaliser les simulations avec ou sans discrétisation d'espace ;
- sur une banque d'accueil des diverses informations issues des simulations facilitant l'interrogation sélective des données et leur représen-

tation sous des formes explicites pour les concepteurs et les différents acteurs du projet.

Trois catégories d'utilisation d'un tel système peuvent être envisagées :

- l'analyse des projets d'aménagement (type ZAD) avec une modélisation simplifiée donnant ainsi un ensemble de renseignements pour les urbanistes et au-delà, pour les concepteurs architectes des différents secteurs ;
- l'évaluation du projet de bâtiment ; l'échelle du traitement est réduite au bâtiment et à son environnement proche). Certaines des données générées pourraient être transférées vers les logiciels de simulation thermique (notamment les flux solaires) ;
- l'analyse de tissus et de formes urbaines répertoriés, représentatifs de certains types et options d'aménagement ; elle permettrait d'éclairer par des dimensions nouvelles des réalisations existantes et de construire ainsi une connaissance située de l'interaction des facteurs physiques avec les formes urbaines.

Le système proposé demeure pour le moment une structure ouverte aux expérimentations ; sa forme définitive devrait résulter des divers travaux d'approfondissement réalisés dans ce domaine.



# FORME URBAINE ET ÉNERGIE : ÉTUDE DE LA RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS À STRASBOURG

D. SCHILLING - MAIRIE DE SCHILTIGHEIM

## INTRODUCTION

La crise de l'énergie, qui est apparue depuis 1973, ne s'est pas véritablement traduite par des pénuries mais a surtout révélé la rigidité et la difficulté d'adaptation des structures sociales à un nouveau contexte énergétique.

L'étude du système urbain et des flux qui le traversent conduit à envisager les rapports qu'entretiennent la Ville et l'Energie d'une manière globale, permettant l'élaboration d'une politique "intégrée" de gestion des mutations en cours.

Une telle approche "systémique" est vraisemblablement plus féconde que l'attitude traditionnelle, la réponse purement technologique au problème qui se pose à la Ville : l'apparition de nouveaux réseaux énergétiques, plus décentralisés et d'évolution plus rapide que par le passé.

Les connaissances dans ce domaine étant encore insuffisantes, il était hors de question d'élaborer une synthèse générale et nous nous sommes contentés d'étudier les interactions que l'on peut observer entre la composante du système urbain que constitue l'habitat et les flux d'énergie qui le traversent.

La consommation d'énergie de l'habitat est considérée comme la résultante ou le solde net, de tous les flux énergétiques qui intéressent cet élément du système urbain.

L'étude de la répartition de ces consommations et la recherche des facteurs déterminant une telle structure spatiale peuvent permettre de mieux comprendre le fonctionnement énergétique de la Ville.

## AMENAGEMENT URBAIN ET CONSOMMATION D'ENERGIE

De l'examen des travaux déjà effectués, se dégagent plusieurs conclusions:

- le système urbain représente une part importante de la consommation énergétique de la nation ;
- dans ce système urbain, l'habitat entraîne les consommations les plus importantes et joue un rôle essentiel du fait de sa grande inertie temporelle ;
- le chauffage est, dans ce cadre, le poste de consommation d'énergie prépondérant ;
- il dépend, du moins en théorie, essentiellement de la forme plus ou moins compacte ainsi que des caractéristiques thermiques de la construction
- l'examen des consommations réelles est loin d'être aussi définitif dans ses conclusions ;

- l'aménagement urbain, en jouant sur le bâtiment lui-même, son environnement immédiat, la densité des groupements et la localisation des fonctions, est théoriquement en mesure de jouer un rôle dans la détermination des consommations énergétiques urbaines ;
- à l'échelle du groupement plus ou moins étendu de bâtiments, la forme des constructions, la plus ou moins grande agglomération des logements semble être le facteur explicatif essentiel des différences de consommations évaluées théoriquement ;
- cette influence théorique omniprésente de ce que l'on peut appeler le facteur de FORME est difficile à mettre en évidence dans la réalité : l'isolation, le comportement des occupants et des installations, etc... peuvent intervenir pour "brouiller les cartes".

Ainsi, pour comprendre le fonctionnement énergétique de la Ville, nous nous proposons de caractériser le comportement énergétique des diverses formes d'urbanisation rencontrées dans une agglomération existante, celle de STRASBOURG, et d'étudier les variations de ce comportement pour en proposer une interprétation, une "explication".

Par comportement énergétique, nous entendons ici les consommations énergétiques pour le chauffage des locaux d'habitations des diverses formes d'urbanisation.

Quatre facteurs principaux sont susceptibles d'avoir une part dans l'explication des variations de la consommation des bâtiments, à savoir :

- . l'agglomération des logements ;
- . le mode et les matériaux de construction des immeubles
- . l'environnement proche du bâtiment ;
- . l'occupation des logements (le mode d'occupation, mais aussi le comportement des occupants, etc...).

Déterminer des types de "FORMES URBAINES" permet de tenir compte des trois premiers facteurs cités plus haut (agglomération, constitution, environnement) qui sont proprement urbanistiques.

Par "FORME URBAINE", nous entendons : "Un ensemble de bâtiments caractérisé par le type des immeubles, le mode de leur agencement réciproque et la nature de leur environnement immédiat (naturel et construit)".

#### TYPOLOGIE DES FORMES URBAINES A STRASBOURG

La typologie est établie par une analyse en composantes principales d'un ensemble de variables morphologiques relevées sur la base de l'ILOT, c'est-à-dire les espaces bâtis et non bâtis cernés par des rues et des obstacles physiques tels que cours d'eau, etc...

Les sources de données sont au nombre de quatre :

- . Recensement Général de la Population de 1975 (INSEE)
- . Mission photographique aérienne au 1/14500 effectuée en 1978 par l'IGN
- . Plans au 1/1000 de la Communauté Urbaine de Strasbourg
- . Examen direct sur le terrain, en 1982

Les variables, relevées systématiquement dans tous les flots de la commune qui sont caractérisés par une fonction de résidence substantielle, sont au nombre de 56 et présentées dans le tableau 1.

TABLEAU 1 : VARIABLES RELEVÉES POUR LA DÉTERMINATION DES FORMES URBAINES STRASBOURGEOISES

<p>DENSITÉ DU BÂTI :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. SUPERFICIE BATIE ( en % du total ) (Plans)</li> <li>. SUPERFICIE NON BATIE ( en % du total ) (Plans)</li> <li>. SUPERFICIE DES COURS INTERIEURES ( en % de la superficie non bâtie ) (Plans)</li> <li>. SUPERFICIE MOYENNE DES COURS INTERIEURES (Plans)</li> </ul>	<p>HAUTEUR MOYENNE DES BATIMENTS: 1-2 NIVEAUX (Terrain)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. 2-3 NIVEAUX (Terrain)</li> <li>. 3-4 NIVEAUX (Terrain)</li> <li>. 5-6 NIVEAUX (Terrain)</li> <li>. 7-9 NIVEAUX (Terrain)</li> <li>. 10 NIVEAUX (Terrain)</li> </ul>
<p>DENSITÉ DE POPULATION :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. DENSITE DE POPULATION (nb. hab./sup.tot.) (INSEE)</li> <li>. EMPRISE AU SOL PAR HABITANT (superf. bâtie / habitant) (INSEE)</li> <li>. OCCUPATION DES LOGEMENTS (hab./logement) (INSEE)</li> </ul>	<p>ENSEMBLES BÂTIS :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. SUPERFICIE MOYENNE DES ENSEMBLES BÂTIS (Plans)</li> <li>. NOMBRE DE BATIMENTS PAR ENSEMBLE BÂTI (Plans)</li> <li>. NOMBRE DE LOGEMENTS PAR ENSEMBLE BÂTI (INSEE)</li> <li>. NOMBRE DE MURS MITOYENS PAR ENSEMBLE BÂTI (Plans)</li> <li>. ENSEMBLES BÂTIS EN FORME DE CARRE (Z total) (Plans)</li> <li>. DE RECTANGLE (en Z du tot.) (Plans)</li> <li>. DE "L" (Z total) (Plans)</li> <li>. DE "U" (Z total) (Plans)</li> <li>. FERMEE (Z total) (Plans)</li> <li>. QUELCONQUE (Z tot.) (Plans)</li> <li>. ENSEMBLES BÂTIS SANS ORIENTATION DOMINANTE (Plans)</li> <li>. ENSEMBLES BÂTIS ORIENTES SELON L'AXE N/S (Plans)</li> <li>. SELON L'AXE E/W (Plans)</li> <li>. SELON L'AXE NW/SE (Plans)</li> <li>. SELON L'AXE NE/SW (Plans)</li> </ul>
<p>BÂTIMENTS :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. SUPERFICIE MOYENNE DES BATIMENTS (Plans)</li> <li>. NOMBRE DE LOGEMENTS PAR BATIMENT (INSEE)</li> <li>. LOGEMENTS ACHEVES AVANT 1870 (en % du total) (INSEE) <ul style="list-style-type: none"> <li>. ENTRE 1871 ET 1914 (Z tot.) (INSEE)</li> <li>. ENTRE 1915 ET 1948 (Z tot.) (INSEE)</li> <li>. ENTRE 1949 ET 1961 (Z tot.) (INSEE)</li> <li>. ENTRE 1962 ET 1967 (Z tot.) (INSEE)</li> <li>. APRES 1967 (en % du total) (INSEE)</li> </ul> </li> <li>. BATIMENTS INDUSTRIELS OU COMMERCIAUX (Z tot.) (Photos)</li> <li>. BATIMENTS PUBLICS (en % du total) (Photos)</li> <li>. NOMBRE D' ANNEXES PAR BATIMENT (Plans)</li> <li>. EXPOSITION DES BATIMENTS: UNIQUE (Z tot.) (Plans) <ul style="list-style-type: none"> <li>. DOUBLE (Z tot.) (Plans)</li> <li>. TRIPLE (Z tot.) (Plans)</li> <li>. QUADRUPLE (Z tot.) (Plans)</li> </ul> </li> <li>. BATIMENT A TOIT PLAT (en % du total) (Photos)</li> <li>. BATIMENTS A TOIT EN PENTE (en % du total) (Photos) <ul style="list-style-type: none"> <li>. DONT A PIGNON SUR RUE (Photos)</li> <li>. DONT A FAITE PARALLELE A LA RUE (Photos)</li> </ul> </li> </ul>	<p>ENVIRONNEMENT :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. ESPACE LIBRE DE L'ILOT A DOMIN. MINERALE (Photos) <ul style="list-style-type: none"> <li>. A DOMIN. VEGETALE (Photos)</li> <li>. SANS DOMINANTE (Photos)</li> </ul> </li> <li>. ILOT SITUE PRES D'UN GRAND ESPACE LIBRE <ul style="list-style-type: none"> <li>. A DOMINANTE MINERALE (Photos)</li> </ul> </li> <li>. ILOT SITUE PRES D'UN GRAND ESPACE LIBRE <ul style="list-style-type: none"> <li>. A DOMINANTE VEGETALE (Photos)</li> </ul> </li> <li>. ILOT SITUE PRES D'UNE SURF. D'EAU LIBRE (Photos) <ul style="list-style-type: none"> <li>. DE GRANDS BAT. IND./COMM. (Photos)</li> <li>. DE BAT. PUBLICS IMPORTANTS (Plans)</li> </ul> </li> <li>. DISTANCE DE L'ILOT AU CENTRE-VILLE (Plans)</li> </ul>

Source : SCHILLING , 1984

Elles concernent la densité du bâti, celle de la population, les caractéristiques morphologiques des bâtiments (taille, époque de construction, exposition, forme des toits, hauteur), celles des ensembles bâtis -ou ensembles finis de bâtiments contigus- (taille, degré d'agglomération, forme, orientation) et la nature de l'environnement du bâti.

Le tableau 2 résume les caractéristiques des huit composantes principales déterminées par l'analyse de la matrice originelle d'informations : proportion de la variance totale expliquée par la composante considérée, signification des fortes valeurs positives ou négatives sur celle-ci.

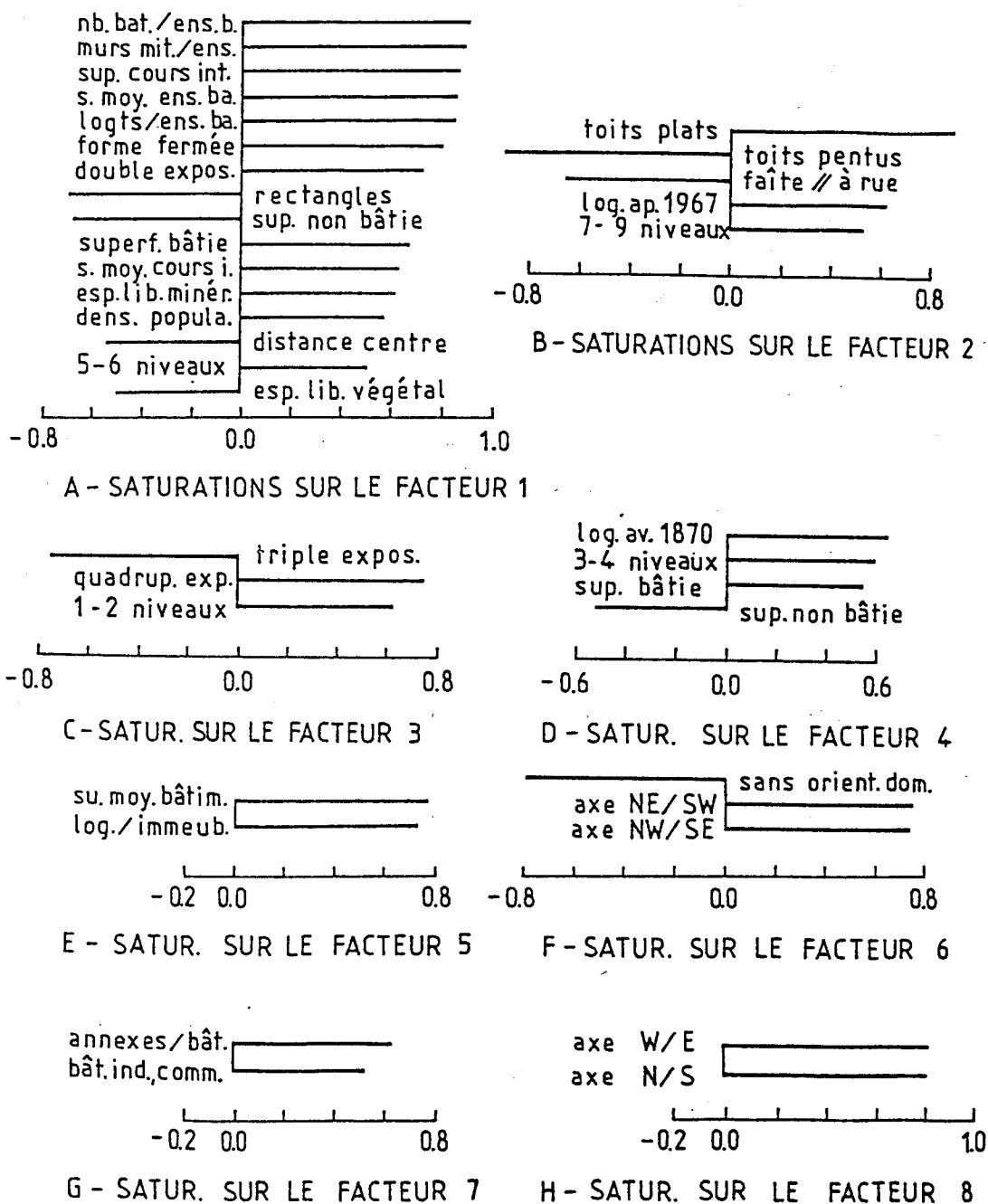
TABLEAU 2 : CARACTÉRISTIQUES DES HUIT COMPOSANTES PRINCIPALES

COMPOSANTE PRINCIPALE	PROPORTION DE LA VARIANCE TOTALE EXPLIQUÉE PAR LA COMPOSANTE	VALEURS POSITIVES SUR LA COMPOSANTE	VALEURS NÉGATIVES SUR LA COMPOSANTE
1	17.2 %	ILOTS DENSES, FERMES DU CENTRE VILLE	ILOTS PERIPHERIQUES, OUVERTS
2	6.8 %	BATIMENTS COLLECTIFS, RECENTS, A TOIT PLAT	BATIMENTS PLUS ANCIENS, AU TOIT EN PENTE
3	5.3 %	CONSTRUCTIONS BASSES, INDEPENDANTES	BATIMENTS ACCOULES OU JUMELÉS
4	5.3 %	VIEILLE VILLE D'AVANT 1870	
5	4.5 %	GRANDS IMMEUBLES COLLECTIFS	PETITS BATIMENTS ABRITANT PEU DE LOGEMENTS
6	4.1 %	ORIENTATION DOMINANTE SELON LES AXES NE/SW ET/OU NW/SE	PAS D'ORIENTATION DOMINANTE DANS L'IMPLANTATION
7	3.8 %	MELANGE DE FONCTIONS; NBRE ELEVE DE BAT. ANNEXES	
8	3.7 %	ORIENTATION DOMINANTE SELON LES AXES N/S ET/OU W/E	

Source : SCHILLING, 1984

Le graphique 3 présente plus en détail les saturations observées des variables sur ces composantes.

GRAPHIQUE 3 : SATURATIONS ÉLEVÉES SUR LES HUIT FACTEURS APRÈS ROTATION



Source : SCHILLING, 1984

La première composante oppose ainsi les ensembles bâtis situés au centre, de grande taille, en formes serrées autour de cours intérieures, composés de nombreux bâtiments mitoyens, à double exposition, hauts de 4 à 5 étages, abritant une population dense, environnés d'espaces libres à dominante minérale aux îlots plus périphériques dont le bâti aux formes rectangulaires est moins dense et les espaces libres à dominante végétale.

Les bâtiments récents, élevés, à toit plat, se distinguent, sur la seconde composante, de formes plus traditionnelles tandis que le critère d'indépendance, ou au contraire, de mitoyenneté, des constructions caractérise la troisième composante.

Le quatrième facteur s'attache aux îlots les plus denses et les plus anciens de la Ville.

La taille des bâtiments opère la discrimination observée dans la cinquième composante.

Les divers axes dominants d'orientation sont représentés soit par le sixième facteur, soit par le huitième.

La septième composante traduit le mélange de fonctions qui prévaut dans certains îlots : présence d'activités industrielles, artisanales ou commerciales, existence de nombreuses constructions annexes à destinations diverses.

En cartographiant la répartition des scores factoriels (position des îlots sur les composantes principales) et en combinant ces cartes entre elles, tout en tenant compte de certaines variables particulièrement significatives, on peut proposer une classification des formes urbaines existant dans la commune de STRASBOURG.

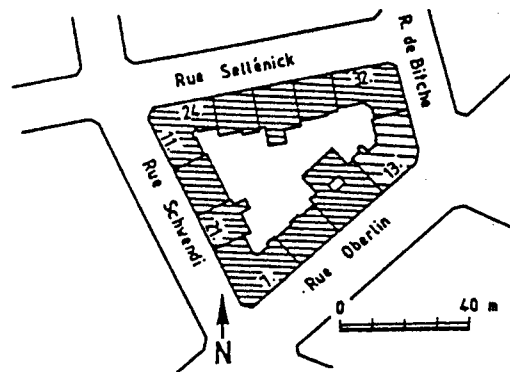
Cinq grands types ont été distingués :

A/ Les "îlots fermés", avec deux sous-types :

- . la "Ville Allemande" : il s'agit d'îlots centraux, densément bâtis, occupés par un ensemble bâti unique, fermé sur lui-même, constitué de nombreux bâtiments accolés, hauts de 4 à 5 étages, achevés le plus souvent entre 1871 et 1948. Les bâtiments à double exposition sont nombreux, les cours intérieures importantes, la population dense et les espaces libres à dominante minérale.

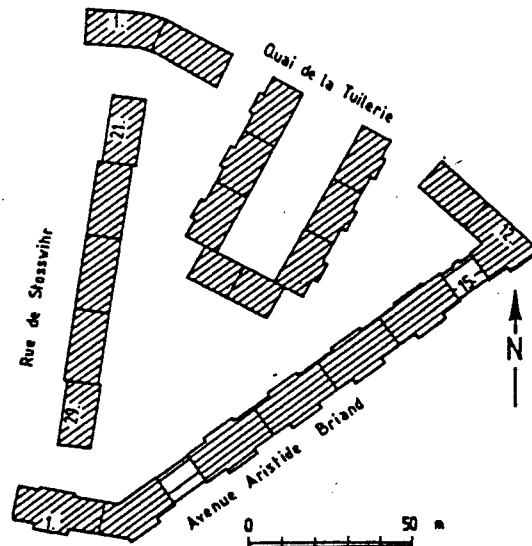
- La "Vieille Ville" : possède des ensembles bâtis dont les formes sont assez proches des précédentes, tout en étant moins ouvertes et plus complexes, avec des bâtiments datant en général d'avant 1870, hauts de 2 à 3 étages non mansardés. La densité du bâti y est plus élevée et les cours intérieures plus petites.

Ilot représentatif de la Ville allemande.



- B/ Les "Rangées d'immeubles d'avant-guerre" : c'est-à-dire des ensembles bâtis suivant l'alignement des rues, composés de bâtiments suivant l'alignement des rues, composés de bâtiments moyens anciens (antérieurs à 1948), hauts de 3 à 5 étages. Ces îlots sont ouverts, constitués de rangées de bâtiments accolés, disposés en lignes droites, en "L", en "U", etc...

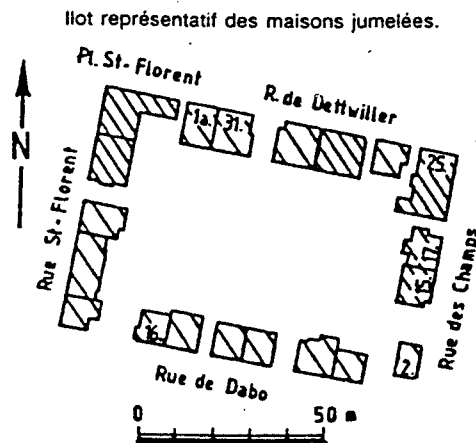
Ilot représentatif des rangées d'immeubles d'avant-guerre.



- C/ Les "Maisons urbaines indépendantes" : les îlots sont occupés par des bâtiments à plusieurs logements, isolés les uns des autres, datant d'avant-guerre, hauts d'au moins trois étages et formant une transition entre la maison et l'immeuble. L'ouverture du bâti est plus importante que dans les deux types précédents.
- D/ Les "Maisons" : il s'agit de bâtiments bas, abritant un nombre restreint de logements, à deux étages au maximum. La densité du bâti dans de tels îlots est faible et les espaces libres sont en majorité végétaux.

Plusieurs sous-types sont reconnus :

- . les "Maisons indépendantes" sont des constructions isolées les unes des autres, qu'elles soient implantées ou non sous la forme de lotissements ;
- . les "Maisons à dépendance" caractérisent les îlots les plus anciens, dans lesquels existe un nombre élevé de bâtiments annexes divers, tendant à fermer davantage le bâti ;
- . Les "Maisons jumelées ou en bande" correspondent à des bâtiments accolés deux par deux ou encore en rangées plus importantes ;



- . Les "Pavillons récents" sont des maisons individuelles, le plus souvent organisées en lotissement et achevées après 1962. Les constructions sont évidemment indépendantes ;
- . Le "Petit collectif" désigne le type d'îlots dans lesquels les maisons individuelles se mêlent à des immeubles collectifs récents, assez bas, abritant un nombre réduit de logements.

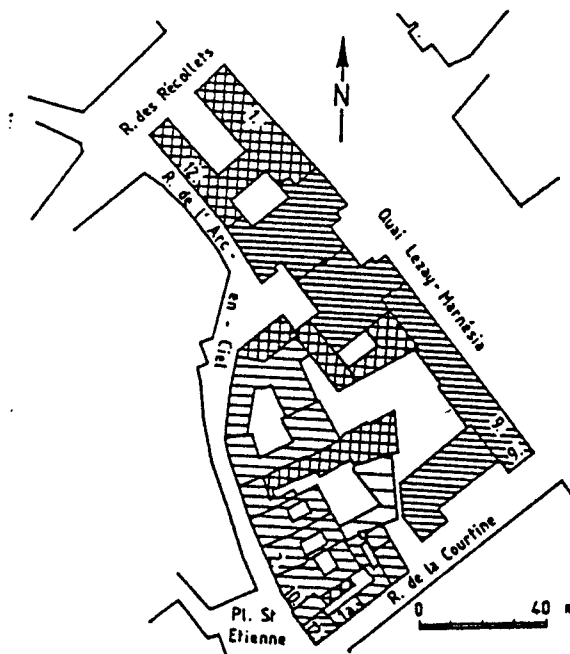


E/ Les "Grands ensembles collectifs", îlots occupés par des ensembles bâtis, souvent de forme rectangulaire, composés de bâtiments assez élevés, abritant de nombreux logements. La densité du bâti demeure cependant faible et les espaces libres, souvent à dominante végétale.

Quatre sous-types se distinguent :

- . Le "Collectif d'après guerre, à toit pentu", composé d'immeubles collectifs de 4 à 5 étages, disposés en rangées courtes de bâtiments accolés, édifiés entre 1948 et le début des années soixante et surmontés d'un toit en pente plus ou moins prononcée. Il s'agit des "cités" de la Reconstruction.
- . Les "Barres récentes" sont des immeubles collectifs à toiture-terrasse, achevés après 1962, élevés et disposés le plus souvent en longues rangées de bâtiments mitoyens.
- . Les "Tours" sont également des immeubles collectifs récents, à toiture-terrasse, parmi les plus élevés de la Ville (au-delà de 7 niveaux) mais indépendants les uns des autres, ou, au moins, à quadruple exposition.
- . Enfin, le "Collectif-néo-régional" caractérise les îlots d'immeubles collectifs très récents, surmontés d'un toit en pente souvent prononcée permettant l'installation de niveaux sous-toiture. De tels ensembles, aux formes complexes, sont implantés au cœur d'îlots anciens et centraux qui ont été ainsi rénovés.

Ilot représentatif du Collectif néorégional.



Une carte a été dressée, représentant la répartition des types de forme urbaine reconnus dans l'ensemble de la commune de STRASBOURG.

La typologie proposée tient essentiellement compte du type de bâtiment, caractérisé par sa forme (collectif/individuel) mais également par son époque de construction et sa hauteur.

Le mode de groupement des bâtiments intervient également par le caractère indépendant ou plus ou moins mitoyen de ces bâtiments.

On a dépassé la notion de "type d'habitat" pour élaborer celle de "forme urbaine", incluant l'arrangement spatial de ces types d'habitat.

Le tableau 4 rappelle la typologie proposée des formes urbaines, en introduisant des subdivisions supplémentaires pour les "maisons indépendantes" et les "pavillons récents", tenant compte de l'évolution des modes de construction, négligés par l'analyse morphologique.

**TABEAU 4 : TYPES DE FORME URBAINE STRASBOURGEOIS  
RETENUS POUR L' ANALYSE THERMIQUE ET  
L' ÉTUDE DES CONSOMMATIONS D' ÉNERGIE**

<b>1. ILOTS FERMES</b>
1.1. VILLE ALLEMANDE ( 1871 - 1948 )
1.2. VIEILLE VILLE ( AVANT 1870 )
<b>2. RANGEES D' IMMEUBLES D' AVANT - GUERRE ( 1871 - 1948 )</b>
<b>3. MAISONS URBAINES INDEPENDANTES</b>
<b>4. MAISONS</b>
4.1. MAISONS INDÉPENDANTES
4.1.A DE TOUTES ÉPOQUES
4.1.B DE LA PÉRIODE DE L'ENTRE DEUX GUERRES
4.1.C DES ANNÉES CINQUANTE
4.2. MAISONS A DÉPENDANCES
4.3. MAISONS JUMELÉES OU EN BANDE
4.4. PAVILLONS RÉCENTS
4.4.A DES ANNÉES SOIXANTE
4.4.B DES ANNÉES SOIXANTE-DIX
4.4.C DES ANNÉES QUATRE-VINGT
4.5. PETIT COLLECTIF
<b>5. GRANDS ENSEMBLES COLLECTIFS</b>
5.1. COLLECTIF D' APRÈS - GUERRE
5.2. BARRES
5.3. TOURS
5.4. COLLECTIF NÉO - RÉGIONAL

Source : SCHILLING , 1984

On a, en effet, vérifié que la typologie était pertinente également du point de vue de la cohérence entre les matériaux employés et les morphologies reconnues.

Pour chacun des types et sous-types, un ou plusieurs flots-échantillons sont retenus pour être étudiés plus en détail, tant en ce qui concerne les caractéristiques thermiques de leur bâti que les consommations d'énergie qu'on y observe.

#### ETUDES THERMIQUE DES FORMES URBAINES

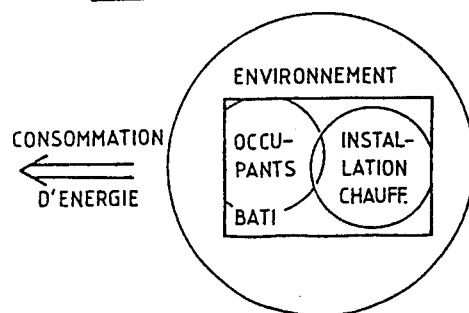


Figure 5 : Déterminants de la consommation d'énergie des bâtiments

L'interaction de plusieurs ensembles de facteurs détermine la quantité d'énergie qui sera consommée pour le chauffage d'un bâtiment ou d'un ensemble de bâtiments, comme le schématise la figure 5.

Etant donnée une différence de température entre les ambiances intérieures et extérieures, le bâti, c'est-à-dire la construction elle-même, ainsi que le groupement de l'habitat, détermine les déperditions thermiques du volume chauffé, par le niveau d'isolation de ses parois et l'importance des surfaces en contact avec l'extérieur.

Le coefficient volumique de déperditions thermiques, ou coefficient G, rend compte de ce phénomène.

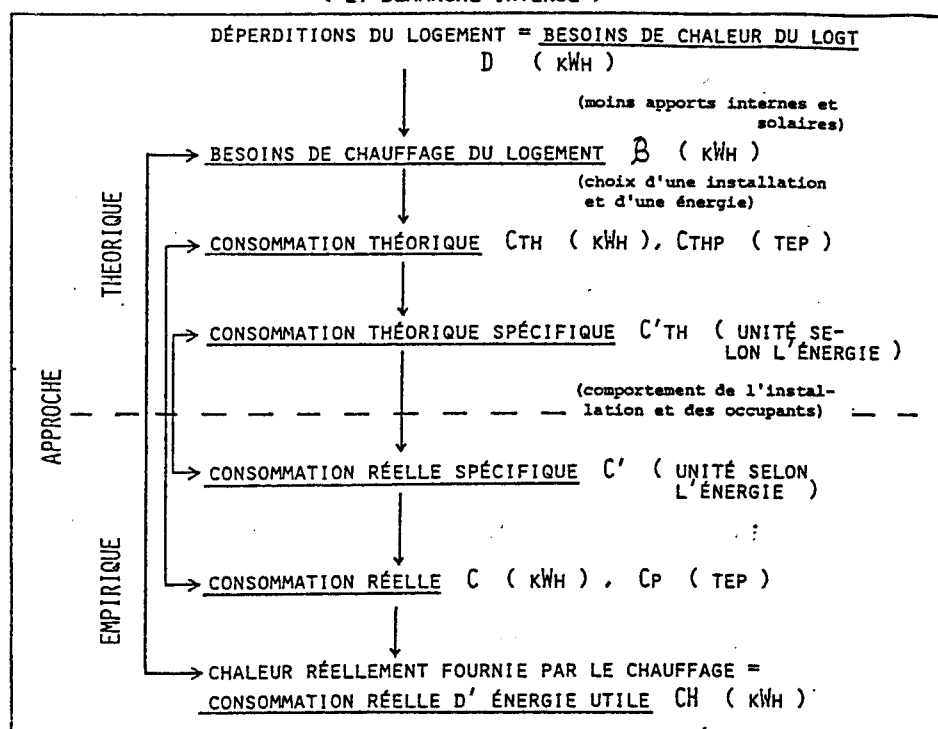
L'environnement, qu'il soit naturel ou construit, crée des conditions climatiques locales qui s'imposent au bâtiment étudié : en particulier, l'importance des apports solaires peut être évaluée grâce au coefficient volumique des besoins de chauffage, ou coefficient B.

L'installation de chauffage intervient par le rendement de l'utilisation de l'énergie qui la caractérise.

Enfin, les occupants, par leur comportement, exerce une influence sur la conduite de l'installation de chauffage mais aussi sur l'utilisation du cadre bâti.

La figure 6 illustre l'approche, soit théorique, soit empirique, que l'on peut suivre pour l'étude des consommations d'énergie pour le chauffage de l'habitat.

FIGURE 6 : PASSAGE DES DÉPERDITIONS THERMIQUES  
AUX CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES  
( ET DÉMARCHÉ INVERSE )



N.B. : Le signe  $\left[ \begin{array}{l} \rightarrow \\ \leftarrow \end{array} \right]$  indique les données comparables dans les approches théorique et empirique.

COEFFICIENTS EMPLOYÉS :

R : rendement global de l'installation de chauffage

$\alpha$  : pouvoir calorifique inférieur d'un combustible, exprimé en kWh

$\beta$  : pouvoir calorifique inférieur d'un combustible, exprimé en TEP

$\gamma$  : conversion des kWh (thermiques et électriques) en TEP

FORMULES DE PASSAGE :

$$D = G \cdot V_H \cdot DH / 1000$$

$$\beta = \left( D - \frac{1,5 \cdot V_H \cdot N}{1000} \right) \cdot (1 - F)$$

$$C_{th} = \beta / R$$

$$C_{thp} = \gamma \cdot \beta / R = \gamma \cdot C_{th}$$

$$C'_{th} = C_{th} / \alpha = \beta / R \cdot \alpha$$

$$C = C' \cdot \alpha$$

$$C_p = C' \cdot \beta$$

$$C_H = C \cdot R = C' \cdot \alpha \cdot R$$

Source : SCHILLING, 1984

D'un point de vue théorique, les besoins de chaleur d'un logement sont équivalents à ses déperditions, dépendant des caractéristiques du bâti.

Les apports de chaleur gratuite (solaires et internes) viennent diminuer ces besoins de chaleur et on aboutit aux besoins de chauffage du logement, B (en kWh).

Ce chauffage est procuré par une installation utilisant une certaine forme d'énergie. La quantité utilisée, exprimée en kWh, représente la consommation théorique d'énergie finale (ou secondaire) du logement, tenant compte du bâti, de son organisation, de son environnement et du rendement théorique de l'installation de chauffage mais pas du comportement réellement observé des occupants (et de l'installation).

D'un autre côté, on peut connaître, par enquête, la quantité d'énergie réellement utilisée pour le chauffage du logement, soit sa consommation réelle.

En tenant compte des pertes dues à l'installation de chauffage, on parvient alors à la chaleur réellement fournie par le chauffage, soit la consommation réelle d'énergie utile, CH (en kWh).

La comparaison entre besoins de chauffage (théorique) et consommation réelle d'énergie utile, entre B et CH, permet de préciser l'influence des différents facteurs dans la détermination de la consommation d'énergie. Elle sera effectuée pour le bâti de tous les îlots-échantillons des formes urbaines reconnues plus haut.

Pour ce faire, on a calculé les déperditions du bâti à partir des plans de constructions (Archives de la Police du Bâtiment ou O.P.H.L.M. de la C.U.S.) et les besoins de chauffage, grâce à une étude de l'ensoleillement de celles-ci (voir D.I.U., 1977, "Règles Th-G77" et Cahiers du C.S.T.B., 1982 "Coefficient B").

On a procédé à une enquête auprès des fournisseurs d'énergie, des gestionnaires d'immeubles collectifs ainsi que des occupants des logements étudiés pour connaître la consommation réelle de chauffage de ceux-ci, permettant de déterminer la quantité d'énergie utile, CH.

CONSOMMATIONS D'ENERGIE DES FORMES URBAINES STRASBOURGEOISES

ANALYSE THEORIQUE ET EMPIRIQUE

Les îlots analysés sont au nombre de 19 et leurs principales caractéristiques sont présentées dans le tableau 7.

TABLEAU 7 : PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU BÂTI DES ILOTS-ÉCHANTILLONS

TYPE	DÉNOMINATION	ILOT	ÉPOQUE DE CONSTRUCTION	EMPRISE BÂTIE (% SUP. TOT.)	NOMBRE DE BÂTIMENTS D'HABITAT.	NOMBRE DE BÂTIMENTS / ENSEMBLE BÂTI	NOMBRE DE MOYEN DE NIVEAUX	NOMBRE DE LOGEMENTS / BÂTIMENT	NOMBRE DE PIÈCES / LOGEMENT	TAUX D'OCCUPATION (HAB./LOGT)	DENSITÉ DE POPULATION (HAB. / HA.)
1.1.	ENS.FERMÉS VILLE ALLEM.	80.06	1898-1906	45.0	11	11.0	R + 4	7.4	4.3	2.20	320.0
1.2.	ENS.FERMÉS VIEILLE VILLE	8.04	AVANT 1870	35.0	5	5.0	R + 3	4.8		1.60	380.0
2.	RANG.D'IMM.D'AV.GUERRE	DO.02	1933	26.0	25	6.3	R + 4	10.2	3.6	2.40	295.0
3.	MAISONS URBAINES IND.	90.07	1914-35-56	25.0	3	1.0	R + 2	4.0	7.2	1.80	52.0
4.1.A	MAIS.IND. TOUTES ÉPOQUES	BA.04	TOUT.EPOQ.	16.0	20	1.1	R + 1	1.6	4.3	2.30	48.0
4.1.B	MAIS.IND.ENTRE 2 GUERRES	HA.13	1935-1939	16.0	20	1.0	R + 1	1.4	4.6	2.20	43.0
4.1.C	MAISONS INDÉP. '50	LN.03	1958-1960	12.0	10	1.0	R + 1	1.3	5.5	2.70	41.0
4.2.	MAISONS A DÉPENDANCES	DX.02	1888-1925	35.0	14	1.4	R + 1	2.0	4.3	2.50	44.0
4.3.A	MAISONS JUMELÉES	LC.10/ LI.01	1924-1931	29.0	20	1.8	R + 2	2.8	3.4	1.90	116.0
4.3.B	MAISONS EN BANDE	KN.05	1912	15.0	43	3.3	R + 1	2.5	2.8	2.00	81.0
4.4.A	PAVILLONS RÉCENTS '60	AV.02	1962-1964	17.0	9	1.0	R + 1	1.6	4.8	2.40	47.0
4.4.B	PAVILLONS RÉCENTS '70	NP.09/ NP.10	1971-1975	15.0	15	1.0	R + 0	1.1	5.1	3.60	42.0
4.4.C	PAVILLONS RÉCENTS '80	NR.07	1980-1982	12.0	13	1.0	R + 1	1.0	4.7	3.60	42.0
4.5.	PETIT COLLECTIF	90.02	1960-1976	19.0	8	1.0	R + 2	4.6	4.3	2.40	58.0
5.1.	COLLECTIF D'APR.GUERRE	IW.01/ IW.07	1955-1960	16.0	29	2.2	R + 4	9.6	3.7	3.30	291.0
5.2.	BARRES	KY.02	1964-1966	14.0	28	4.7	R + 6	15.4	3.5	3.30	303.0
5.3.A	"TOURS" (HAUTEPIERRE)	LP.24- LP.34	1969-1973	16.0	44	3.4	R + 6	26.2	3.4	3.00	295.0
5.3.B	TOURS	HT.01	1976-1977	12.0	11	1.0	R + 7	49.2	3.2	2.70	191.0
5.4.	COLLECTIF NÉO-RÉGIONAL	25.02	1968-1974	51.0	3	3.0	R + 6	53.7	2.4	1.80	310.0

Source : SCHILLING, 1984

A/ LES DEPERDITIONS THERMIQUES

On s'est tout d'abord intéressés aux déperditions thermiques du bâti, en calculant le coefficient volumique de déperditions thermiques, ou coefficient G (en W/m<sup>3</sup>. °C), c'est-à-dire les pertes de chaleur par mètre cube et degré d'écart entre les températures intérieure et extérieure.

Ce coefficient G dépend à la fois des matériaux employés dans la construction, de l'importance des superficies sujettes à déperditions ainsi que de la rapidité du renouvellement de l'air intérieur des logements.

On peut écrire :

$$G = (K'_g \times \text{coefficient de forme}) + 0,34 \quad (\text{W/m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$$

avec 0,34 W/m<sup>3</sup>.°C représentant un renouvellement d'air uniforme de 1 volume d'air uniforme de 1 volume habitable par heure, valeur forfaitaire retenue ;

K'<sub>g</sub>, le coefficient global de transmission thermique du bâti (soit le total des déperditions de chaleur par transmission divisé par la superficie des parois en contact avec l'extérieur), caractérisant la valeur isolante des matériaux utilisés (en W/m<sup>2</sup>.°C) ;

et le Coefficient de forme, rapport de la superficie des parois des bâtiments en contact avec l'extérieur au volume à chauffer, traduisant le degré d'agglomération des logements, leur plus ou moins grande mitoyenneté (en m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>).

La valeur de ces différents coefficients pour chacun des types de forme urbaine étudiés se trouvent dans le tableau 8.

Si les matériaux ont différé selon les époques et le type de construction, leur combinaison effective au sein des bâtiments aboutit à des performances thermiques assez voisines, exception faite des constructions les plus récentes, respectant les normes réglementaires d'isolation.

TABLEAU 8 : CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES DU BÂTI  
DES ILOTS-ÉCHANTILLONS DES FORMES URBAINES

TYPE	DÉNOMINATION	VOLUME HAB. MOYEN PAR BÂTIMENT (M <sup>3</sup> )	COEF. GLOBAL DE TRANSMISSION DE L'ENVELOPPE, K'G (W/M <sup>2</sup> .°C)	COEF. GLOBAL DE TRANS DU BÂTI, K'G (W/M <sup>2</sup> .°C)	COEFF. DE FORME (M <sup>2</sup> /M <sup>3</sup> )	COEFF. D' HORIZONTALITÉ PAROIS EXTER. (M <sup>2</sup> /M <sup>2</sup> )	COEFF. D' OUVERTURE DES PAROIS VERTI. (M <sup>2</sup> /M <sup>2</sup> )	COEFF. VOLUM. DEPERDITIONS THERMIQUES DU BÂTI, G (W/M <sup>3</sup> .°C)
1.1.	ENS.FERMÉS VILLE ALLEM.	2381	1.96	2.10	0.37	0.32	0.22	1.12
2.	RANG.D' IMM.D'AV.GUERRE	2424	2.16	2.30	0.40	0.34	0.27	1.25
3.	MAISONS URBAINES IND.	2573	1.82	1.93	0.49	0.40	0.20	1.29
4.1.A	MAISONS IND. TOUTES ÉPOQUES	419	1.63	1.64	0.87	0.47	0.16	1.77
4.1.B	MAISONS IND.ENTRE 2 GUERRES	439	1.78	1.83	0.86	0.43	0.15	1.92
4.1.C	MAISONS INDÉP. '50	349	1.63	1.65	0.91	0.46	0.23	1.85
4.2.	MAISONS A DÉPENDANCES	525	1.86	1.98	0.77	0.42	0.15	1.86
4.3.A	MAISONS JUMELÉES	573	1.88	1.95	0.66	0.40	0.16	1.62
4.3.B	MAISONS EN BANDE	339	1.65	1.72	0.78	0.49	0.13	1.67
4.4.A	"PAVILLONS" '60	571	1.58	1.64	0.81	0.53	0.20	1.66
4.4.B	PAVILLONS '70	390	1.32	1.40	1.03	0.59	0.21	1.77
4.4.C	PAVILLONS '80	322	0.77	0.80	0.91	0.52	0.18	1.07
4.5.	PETIT COLLECTIF	1700	1.91	2.00	0.59	0.49	0.27	1.52
5.1.	COLLECTIF D' APR.GUERRE	1523	2.34	2.44	0.48	0.35	0.20	1.50
5.2.	BARRES	2556	2.31	2.52	0.43	0.27	0.28	1.43
5.3.A	"TOURS" (HAUTEPIERRE)	4560	1.67	2.08	0.36	0.26	0.22	1.09
5.3.B	TOURS	8755	1.45	2.33	0.34	0.26	0.26	1.14
5.4.	COLLECTIF NÉO-RÉGIONAL	10471	2.21	2.52	0.33	0.26	0.27	1.18

Source : SCHILLING, 1984

La valeur isolante du bâti des divers types de forme urbaine ne varie donc que dans une faible proportion.

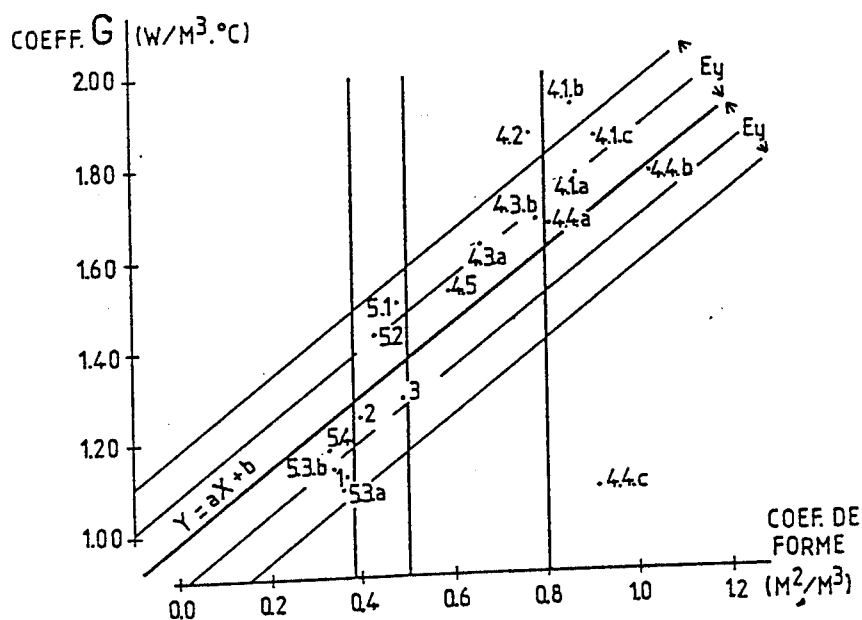
Par contre, les types de forme urbaine reconnus à STRASBOURG se différencient nettement par les valeurs que prennent leurs coefficient de forme respectifs, entre 0,33 et 1,03 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.

Il existe ainsi une progression de l'habitat collectif le plus aggloméré, le plus compact vers l'habitat individuel le plus indépendant, le plus ouvert, avec des formes de transition.

Le niveau de déperditions thermiques du bâti, traduit par le coefficient G, différencie également les types de forme urbaine, variant entre 1,07 et 1,92 W/m<sup>3</sup>.°C, soit presque du simple ou double.

Comme le montre le graphique 9, la variation du coefficient de déperditions G est fortement liée à celle du coefficient de forme du bâti.

GRAPHIQUE 9 : COEFFICIENTS G ET DE FORME  
DES TYPES DE FORME URBAINE A STRASBOURG - 17 -



Source : SCHILLING, 1984

La corrélation entre les deux coefficients s'établit à 73 et l'équation de régression est :

$$\text{Coefficient G} = 0,9081 (\text{Coefficient de Forme}) + 0,9093$$

Seuls les pavillons les plus récents (type 4.4.c) se situent à l'écart de cette tendance générale.

Ainsi, plus le bâti est ouvert vers l'extérieur, donc moins l'agglomération des logements est poussée, moins la mitoyenneté est importante et plus les déperditions thermiques de la forme urbaine considérée se situent à un niveau élevé.



A l'exception de la période la plus récente, dont les réalisations sont encore peu nombreuses, les différentes époques, avec leur mode de construction et leurs matériaux caractéristiques, n'influent guère sur les déperditions des bâtiments édifiés. En effet, le coefficient  $K'g$  n'est que très peu corrélé avec le coefficient  $G$  des formes urbaines correspondantes. La raison de ce peu d'importance du rôle des matériaux constitutifs dans la détermination des pertes de chaleur des constructions tient à ce que la capacité isolante globale de celles-ci n'a, jusqu'à ces dernières années, que peu varié malgré des combinaisons différentes de matériaux.

On peut alors classer les types de formes urbaines en grands groupes nettement différenciés, possédant chacun des caractéristiques morphologiques (coefficient de forme) et thermiques (coefficient  $G$ ) homogènes, comme le montre le tableau 10.

TABLEAU 10 : CLASSIFICATION DES FORMES URBAINES  
EN GROUPES THERMIQUES HOMOGÈNES

DÉNOMINATION DES GROUPES	COEFFICIENT DE FORME	COEFFICIENT $G$ ( $W/M^3 \cdot ^\circ C$ )	TYPES DE FORME URBAINE CONSTITUTIFS
ENSEMBLES COLLECTIFS COMPACTS	0.30-0.40	$\approx 1.15$	+ "Ensembles fermés Ville All." + "Tours" + "Collectif néo-régional"
ENSEMBLES COLLECTIFS OUVERTS	0.40-0.50	$\approx 1.40$	+ "Rangées d'immeubles d'avant guerre" + "Maisons urbaines indépend." + "Barres" + "Collectif d'après-guerre"
HABITAT INDIVIDUEL AGGLOMÉRÉ	0.50-0.80	$\approx 1.60$	+ "Petit collect." + "Mais jumelées" + "Mais en bande" (+ "Mais à dépen.")
HABITAT INDIVIDUEL OUVERT	0.80-1.05	$\approx 1.80$	+ "Pavillons des années 60 et 70" + "Mais indépend."

Source : SCHILLING, 1984

On respecte la hiérarchie des coefficients de forme du bâti, de l'ouverture de plus en plus importante de celui-ci vers l'extérieur, qui va de pair avec une augmentation des déperditions thermiques, et donc des besoins de chaleur de l'habitat envisagé.

Si l'on considère le niveau de déperditions (par  $m^3$ ) des "ensembles collectifs compacts" comme étant égal à 100, celui des "ensembles collectifs ouverts" s'établit à 122, celui de l'"habitat individuel aggloméré" à 139 et enfin, celui de l'"habitat individuel ouvert" à 157.

Chacun de ces groupes est constitué de plusieurs types de forme urbaine et toutes les grandes périodes de construction ont vu s'édifier tout un éventail de formes allant des plus compactes aux plus ouvertes.

Si l'on effectue les calculs de déperditions au niveau du logement, et non plus du volume unitaire, les écarts entre les deux extrêmes de la hiérarchie reconnue plus haut s'accroissent mais les formes intermédiaires tendent à en être effacées par un tel mode de calcul.

Le type "ensembles fermés de la Vieille Ville" a été écarté de l'analyse thermique par manque de données précises à son sujet. On peut cependant estimer que son coefficient de forme est proche de 0,40 à 0,45 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> et son coefficient de déperditions, G, voisin de 1,50 à 1,55 W/m<sup>3</sup>.°C.

#### B/ LES BESOINS DE CHAUFFAGE

Permettant d'estimer une consommation théorique, les besoins de chauffage tiennent compte des apports de chaleur gratuite (internes et surtout solaires) qui viennent compenser en partie les déperditions calculées plus haut.

L'ombrage créé par l'environnement d'un bâtiment réduit le rayonnement solaire pouvant parvenir à ce bâtiment.

Le coefficient  $f_2$ , qui traduit l'importance de cet ombrage, respecte, à STRASBOURG, la hiérarchie de la densité du bâti et de la fermeture du tissu urbain qui en résulte, l'ombrage le plus fort se rencontrant logiquement dans le centre ville.

Mais, pour calculer les véritables apports solaires, il faut tenir compte également de la superficie de vitrage existant et de son orientation.

L'ensemble du vitrage existant dans chaque îlot parvient à capter à peine un douzième ou, au mieux, un quart de l'énergie solaire qui pourrait intervenir à la même surface de vitrage si celle-ci était orientée plein Sud et protégée de tout ombrage gênant.

Le tableau 11 caractérise la morphologie urbaine strasbourgeoise du point de vue de ces deux critères "solaires" : importance de l'ombrage dû à l'environnement et efficacité de captation de l'énergie solaire.

Vue la faiblesse de cette dernière, les apports solaires ne peuvent contribuer, dans un climat comme celui prévalant à STRASBOURG, que pour une très faible part à la couverture des besoins de chauffage des habitations, un treizième dans le cas le plus favorable.

Comme on peut le voir dans le tableau 12, le facteur de couverture solaire des besoins de chauffage, ou coefficient F, varie en effet entre 2.0 et 7.5 % au maximum.

Si les apports solaires couvrent en moyenne de 4 à 5 % des déperditions thermiques des bâtiments, ce sont les apports internes, résultant de l'occupation des locaux, qui sont l'élément essentiel des "chaleurs gratuites" à STRASBOURG, représentant environ un dixième des déperditions considérées.

TABLEAU 11 : MORPHOLOGIE URBAINE ET  
CARACTÉRISTIQUES SOLAIRES DU BÂTI

CARACTÈRES DU TISSU URBAIN	COEFFICIENT D'ENSO- LEILLEMENT LOINTAIN $F_2$ , TENANT COMPTE DU MASQUE PHYSIQUE EXTÉRIEUR AU BÂTI- MENT	EFFICACITÉ DU VITRAGE EXIS- TANT DANS LA CAPTATION DE L'ÉNERGIE SO- LAIRE, COMPARÉ À UN MÊME VI- TRAGE SUD, SANS OMBRAGE ( $S_s$ /SUP.VITRÉE)
TISSU URBAIN DENSE : " CENTRE-VILLE "	INFÉRIEUR À 0.40	INFÉRIEURE À 0.10
TISSU URBAIN MOYENNEMENT DENSE : ENSEMBLES ASSEZ OUVERTS ; MARGES DU CENTRE- VILLE ; " COEUR " DES BANLIEUES.	AUTOUR DE 0.50	ENTRE 0.10 ET 0.15
LOTISSEMENTS DE CONSTRUCTIONS INDIVIDUELLES ( À L'EXCEPTION DES PLUS RÉCENTS )	ENTRE 0.60 ET 0.70	ENTRE 0.15 ET 0.20
TISSU URBAIN LÂCHE : GRANDS ENSEMBLES COL- LECTIFS OUVERTS (" CITÉS " ) ; CONSTRUCTIONS D'UNE ÉLEVATION ET DANS UNE SITUATION " EX- CEPTIONNELLES " PAR RAPPORT À LEUR ENVIRONNEMENT.	AUTOUR OU SUPÉRIEUR À 0.80	SUPÉRIEURE À 0.20

Source : SCHILLING , 1984

TABLEAU 12 : BESOINS DE CHAUFFAGE DES DIVERS TYPES DE FORME URBAINE STRASBOURGEOIS

TYPE	DÉNO- MI- NATION	COEFFICIENT D' ENSOILEILLEMENT		$S_s / V_h$	FACTEUR COUVERT SOL. F (%)	COEFF. B ( $W/M^2 \cdot ^\circ C$ )	COEFF. G ( $W/M^2 \cdot ^\circ C$ )	$\frac{1 - COEF. B}{1 - COEF. G}$	SI $F_2 = 1.0$	
		LOIN- TAIN $F_2$	GLOBAL F						F(%)	GAIN SUR COEF. B
1.1.	ENS.FERMÉS VILLE ALLEM.	0.32	0.29	0.0045	2.5	0.96	1.12	0.14	7.5	5 %
2.	RANG.D' IMM.D'AV.GUERRE	0.48	0.36	0.0070	3.5	1.08	1.25	0.14	6.5	4 %
3.	MAISONS URBAINES INDÉP.	0.32	0.30	0.0050	2.0	1.13	1.29	0.12	7.0	6 %
4.1.A	MAIS.IND.TOUTES ÉPOQUES	0.47	0.40	0.0090	2.5	1.59	1.77	0.10	6.0	4 %
4.1.B	MAIS.IND. D'AVANT-GUERRE	0.58	0.50	0.0120	3.5	1.72	1.92	0.10	6.0	3 %
4.1.C	MAISONS INDÉP. '50	0.67	0.58	0.0220	6.0	1.61	1.85	0.13	8.5	3 %
4.2.	MAISONS A DÉPENDANCES	0.52	0.47	0.0090	2.5	1.68	1.86	0.10	5.5	3 %
4.3.A	MAISONS JUMELÉES	0.51	0.45	0.0080	2.5	1.45	1.62	0.10	5.5	4 %
4.4.A	PAVILLONS-ANNÉES 60	0.67	0.56	0.0160	5.0	1.45	1.66	0.13	7.5	3 %
4.4.B	PAVILLONS-ANNÉES 70	0.66	0.53	0.0170	5.0	1.55	1.77	0.12	7.5	3 %
4.4.C	PAVILLONS-ANNÉES 80	0.60	0.49	0.0110	5.5	0.88	1.07	0.18	10.0	5 %
4.5.	PETIT COLLECTIF	0.82	0.81	0.0180	6.0	1.30	1.52	0.14	7.5	2 %
5.1.	COLLECTIF D'APR.GUERRE	0.86	0.75	0.0150	5.5	1.29	1.50	0.14	6.0	1 %
5.2.	BARRES	0.77	0.67	0.0200	7.5	1.20	1.43	0.16	9.5	3 %
5.3.A	"TOURS" (HAUTEPIERRE)	0.76	0.74	0.0130	7.0	0.89	1.09	0.18	8.5	2 %
5.3.B	TOURS	0.80	0.70	0.0120	5.5	0.95	1.14	0.17	7.0	2 %
5.4.	COLLECTIF NÉO-RÉGIONAL	0.54	0.50	0.0090	4.0	1.00	1.18	0.15	7.5	2 %

Source : SCHILLING , 1984

La différence entre déperditions thermiques et besoins de chauffage, entre coefficients G et B du bâti, s'élève ainsi à environ 15 %.

La corrélation entre les deux coefficients thermiques est des plus étroites et les conclusions présentées précédemment -influence systématique de l'ouverture du bâti sur les déperditions de celui-ci- demeurent valables en ce qui concerne les besoins de chauffage.

Il existe ainsi, à STRASBOURG, une relative indifférence du comportement énergétique des bâtiments vis-à-vis de leur environnement physique.

Toutes les formes urbaines réalisent une captation assez comparable d'une énergie solaire rare, quelle que soit l'orientation privilégiée de leur vitrage et même, quelles que soient la nature de l'environnement des bâtiments et l'importance des ombres qu'il génère.

Ces conclusions sont valables pour la Ville de STRASBOURG et ne sauraient être étendues sans précautions à d'autres agglomérations.

L'approche théorique des consommations d'énergie a permis de dégager les faits suivants :

- . Les formes urbaines, qui ont été caractérisées par le type des bâtiments qui les compose et le mode de leur agglomération, se différencient nettement quant à leurs déperditions thermiques.
- . Celles-ci s'ordonnent selon la plus ou moins grande ouverture du bâti vers l'extérieur, traduite par le coefficient de forme (c'est-à-dire la superficie des parois extérieures ramenée au volume à chauffer).
- . L'orientation du bâti, l'effet d'ombrage dû à un environnement plus ou moins favorable de ce point de vue, n'exerce pas une influence significative sur les besoins de chauffage.
- . L'importance de la MITOYENNETE (avec d'autres bâtiments, ou avec d'autres logements au sein même du bâtiment) apparaît ainsi essentielle dans la détermination des pertes de chaleur et par là, des consommations d'énergie pour le chauffage de l'habitat.

Il s'agit là d'un facteur qui ressort en grande partie du domaine de l'urbanisme.

#### C/ LES CONSOMMATIONS REELLES DE CHAUFFAGE

On veut comparer les besoins de chauffage, B, aux consommations réelles d'énergie utile, CH.

Il est intéressant de raisonner en termes de volume unitaire et on considère alors le coefficient volumiques des besoins de chauffage, c'est-à-dire le coefficient B calculé précédemment, ainsi qu'un coefficient volumique de consommation, noté CH/m<sup>3</sup>.°C (obtenu en divisant CH par le volume considéré et le nombre de degrés-heures de la localité).

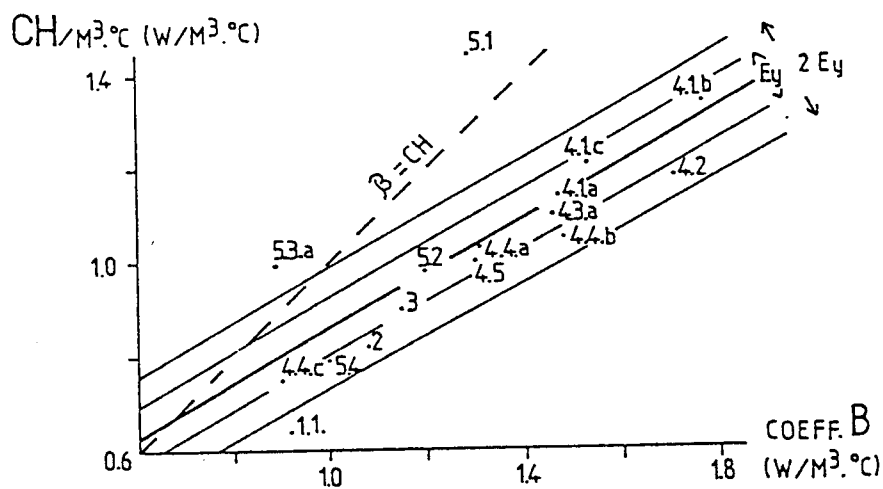
Entre ces deux coefficients, dont les valeurs sont données dans le tableau 13, il existe une relation nette, traduite par un coefficient égal à .78 et représentée, sur le graphique 14, par la droite d'équation :

TABLEAU 13 : COEFFICIENTS DE CONSOMMATION DE CHAUFFAGE THÉORIQUE ET RÉELLE DES TYPES DE FORME URBAINE À STRASBOURG

TYPE	DÉNOMINATION	COEFF. K'G DU BÂTI W/M <sup>2</sup> .°C	COEFF. DE FORME M <sup>2</sup> /M <sup>3</sup>	COEFF. G DE DEPERDITIONS W/M <sup>3</sup> .°C	COEFF. B DE BESOINS DE CHAUFFAGE W/M <sup>3</sup> .°C	COEFF. DE CONSOMMATION		CONSOMMATIONS UTILES P.R.AUX CONSOMMATIONS THÉORIQUES	
						UTILE CH/M <sup>3</sup> .°C	RÉELLE C/M <sup>3</sup> .°C	CH/β	CH/D
						W/M <sup>3</sup> .°C	W/M <sup>3</sup> .°C		
1.1.	ENS.FERMÉS VILLE ALLEM.	2.16	0.34	1.08	0.92	0.64	0.82	0.73	0.62
2.	RANG.D' IMM.D'AV.GUERRE	2.30	0.40	1.25	1.08	0.82	1.09	0.76	0.66
3.	MAISONS URBAINES INDÉP.	1.91	0.51	1.31	1.15	0.90	1.29	0.78	0.69
4.1.A	MAIS.IND. TOUTES ÉPOQUES	1.52	0.85	1.64	1.47	1.14	1.55	0.79	0.70
4.1.B	MAIS.IND. D'AVANT-GUERRE	1.83	0.88	1.95	1.77	1.34	1.77	0.76	0.69
4.1.C	MAISONS INDÉP. '50	1.53	0.92	1.76	1.53	1.21	1.67	0.79	0.69
4.2.	MAISONS A DÉPENDANCES	1.91	0.81	1.89	1.71	1.18	1.56	0.69	0.62
4.3.A	MAISONS JUMELÉES	1.95	0.66	1.63	1.46	1.10	1.31	0.75	0.67
4.4.A	PAVILLONS-ANNÉES 1960	1.51	0.78	1.52	1.31	1.03	1.38	0.79	0.68
4.4.B	PAVILLONS-ANNÉES 1970	1.30	1.04	1.69	1.48	1.05	1.19	0.71	0.62
4.4.C	PAVILLONS-ANNÉES 1980	0.79	0.95	1.09	0.90	0.75	0.85	0.84	0.69
4.5.	PETIT COLLECTIF	2.02	0.58	1.52	1.30	1.00	1.17	0.77	0.66
5.1.	COLLECTIF D'AP. GUERRE	2.41	0.48	1.50	1.29	1.44	1.87	1.12	0.96
5.2.	BARRES	2.52	0.43	1.43	1.20	0.98	1.10	0.82	0.69
5.3.A	"TOURS" DE HAUTEPIERRE	2.08	0.36	1.09	0.89	0.99	1.12	1.11	0.91
5.4.	COLLECTIF NÉO-RÉGIONAL	2.52	0.33	1.18	1.00	0.79	1.09	0.79	0.67

Source : SCHILLING , 1984

GRAPHIQUE 14 : BESOINS DE CHAUFFAGE ET CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE UTILE DES TYPES DE FORME URBAINE



$$CH/m^3 \cdot ^\circ C = 0.596 (B) + 0.261$$

Cela revient à dire qu'on peut prévoir la consommation réelle d'énergie utile à partir de l'estimation théorique des besoins de chauffage du bâti considéré, et cela avec une assez forte probabilité d'exactitude.

Comme on le voit dans le tableau 13, les consommations réelles d'énergie utile, c'est-à-dire la chaleur réellement fournie par le chauffage des logements, sont toujours inférieures aux besoins théoriques de chauffage, (rapport CH/B inférieur à 1.0), à l'exception de deux îlots, celui représentatif des "immeubles à quadruple exposition" de Haute-pierre et surtout, celui occupé par le "collectif d'après-guerre, à toit pentu".

Cette infériorité systématique des consommations réelles par rapport aux estimations théoriques, que l'on peut établir à 20 ou 25 %, provient du mode d'occupation des logements, conduisant à un chauffage qui n'est jamais continu.

Le facteur "comportement effectif des occupants et de l'installation" ne semble donc pas à même de jouer un rôle essentiel dans la détermination des consommations de chauffage, du moins à l'échelle à laquelle nous travaillons.

Les différences individuelles dues à des causes de variation multiples ne sont pas assez prononcées pour véritablement peser sur les résultats ou se compensent systématiquement.

Apparaît ainsi un "comportement" ou un "mode d'occupation moyen" à STRASBOURG, qui permet de neutraliser ce facteur et rend possible la relation observée entre consommations réelles et estimations théoriques de celles-ci.

On peut d'ailleurs remarquer qu'au niveau des valeurs individuelles des différents logements étudiés, la prévision de la consommation réelle d'énergie par le calcul théorique s'avère tout aussi fiable.

L'influence du comportement des occupants et des installations de chauffage ne se révèle pas aussi perturbatrice que certains l'ont écrit et on peut envisager de l'intégrer dans des calculs d'estimation des consommations.

On peut ainsi, à l'échelle de l'îlot représentatif d'un type de forme urbaine, estimer correctement la chaleur réellement fournie au bâti (CH) par le calcul des déperditions de ce bâti (D) ou par celui de ses besoins de chauffage (B), ceux-ci ou celles-là dépendant prioritairement de la forme de ce bâti, de son ouverture vers l'extérieur, c'est-à-dire de la plus ou moins grande agglomération des logements au sein d'ensemble bâtis.

Si l'on raisonne en termes de logement, on constate une corrélation assez élevée existant entre la consommation d'énergie utile par logement et les besoins de chauffage par mètre-cube (ou coefficient B) du bâti considéré.

Cela revient à dire que les logements étudiés ont une consommation réelle d'énergie liée aux caractéristiques thermiques du bâti qui les abrite et, en premier lieu, au coefficient de forme de ce bâti.

L'étude des consommations réelles conforte ainsi les conclusions de l'approche théorique menée précédemment.

Le tableau 15 reprend les principales morphologies qui ont été distinguées et leur associe les caractéristiques thermiques et de consommation qui leur sont propres.

TABLEAU 15 : MORPHOLOGIE URBAINE  
ET COMPORTEMENT ÉNERGÉTIQUE

DÉNOMINATION DES GROUPES	TYPES DE FORME URBAINES CONSTITUTIFS	COEFF. DE FORME $M^2/M^3$	COEFF. G $W/M^3 \cdot ^\circ C$	COEFF. B $W/M^3 \cdot ^\circ C$	CONSOMM. MOYENNE PAR LOGT (ÉNERGIE UTILE) KWH
ENSEMBLES COLLECTIFS COMPACTS	.ENS. FERMÉS VILLE ALLEM. ."TOURS" .COLL. NÉO-RÉGIONAL	0.35	1.15	0.95	10 000
ENSEMBLES COLLECTIFS OUVERTS	.RANG. D' IMM. D' AV. GUERRE .COLL. D' AP. GUERRE .BARRES	0.45	1.40	1.20	12 000
HABITAT INDIVIDUEL AGGLOMÉRÉ	.PETIT COLLECTIF .MAISONS JUMELÉES OU EN BANDE .MAISONS A DÉPENDANCES	0.65	1.60	1.40	18 000
HABITAT INDIVIDUEL OUVERT	.MAISONS INDÉPENDANTES .PAVILLONS	0.90	1.80	1.60	23 000

Source : SCHILLING, 1984

Les formes urbaines existant à STRASBOURG sont ainsi caractérisées par des niveaux de consommation d'énergie pour le chauffage différents, liés à la géométrie du bâti.

Cela est vrai si l'on raisonne en termes de volume unitaire mais également de logement.

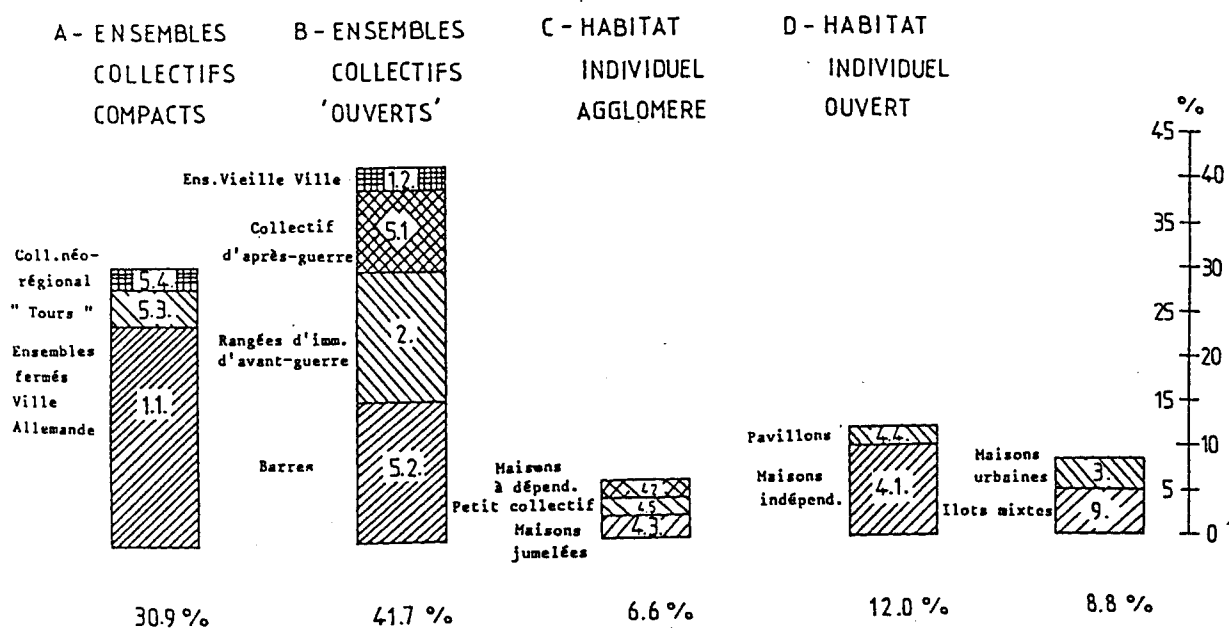
Dans tous les cas, il existe, en effet, une progression des consommations qui va de pair avec celle de l'ouverture du bâti vers l'extérieur.

AMENAGEMENT URBAIN ET CONSOMMATION D'ENERGIE : LE CAS STRASBOURGEOIS

A/ DISTRIBUTION ET REPARTITION DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE

Le graphique 16 présente l'importance respective (en volume) des grands groupes morphologiques reconnus à STRASBOURG.

GRAPHIQUE 16 : IMPORTANCE RESPECTIVE DES GRANDS GROUPES MORPHOLOGIQUES A STRASBOURG



Source: SCHILLING, 1984

L'habitat collectif est largement prépondérant, représentant près des trois quarts du volume habitable total.

Les formes compactes regroupent 31 % du total et celles ouvertes, près de 42 %.

Les formes urbaines de transition (habitat individuel aggloméré) n'ont qu'une importance secondaire (7 % du volume total) de même que l'habitat individuel ouvert (12 % du volume total).

A l'intérieur de chaque grand groupe morphologique, les divers types ont une importance variable.

La palette de formes urbaines, étudiées précédemment, perd ainsi beaucoup de sa richesse si on ne tient pas compte que de la seule importance quantitative de celles-ci dans la Ville.



A partir du nombre de logements existants en 1982 dans chaque flot à la commune de STRASBOURG, ainsi que de la consommation d'énergie utile moyenne par logement, caractéristique du type de forme urbaine auquel appartient chacun des flots, on peut obtenir les consommations d'énergie utile pour le chauffage de l'habitat, flot par flot, dans la commune de STRASBOURG.

Les 103 885 logements strasbourgeois étudiés ont une consommation annuelle d'énergie utile pour le chauffage estimée ainsi à  $1.37 \times 10^9$  kWh, soit une moyenne de 13 169 kWh par logement, ou encore 57.4 kWh par mètre-cube et par an.

Le rapport consommation réelle/estimation théorique des besoins de chauffage s'établit globalement à 0.78 et le coefficient volumique moyen des besoins de chauffage (coefficient B) de l'ensemble de l'habitat strasbourgeois est égal à 1.16 W/m<sup>3</sup>.°C. La densité d'utilisation d'énergie pour le chauffage est, elle, égale à 7 385 kWh/are, pour l'ensemble des zones habitées de la commune.

TABLEAU 17 : CONSOMMATION D'ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE DE L'ENSEMBLE DES LOGEMENTS DES DIVERS TYPES DE FORME URBAINE STRASBOURGEOIS

TYPE DE FORME URBAINE	CONSOMMATION D'ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE DE L'ENS. DES LOGTS DU TYPE (MMH)	PROPORTION DE LA CONS. DU TYPE DANS LA CONS. URB. TOT. (1)	PROPORTION DES LOGTS DU TYPE DANS LE TOTAL DES LOGTS (2)	INDICE CONCENTR. CONS. D'ÉNERGIE (1)/(2)	DENSITÉ DE CONSOMM. MOYENNE DU TYPE (MMH/ARE)		DENSITÉ DE LOGTS DU TYPE RAMENÉE A SUP. TOT. (LOGTS/ARE)
					RAMENÉE SUPERF. TOTALE	RAMENÉE SUPERF. BATIE	
1.1. ENS.FERMÉS VILLE ALLEM.	216 984	.159	.174	0.91	14.05	31.65	1.17
5.3. TOURS	62 656	.046	.055	0.84	7.90	51.23	0.72
5.4. COLLECTIF NÉO-RÉGIONAL	26 840	.020	.026	0.76	12.97	32.34	1.50
ENSEMBLES COLLECTIFS COMPACTS	306 480	.224	.255	0.88	12.05	34.40	1.04
2. RANG.D'IMM. D'AV.GUERRE	174 156	.127	.140	0.91	9.38	30.01	1.12
1.2. ENS.FERMÉS VIEILLE VILLE	46 464	.034	.041	0.84	12.31	23.33	0.78
5.1. COLLECTIF D'AP. GUERRE	185 598	.136	.128	1.06	8.54	58.02	0.61
5.2. BARRES	221 350	.162	.213	0.76	8.12	41.76	0.81
ENSEMBLES COLLECTIFS "OUVERTS"	627 568	.459	.522	0.88	8.84	38.51	0.76
4.5. PETIT COLLECTIF	32 664	.024	.013	1.82	7.75	45.05	0.32
4.3. MAIS.JUMELÉES OU EN BANDE	43 069	.031	.032	0.99	4.30	23.12	0.33
4.2. MAISONS A DÉPENDANCES	30 464	.022	.018	1.21	3.32	16.63	0.21
HABITAT INDIVIDUEL AGGLOMÉRÉ	106 197	.078	.063	1.23	4.54	24.03	0.28
4.1.A MAIS.IND. TOUTES ÉPOQUES	100 947	.074	.051	1.44	3.57	25.04	0.19
4.1.B MAIS.IND. D'AVANT-GUERRE	61 473	.045	.019	2.35	7.20	44.13	0.23
4.1.C MAISONS IND. ANNÉES 1950	22 626	.017	.012	1.37	3.37	21.95	0.19
4.4.A PAVILLONS-ANNÉES 1960	8 579	.006	.004	1.75	2.88	23.19	0.13
4.4.B PAVILLONS-ANNÉES 1970	21 516	.016	.009	1.67	4.03	27.66	0.18
4.4.C PAVILLONS-ANNÉES 1980	2 086	.0015	.0014	1.06	1.66	8.91	0.12
HABITAT INDIVIDUEL OUVERT	217 227	.159	.096	1.64	4.09	27.72	0.19
3. MAISONS URBAINES INDÉP.	45 705	.033	.013	2.51	14.54	54.87	0.44
9. ILOTS MIXTES	64 922	.047	.051	0.93	7.33	31.70	0.60
ENSEMBLE DE STRASBOURG	1 368 099	1.000	1.000	1.00	7.38	33.91	0.56

Source : SCHILLING, 1984

Dans ce cadre général, le comportement des divers types de forme urbaine varie évidemment beaucoup.

Comme le montre le tableau D l'indice de la concentration de la consommation d'énergie (rapport entre la part que représente la consommation du type dans le total et celle que représente les logements de ce même type dans le parc total) différencie les grands groupes morphologiques.

Ainsi, l'habitat collectif, énergétiquement efficace, ne consomme que 68 % du total de l'énergie dépensée à STRASBOURG pour le chauffage alors qu'il regroupe 78 % des logements.

A l'opposé, l'habitat individuel, avec 16 % des logements en consomme 24 %.

En ce qui concerne la densité de consommation de l'énergie (calculée sur la base de la superficie totale de l'îlot), elle suit logiquement une hiérarchie inverse de celle de l'ouverture du bâti. Plus ce dernier est compact, aggloméré, plus les densités de consommation sont élevées.

Deux cartes de répartition des consommations d'énergie pour le chauffage à STRASBOURG ont été dressées.

La première illustre la répartition des consommations moyenne d'énergie par logement.

Elle est évidemment issue de la carte de répartition des types de forme urbaine, précédemment établie, puisque chaque type a été caractérisé par un certain niveau de consommation par logement.

Une opposition apparaît entre le Centre-Ville lato sensu (ellipse insulaire, Ville Allemande et Neudorf) aux consommations par logement inférieures à la moyenne strasbourgeoise et l'ensemble des faubourgs où les consommations par logement sont, elles, supérieures à cette moyenne.

La répartition des formes urbaines explique un tel phénomène.

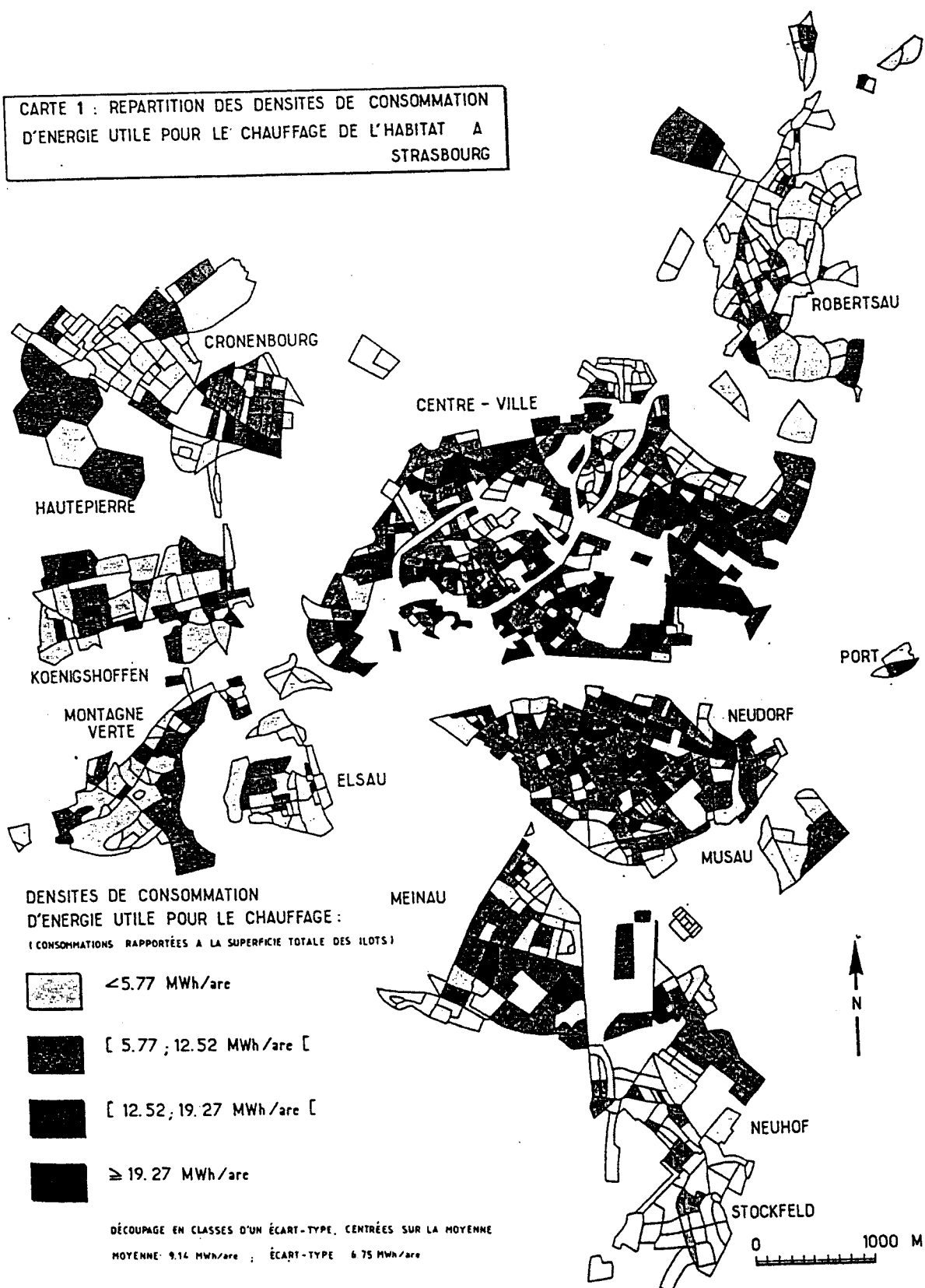
La seconde carte s'intéresse à la répartition des densités d'utilisation de l'énergie pour le chauffage de l'habitat (les densités sont calculées en rapportant la consommation totale de l'îlot à la superficie de celui-ci).

Les valeurs inférieures à la moyenne sont prédominantes dans la distribution.

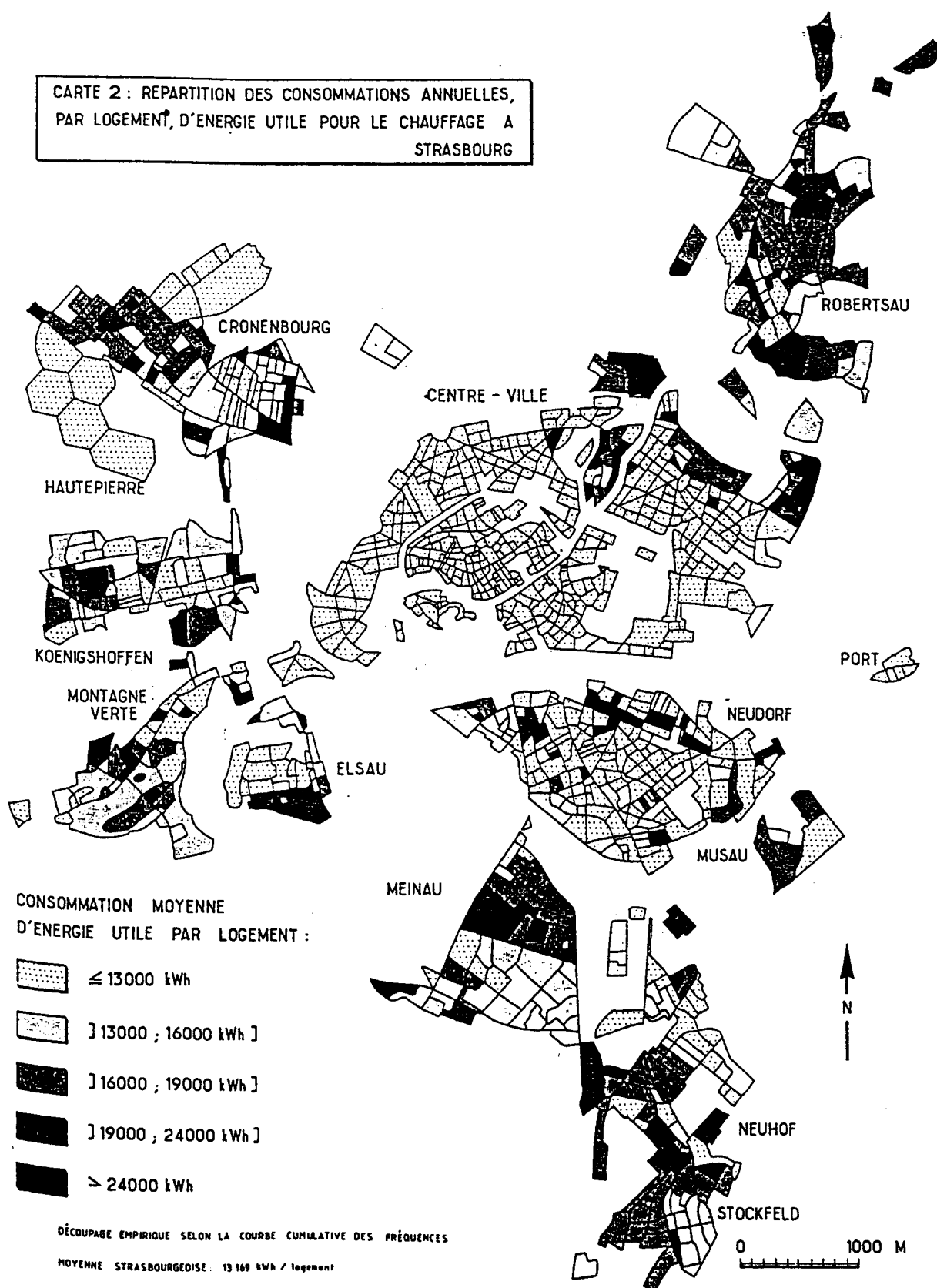
D'un point de vue spatial, la même opposition entre le Centre-Ville et la périphérie, observée précédemment, se retrouve mais avec une signification différente : le Centre-Ville est seul à connaître des densités de consommation supérieures à la moyenne et les divers faubourgs ne parviennent qu'à des densités inférieures ou, au mieux, proches de la moyenne strasbourgeoise.

La carte traduit alors le fait qu'aux fortes densités de logements sont associées des densités de consommation d'énergie élevées, sans prendre en compte les différences d'efficacité énergétiques des logements des divers types rencontrés.

CARTE 1 : REPARTITION DES DENSITES DE CONSOMMATION  
D'ENERGIE UTILE POUR LE CHAUFFAGE DE L'HABITAT A  
STRASBOURG



CARTE 2 : REPARTITION DES CONSOMMATIONS ANNUELLES,  
PAR LOGEMENT, D'ENERGIE UTILE POUR LE CHAUFFAGE A  
STRASBOURG



En réalité, les deux cartes mentionnées se réfèrent à deux modes différents d'appréhension de l'utilisation de l'énergie dans la Ville.

On s'intéresse soit à la réalité brute, spatialement perceptible et on emploie alors le concept de densité d'utilisation de l'énergie, soit aux déterminants de cette consommation que l'on aborde par le biais de la consommation moyenne d'énergie par logement, liée et déterminée par la forme urbaine concernée.

#### B/ POLITIQUE URBAINE ET ENERGIE A STRASBOURG

L'étude de la réalité strasbourgeoise a permis de mettre en évidence l'existence d'un lien direct entre choix en matière d'urbanisme et consommation d'énergie résultante.

Cette relation est rendue possible par l'influence systématique du FACTEUR DE FORME, traduisant l'ouverture plus ou moins grande du bâti vers l'extérieur, l'importance diverse de la mitoyenneté dans toutes les acceptions du terme.

Le comportement de l'installation de chauffage et des occupants des logements ne parvient pas à "brouiller" cette relation logique.

L'environnement, dans le cas strasbourgeois, qu'il s'agisse du vent ou des apports solaires, ne semble jouer un rôle que d'une manière globale et indifférenciée, par le biais du climat local de référence, propre à la ville.

D'autre part, l'obligation de respecter des normes sévères en matière d'isolation des nouvelles constructions ne constitue pas une modification fondamentale des relations décrites entre la géométrie du bâti et la consommation d'énergie de celui-ci. La réglementation tient compte de l'importance du facteur de forme en modulant ses exigences d'isolation selon celui-ci. Si toutes les constructions de STRASBOURG étaient isolées conformément aux normes de 1982 (situation irréaliste), la consommation d'énergie de l'habitat serait divisée par deux mais elle ne serait pas pour autant affranchie de l'influence de la forme du bâti.

Concrètement, les actions envisageables pour tenir compte du critère énergétique dans l'aménagement urbain et pour améliorer le fonctionnement du système d'habitat dans ce domaine sont de divers ordres.

Vues l'importance et la pérennité du bâti existant, due à un taux de renouvellement des plus faibles, une politique d'amélioration thermique de ce bâti est indispensable.

Elle est déjà mise en oeuvre en ce qui concerne l'habitat le plus ancien et le plus dégradé, mais d'autres types de constructions devraient également bénéficier de tels efforts, ainsi le "Collectif d'après-guerre".

Plus généralement, il faudrait favoriser toutes les formes de revalorisation du Centre-Ville.

Ce dernier présente de nombreux avantages tant du point de vue des performances énergétiques que de la souplesse d'adaptation à un contexte changeant.

Il faut viser à préserver le "coeur chaud" de la Ville car seule une agglomération importante des logements est capable de générer les conditions favorables à l'apparition et la pérennité de structures urbaines efficaces d'un point de vue énergétique. On peut, à ce sujet, remarquer que la forme urbaine la plus centrale qui ait été étudiée, les "ensembles fermés de la Ville Allemande", possède un certain avantage énergétique avec des consommations d'énergie assez nettement inférieures aux prévisions, à la différence de l'ensemble des autres formes urbaines strasbourgeoises.

Pour ce qui est de la construction neuve, un habitat collectif compact, peut-être en formes fermées autour de cours intérieures, mais offrant des logements spacieux, devrait être encouragé, en cherchant à préserver ou retrouver le caractère urbain d'ensembles édifiés, le plus possible, dans les lacunes de l'urbanisation centrale.

Une recherche de nouvelles formes est aussi à promouvoir pour offrir aux intéressés une troisième voie, entre l'appartement et le pavillon.

Il faut que les formes en question constituent une véritable transition entre le collectif et l'individuel et soient plus séduisantes que les simples maisons en bande.

Une attention particulière devra être apportée aux problèmes d'accès au rayonnement solaire pour les nouvelles constructions individuelles, par la prise en compte de l'orientation dans les règlements d'urbanisme.

En effet, le renforcement des normes d'isolation ainsi qu'une conception tenant plus compte du facteur solaire pourront donner à l'énergie solaire une importance ignorée jusqu'à présent dans une Ville aussi septentrionale que STRASBOURG.

En réalité, l'adaptation de l'agglomération strasbourgeoise au nouveau contexte énergétique né de la crise de 1973 est en cours et les actions que nous proposons ne visent qu'à l'approfondissement et la systématisation de processus déjà mis en place, plus ou moins spontanément.

Le critère énergétique vient s'intégrer à l'ensemble des autres objectifs de l'aménagement d'un espace urbain qui est le siège d'évolutions propres que l'on peut seulement chercher à orienter, une attitude plus volontariste étant irréaliste et inadaptée.

L'argument énergétique peut alors conforter une politique beaucoup plus globale visant à la renaissance de la notion même de Ville.

La démarche adoptée dans ce travail présente un avantage en s'intéressant aux types de bâtiments mais également à leur mode d'agencement.

On considère le bâtiment non pas en lui-même mais dans son implantation spatiale réelle.

La notion de "FORME URBAINE" permet de traiter alors de l'espace urbain et non de simples catégories de construction.

Grâce au changement d'échelle ainsi effectué, on a pu mettre en évidence des relations entre décisions d'urbanisme et conséquences énergétiques qui étaient controversées.

On peut considérer qu'il s'agit là de l'échelle propre à l'étude du fonctionnement interne du système urbain.

On peut également penser que le cas strasbourgeois est plus ou moins représentatif de celui de la majorité des Villes d'Europe Occidentale.

Dans celles-ci, les formes urbaines doivent être assez comparables à celles reconnues à STRASBOURG et l'influence de la forme du bâti sur les niveaux de consommation s'y exerce vraisemblablement de la même manière, avec la même force.

Des études comparatives seraient cependant nécessaires pour vérifier et préciser les ressemblances.

Enfin, on a cherché à mettre en évidence la double attitude que nécessite l'aménagement urbain dans une optique d'efficacité énergétique, à STRASBOURG comme ailleurs :

- . Une volonté de prise en compte globale des phénomènes (intégrant et tentant d'utiliser des interactions éventuelles),
- . Une recherche de souplesse et de latitude maximale afin de ménager, autant que faire se peut, une adaptabilité future du système urbain.

Tableau 1 : Variables relevées pour la détermination des formes urbaines Strasbourgeoises

Tableau 2 : Caractéristiques des huit composantes principales

Graphique 3 : Saturations élevées sur les huit facteurs après rotation

Tableau 4 : Types de forme urbaine strasbourgeois retenus pour l'analyse thermique et l'étude des consommations d'énergie

Figure 5 : Déterminants de la consommation d'énergie des bâtiments

Figure 6 : Passage des déperditions thermiques aux consommations énergétiques (et démarche inverse)

Tableau 7 : Principales caractéristiques du bâti des îlots échantillons

Tableau 8 : Caractéristiques thermiques du bâti des îlots-échantillons des formes urbaines

Graphique 9 : Coefficient G et de forme des types de forme urbaine à STRASBOURG

Tableau 10 : Classification des formes urbaines en groupes thermiques homogènes

Tableau 11 : Morphologie urbaine et caractéristiques solaires du bâti

Tableau 12 : Besoins de chauffage des divers types de forme urbaine strasbourgeois

Tableau 13 : Coefficients de consommation de chauffage théorique et réelle des types de forme urbaine à STRASBOURG

Graphique 14 : Besoins de chauffage et consommations d'énergie utile des types de forme urbaine

Tableau 15 : Morphologie urbaine et comportement énergétique

Graphique 16 : Importance respective des grands groupes morphologiques à STRASBOURG

Tableau 17 : Consommation d'énergie pour le chauffage de l'ensemble des logements des divers types de formes urbaines strasbourgeois



## MOBILITÉ, CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET STRUCTURE D'ESPACE

J.P. ORFEUIL - INRETS PARIS

### INTRODUCTION

Dès lors que la contrainte énergétique est considérée comme importante, tous les acteurs contribuant à la définition et à l'évolution de l'écosystème urbaine peuvent (doivent) jouer un rôle : l'architecte d'intérieur, en plaçant la chaudière dans une cuisine, un couloir fera gagner au moins 1500 kwh par rapport à une implantation dans une cave... L'architecte recherchera un optimum économique dans la définition des qualités thermiques des enveloppes et recherchera un optimum en matière d'ensoleillement ; le concepteur du plan masse d'un lotissement cherchera à assurer une bonne protection contre le vent, à accorder à chacun le "droit au soleil..."

Les mêmes architectes, les mêmes concepteurs de lotissement génèreront toutefois des dépenses énergétiques futures différentes selon la localisation de leur réalisation au sein de l'agglomération. L'évaluation énergétique des SDAU ou des politiques "libérales" d'urbanisation est rarement entreprise (\*). Diverses explications peuvent être avancées : les unes, d'ordre politique, font valoir que l'occupation de l'espace (et la valorisation du foncier qui l'accompagne) ne sauraient se plier aux exigences d'une contrainte, fut-elle énergétique, les autres, d'ordre plus méthodologique, font valoir les difficultés d'estimation prévisionnelle de dépenses considérées comme fortement liées à des comportements plus individuels que planifiables.

Nous montrerons, dans une première partie d'ordre méthodologique, qu'un modèle relativement réaliste mais d'une grande simplicité peut parfaitement rendre compte de normes comportementales assez différentes. Dans une deuxième partie, de nature empirique, nous montrerons que les dépenses d'énergie pour la mobilité sont fortement structurées par les espaces de résidence. Enfin, dans une troisième partie, nous proposons au débat un certain nombre d'orientations permettant soit une modération de la contrainte énergétique, soit un accroissement des degrés de liberté des ménages.

### LE MODELE DE Y. ZAHAVI ET LA DEPENSE ENERGETIQUE

Y. ZAHAVI, expert auprès de la BIRD, décédé en 1984, a testé sur un grand nombre d'agglomérations des pays développés et des pays en développement un algorithme d'évaluation des politiques de transport basé sur un modèle de comportement humain particulièrement simple : chaque individu (ou ménage) dépense pour ses déplacements du temps (en général considéré comme "perdu", du moins dans les déplacements quotidiens) et de l'argent. Il borne sa dépense temporelle à un temps  $T_{Max}$ , sa dépense monétaire à une fraction

(\*) On notera une exception en France, pour la révision du SDAU de REIMS

Max de son revenu. Il cherche toutefois à profiter au maximum des opportunités de la vie urbaine, donc à maximiser sa distance de déplacement dans la journée. En désignant par  $i$  les modes auxquels il faut avoir recours (par exemple, marche, transports collectifs, voiture),  $K_i$  les kilomètres dans chacun des modes,  $C_i$  les coûts kilométriques de chaque mode et  $T_i$  les temps kilométriques, le comportement des personnes peut être modélisé de la façon suivante :

$$\text{Max } d = \sum d_i$$

$$(1) \quad \sum t_i k_i \leq T_{\text{max}}$$

$$(2) \quad \sum c_i k_i \leq \text{max } R$$

En notant  $e_i$  l'énergie nécessaire pour parcourir un kilomètre dans le mode  $i$ , l'énergie totale dépensée dans la journée est  $e = \sum e_i k_i$ . Ce modèle peut être utilisé tel quel pour rendre compte des différences de comportements des ménages, être utilisé de manière itérative pour tenir compte de la capacité du réseau de manière à intégrer une élasticité de la vitesse des flux au trafic ou être utilisé avec des contraintes amont supplémentaires. Sans entrer dans une discussion détaillée des propriétés et des faiblesses du modèle, on notera simplement, au titre de ses qualités, qu'il explique bien l'évolution du partage modal avec les revenus des ménages ou encore l'élasticité à court terme de la consommation de carburant aux variations de prix relatif. De même, il contient des éléments très intéressants pour rendre compte des effets d'augmentation de capacité d'un réseau sur les trafics des différents modes ou encore pour expliquer, par un effet vitesse, l'accroissement des distances parcourues en automobile par les ménages allant vivre en habitat péri-urbain. On peut encore l'améliorer par des "représentations d'opportunité" en amont, en observant que pratiquement tous les ménages des zones urbaines denses consacrent au moins  $x$  minutes aux déplacements à pied dans l'espace de voisinage (courses de quartier, accompagnement d'enfants à l'école...). Il présente, en revanche, des faiblesses évidentes liées à l'absence de contraintes spatiotemporelles (le mode passager automobile, de coût marginal quasiment nul et de vitesse élevée devrait être très largement utilisé) ou organisationnelles (les 2 Roues mode rapide et peu coûteux, devraient également être très pratiqués...).

On retiendra simplement de cette brève présentation que, si l'on souhaite modéliser les comportements de mobilité quotidienne en fonction d'un environnement local, un outil de base existe, qu'il repose sur des présupposés comportementaux sains, mais qu'il mérite toutefois d'être amélioré (prise en compte des opportunités) et adapté à chaque situation locale.

#### DEPENSE D'ENERGIE ET ESPACE DE RESIDENCE

Cette perte est consacrée à l'exposé des principaux résultats des études de Budget Energie Transport d'une part, de mobilité générale d'autre part, menées à l'INRETS depuis 1980. On appellera Budget Energie Transport (en abrégé BET) la dépense quotidienne d'énergie consacrée par une unité (un ménage, un individu, une catégorie sociale...) à ses déplacements quotidiens. Il s'agit d'une dépense observée grâce aux enquêtes auprès des ménages menées dans les agglomérations françaises. Sont comptabilisées les dépenses directes des ménages (carburant pour automobile et 2 Roues) et les dépenses indirectes (énergie nécessaire au fonctionnement des transports en commun). Les principaux résultats de ces études sont les suivants :

- La dépense moyenne d'énergie d'un ménage varie relativement peu d'une agglomération à l'autre ; dans le contexte français actuel, on ne peut pas distinguer des agglomérations "économiques" et des agglomérations dispendieuses. Dans les petites agglomérations, les distances à parcourir pour atteindre les principales fonctions urbaines sont plus courtes, mais l'usage de l'automobile y est plus facile, le retour à midi des actifs plus fréquent ; dans les grandes (et en particulier dans l'agglomération parisienne), les distances sont plus grandes, mais l'usage des transports en commun est beaucoup plus répandu et le retour à midi beaucoup moins fréquent.
- La dépense moyenne d'énergie varie beaucoup d'une personne à l'autre au sein du ménage. Ce sont bien entendu les hommes actifs qui dépensent le plus et les femmes ayant un emploi les suivent. Leur dépense est très inférieure à celle de leur mari dans les ménages modestes et moyens (il n'y a qu'une voiture, en général utilisée par l'homme) et se rapproche de celle de leur conjoint dans les ménages les plus aisés (ou la deuxième voiture est souvent très fréquente). Les femmes sans profession, les enfants et les retraités dépensent évidemment peu.
- La dépense moyenne d'énergie varie, dans les espaces du quotidien, plus que proportionnellement avec le revenu. Les ménages les plus modestes (souvent sans voiture) ne peuvent guère dépenser plus de 200 gep (\*) par personne ; les ménages "moyens" (avec 1 voiture) peuvent dépenser environ 2000 gep, tandis que les ménages avec 2 voitures ou plus peuvent dépenser 4000 gep. En terme économétrique, l'élasticité transversale de la consommation d'énergie au revenu est comprise entre 1,5 et 2 : une augmentation de revenu de 10 % engendre en moyenne une augmentation de consommation de 15 à 20 %. Cette conclusion est évidemment capitale pour l'analyse, car elle montre que les politiques privilégiant l'accessibilité (présence d'opportunités de commerce, lieux de travail, d'école ou de loisirs dans l'ensemble du tissu urbain) par rapport à la mobilité sont aussi des politiques socialement efficaces.
- La dépense moyenne d'énergie varie considérablement avec la localisation résidentielle au sein de l'agglomération. Selon les agglomérations, la dépense moyenne d'énergie des habitants des lointaines périphéries est 2 à 3 fois plus élevée que celle des habitants de la ville centre. Cette variation s'explique pour une part par les variations de structure démographique (les ménages du centre sont en moyenne de petite taille), pour la plus grande part par l'accroissement des distances parcourues, pour une part modeste, enfin, par une inflexion du partage modal essentiellement au détriment de la marche à pied. Il convient, en effet, de noter avec vigueur que, contrairement à une idée reçue, les habitants des périphéries ne sont pas, en terme de distance parcourue, de plus petits consommateurs de transport collectif que les habitants du centre : leurs déplacements en transport collectif sont certes moins nombreux, mais beaucoup plus longs.
- La dépense moyenne d'énergie varie aussi considérablement avec la nature des tissus de proximité. En comparant, à TOULOUSE, des zones périphériques bien équipées en services et commerces de proximité et de densité moyenne grâce à un mélange d'habitat collectif et d'habitat individuel et des zones à densité plus faible et sans équipements, on observe des différences très significatives (d'environ 30 %) en matière de dépense d'énergie. M. LAPLANCHE (CETE de l'OUEST) a comparé 2 communes de ban-

(\*) gep : gramme équivalent pétrole. 750 gep = 1 litre de super

lieue de NANTES, de profil socio-économique très semblable, situées à la même distance du centre de NANTES, mais dont l'une était bien équipée en commerce et l'autre pas. Il obtient une surconsommation énergétique de la commune non équipée de 8 % de la dépense annuelle de carburant automobile (soit environ 15 % pour les usages quotidiens de l'automobile).

Ces résultats permettent d'apprécier sous un angle énergétique les évolutions que nous observons depuis 15 ans maintenant en matière d'occupation de l'espace. L'explosion péri-urbaine que connaît la FRANCE depuis 15 ans est génératrice de coûts énergétiques importants, non seulement parce que les maisons individuelles sont en moyenne plus consommatrices que les appartements, mais aussi parce qu'elle implique une mobilité (en terme de distance parcourue) plus grande et plus centrée sur l'automobile. Plus grave peut-être, ces surconsommations sont structurelles : les résidents péri-urbains ont souvent des distances importantes à parcourir pour se rendre à leur travail, et l'automobile est indispensable (sauf en Région Parisienne).

Les espaces de proximité peuvent être structurellement vides d'activités si les règles d'urbanisme l'imposent ou si les densités sont tellement faibles qu'aucun acteur commercial par exemple ne peut prendre le risque de s'implanter. Curieusement, en matière de mobilité, notre société a traversé deux crises énergétiques graves en conservant une logique d'abondance. En témoignent nos études les plus récentes : les banlieues sont aujourd'hui atteintes par l'exode résidentiel qui a d'abord touché les villes-centre. Celles-ci conservent toutefois toute leur attractivité, en potentiel d'emplois, en pôles d'achat ou de loisirs. La mobilité vers les villes-centre est aujourd'hui autant le fait d'habitants de communes classées comme "rurales" que d'habitants de banlieue.

Mais alors que les banlieusards faisaient quelques kilomètres pour rejoindre le centre, en ayant le choix entre l'automobile et les transports collectifs, les néo ruraux en font le double, et uniquement en voiture... L'abondance énergétique reste un présupposé de notre société, et les événements récents de la scène pétrolière tendent à lui donner raison, au moins à court terme.

#### PROPOSITIONS POUR L'AMENAGEMENT ET L'URBANISME

Les études de Budget Energie Transport, en décrivant de façon empirique les comportements de mobilité des ménages et leurs consommations d'énergie n'impliquent aucune conclusion en matière institutionnelle, mais, confrontées aux évolutions les plus récentes, elles suggèrent de nombreux pistes d'intervention. Nous en passons en revue quelques-unes :

##### Accompagner le développement péri-urbain

L'évolution péri-urbaine, que nous connaissons depuis 15 ans, répondait entre autres à une crise du foncier dans les espaces denses. Elle a paradoxalement permis de créer suffisamment "d'espace urbanisable" dans les communes concernées pour concentrer l'effort de construction future sur les zones péri-urbaines les plus développées.

On pourrait, dans le cadre des plans de relance du bâtiment que connaît régulièrement notre pays, concentrer les aides sur quelques centaines de communes rurales jouxtant nos grandes villes, ce qui permettrait de dépasser les seuils critiques nécessaires à l'implantation communale de commerces ou services, et l'aménagement de dessertes (éventuellement seulement en heure de pointe) en transport collectif. Une procédure de ce type, infiniment plus légère que celle des villes nouvelles, devrait bien entendu s'accompagner d'une surveillance rigoureuse de l'évolution des prix fonciers et aurait l'avantage de conférer une orientation spatiale à la relance du bâtiment.

#### Rééquilibrer l'habitat et l'emploi

Là encore, des procédures incitatives peuvent avoir une certaine efficacité, d'autant plus que l'emploi se crée aujourd'hui dans des petites entreprises, qui n'ont ni l'assise financière, ni les comportements patrimoniaux des plus grandes. Les recensements fournissent, à période régulière, les ratios Emploi/Population active au niveau de chaque commune. Des incitations (par exemple sous forme d'exonération provisoire de taxe professionnelle, de crédits bonifiés, etc...) pourraient être réservées aux implantations dans les communes dont le ratio est le plus faible.

#### Fluidifier le marché du logement

Nous allons vivre de plus en plus dans une société de propriétaires (près de 55 % des ménages sont propriétaires de leur logement), alors même que l'évolution économique implique une grande mobilité du travail... et des lieux de travail. Toute procédure visant à fluidifier le marché du logement (baisse des taxes pour les ventes, gains de productivité et concurrence entre agences immobilières, bourse d'échange dans les HLM...) ne peut avoir qu'une influence positive sur la réduction de la "mobilité obligée", notamment domicile-travail.

#### Repenser les logiques de gestion des zones denses

L'exode péri-urbain a, entre autres, été provoqué par le sentiment -très souvent justifié- que les villes-centre n'étaient plus faites pour les résidents, mais conçues pour les emplois (et les actifs venant travailler) ou les commerces (et leurs clients...) : pas d'espaces extérieurs protégés de l'automobile pour les jeux des enfants, des temps de traversée à pied de plus en plus réduits sur les artères à fort trafic, un droit de stationnement anarchique -y compris sur les trottoirs- souvent le fait d'habitants d'autres communes, un devoir d'achat ou de location de parking, des zones bleues ou des zones à parcètre empêchant le stationnement résidentiel, etc... On ne combattra pas l'exode des centres si l'on n'enraye pas cette exclusion des citadins de leur propre ville.

Offrir à nouveau des espaces extérieurs protégés de l'automobile aux urbains implique de dissuader l'utilisation de la voirie de desserte d'îlots par des trafics de transit en créant des aménagements spécifiques (cours

urbaines, inspirées de l'exemple des Pays-Bas, transformation en impasse, piétonnisation partielle...).

Libérer les parents de la contrainte d'accompagnement (souvent en voiture !) des enfants à l'école primaire suppose un traitement très soigneux de l'environnement immédiat des écoles primaires, le recensement des parcours piétonniers possibles par ouverture de cours d'immeubles, de jardins privés, de jardins publics ou encore la création de passerelles piétonnes sur les voies à fort trafic.

Réduire la pression de l'automobile sur les centres implique enfin de repenser totalement les stratégies de stationnement. La stratégie actuelle est basée sur trois principes, qui ont eu un sens à une certaine époque et qui n'en ont plus aujourd'hui : le premier implique que toute construction d'immeuble d'habitation s'accompagne de la construction d'un nombre équivalent ou supérieur (lorsque ces appartements sont grands) de places de parking, achetées ou louées obligatoirement par les résidents, à charge pour eux d'en rétrocéder l'usage s'ils n'ont pas d'automobile (ce qui reste fréquent dans les villes centres) ou n'en ont qu'une même si leur appartement est grand... Cette procédure renchérit inutilement les coûts d'accès (et déplace le point de solvabilité) et pourrait être utilement évitée dans les zones où la pression de stationnement est faible, ou encore dans les zones où des parcs publics existants sont structurellement peu utilisés.

Le second impose aux concepteurs d'immeubles de bureau de prévoir les emplacements de parking pour leurs employés, alors même que simultanément ils versent une taxe parafiscale (le versement transport) pour le développement des transports collectifs. Les études de mobilité les plus récentes montrent que la disposition d'une place de stationnement sur le lieu de travail est l'un des déterminants les plus forts (pour les actifs du centre) du choix en faveur de l'automobile pour la migration. Il conviendrait de revenir sur ce principe, d'autoriser les employeurs à transformer certaines parties des parcs en locaux d'archives ou encore à demander à la collectivité locale le rachat des parcs pour transformation en parcs publics de stationnement, utilisables par exemple par des résidents du quartier.

Le troisième principe implique une orientation du stationnement sur voirie vers la courte (zones bleues) ou très courte (parcmètres) durée. Il y a là une incitation évidente à la mobilité automobile de courte distance qui pourrait aisément être transformée en incitation de regroupement d'activités, moyennant un peu de marche à pied, si le tarif minimal couvrait par exemple une heure de stationnement.

#### CONCLUSION

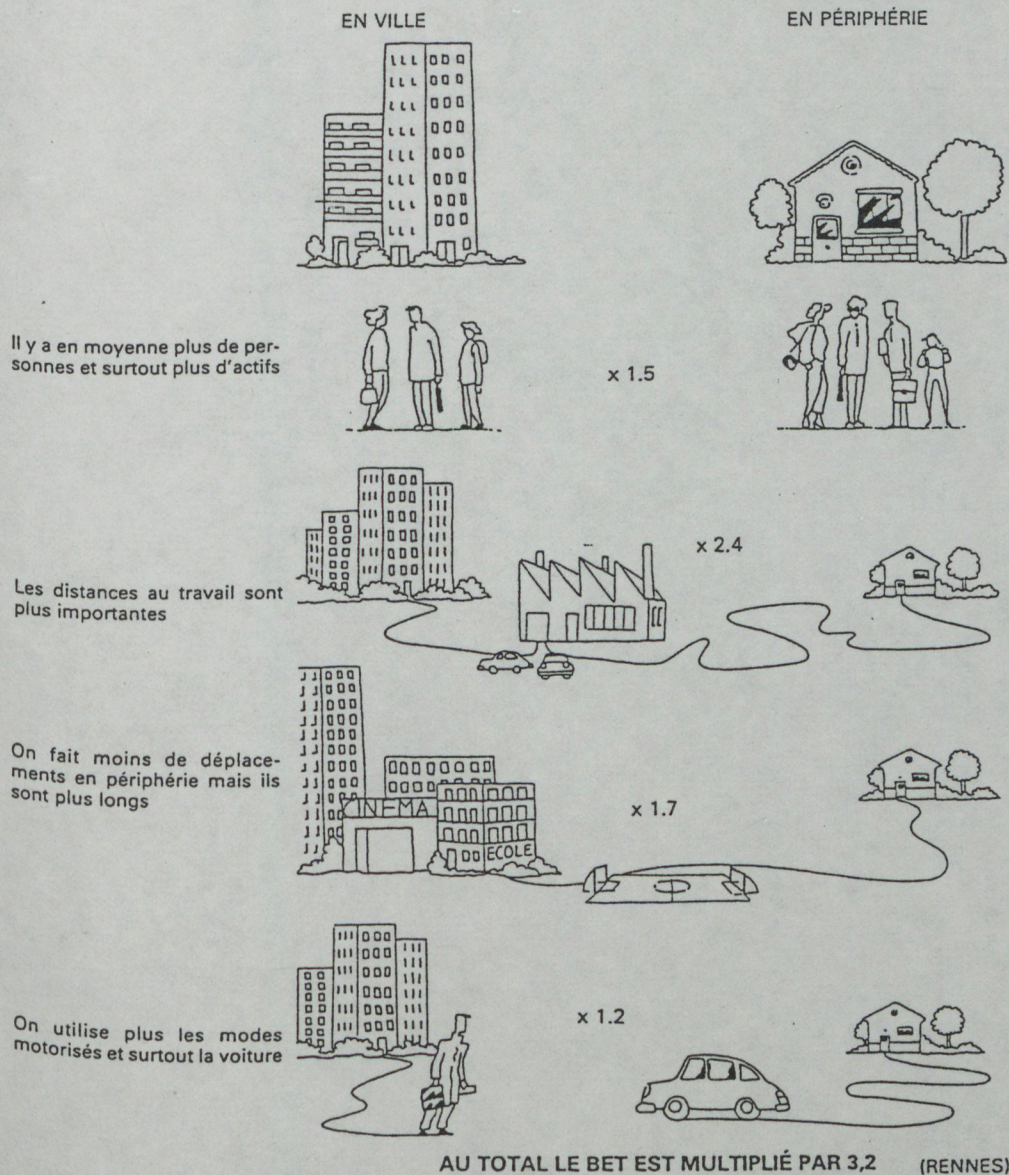
Nous espérons, à travers ce court exposé, que nous avons fait partager deux convictions.

Nous pensons d'une part, que la lecture "énergétique" des phénomènes urbains est riche d'enseignements, que l'on soit en période de crise ou en période d'abondance, d'interventionnisme ou de laisser faire. La prise en compte des distances parcourues, notamment, ne permet plus de regarder la mobilité seulement comme une conquête sociale (ce qu'elle est, et nous ne

plaidons pas pour une société immobile), mais aussi comme une contrainte imposée par un mode de développement urbain la privilégiant à l'excès par rapport à l'accessibilité.

Nous pensons d'autre part que l'aspect figé de l'espace -on ne construit plus aujourd'hui que 1 à 2 % du parc existant- amène trop souvent à des constats d'impuissance ou d'immobilisme tout à fait erronés, d'une part parce que les usagers changent -6 à 8 % de la population déménage chaque année-, d'autre part et surtout, parce que les problèmes qui sont posés à la gestion de l'espace évoluent au rythme des pulsations de la société. On peut se demander aujourd'hui, si l'arsenal réglementaire, mais aussi de nombreuses pratiques d'aménagement ne gagneraient pas à être réexaminées à la lueur des problèmes de notre époque, qui ne sont plus ceux d'il y a vingt ans.

La multiplication par 3 du B.E.T. est essentiellement due aux différences de composition des ménages, au déficit en emplois, commerces, services des zones et plus accessoirement à la place plus importante que tient l'automobile dans les distances à parcourir.



## QUELQUES MÉTHODES POUR CALCULER LE COÛT ÉNERGÉTIQUE DES FORMES URBAINES VIS-À-VIS DU RAYONNEMENT SOLAIRE

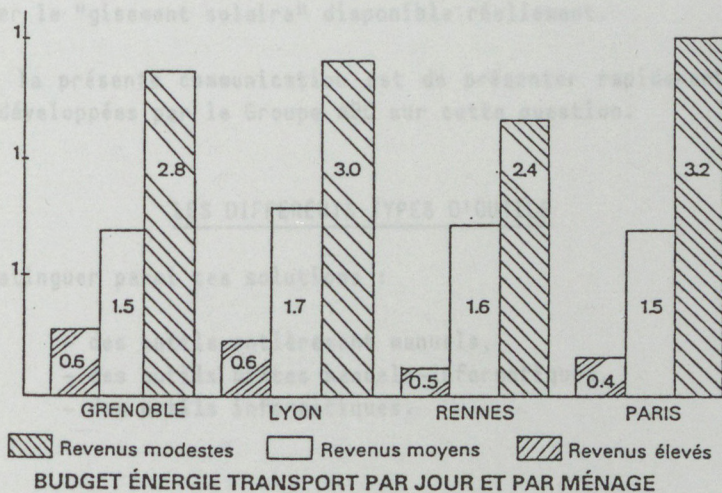
J.L. IZARD - GROUPE ABC MARSEILLE

En milieu urbain, il peut exister un grand nombre de configurations susceptibles de porter ombrage sur une façade de bâtiment.

Que ce soit pour diagnostiquer ce qui se passe dans un site urbain existant, ou pour implanter un ensemble dans une "zone creuse" ou dans pour générer une forme urbaine entière, il est nécessaire de disposer de moyens pour estimer le "gisement solaire" disponible réellement.

L'objet de la présente note est de présenter quelques solutions développées par le Groupe ABC pour cette situation.

On peut distinguer deux types de situations :



### Pourquoi les ménages toulousains les plus aisés consomment-ils six fois plus d'énergie que les ménages toulousains les plus modestes ?

MODESTES

AISÉS



x 1.7



Il y a en moyenne plus de personnes, et surtout plus d'actifs



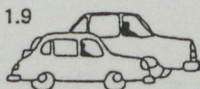
x 1.9



Chaque personne parcourt des distances plus grandes



x 1.9



L'énergie nécessaire pour chaque kilomètre est plus grande, parce que l'automobile est plus utilisée

LES RAISONS DE LA MULTIPLICATION DU B.E.T. PAR 6 ENTRE LES MÉNAGES MODESTES ET LES MÉNAGES AISÉS (TOULOUSE)



## QUELQUES MÉTHODES POUR CALCULER LE COÛT ÉNERGÉTIQUE DES FORMES URBAINES VIS-À-VIS DU RAYONNEMENT SOLAIRE

J.L. IZARD - GROUPE ABC MARSEILLE

En milieu urbain, il peut exister un grand nombre de configurations susceptibles de porter ombre sur une façade de bâtiment.

Que ce soit pour diagnostiquer ce qui se passe dans un site urbain existant, ou pour implanter un immeuble dans une "dent creuse" ou même pour générer une forme urbaine entière, il est nécessaire de disposer de moyens pour estimer le "gisement solaire" disponible réellement.

L'objet de la présente communication est de présenter rapidement quelques solutions développées par le Groupe ABC sur cette question.

### LES DIFFERENTS TYPES D'OUTILS

On peut distinguer parmi ces solutions :

- des outils entièrement manuels,
- des outils mixtes manuels-informatiques,
- des outils informatiques.

### OUTILS MANUELS

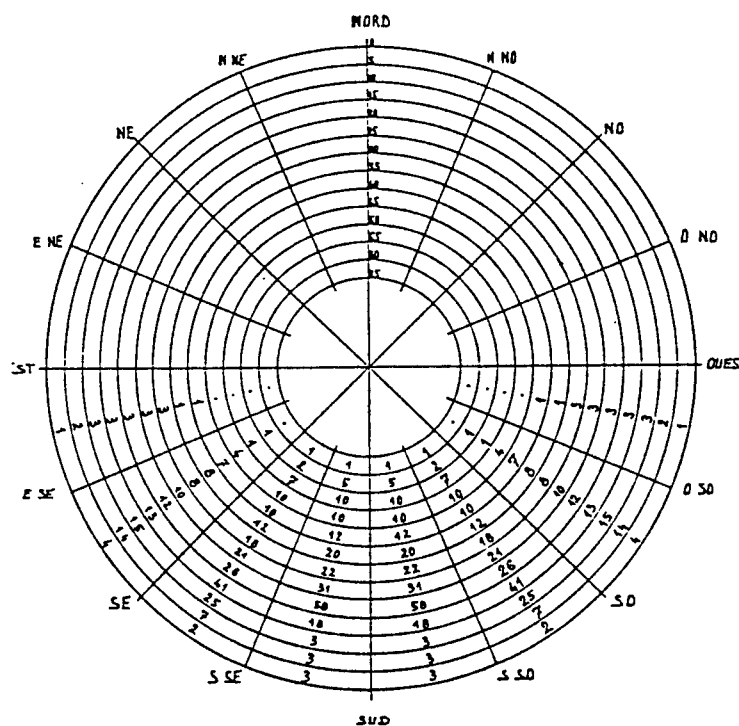
Une longue pratique de ce type d'outils nous permet de citer :

- les outils graphiques à base de représentation de la course apparente du soleil (en projection cylindrique ou en projection sphérique) : ces outils nécessitent que l'on trace le profil du masque compatible avec le type de projection utilisé, et le passage au coût énergétique complique les opérations.
- les outils à base de photographie, dont le meilleur exemple est constitué par le "VIDELIOSITE" qui permet d'acquérir sur le terrain à la fois la visualisation des phénomènes et l'estimation du coût énergétique en un point.

En variante de cette deuxième solution, le Groupe ABC propose à ses étudiants de l'Ecole d'Architecture de Marseille, une méthode qui allie la technique de la photographie fish-eye zénithale à celle des "grilles E.S.D." (Energie Solaire Directionnelle) mises au point par le C.S.T.B..

Les opérations consistent à :

- prendre une photo "fish-eye" à axe zénithal en un point du site urbain (ou naturel, bien sûr),
- développer la photo au format des grilles ESD en version sphérique,
- superposer la photo à la grille relative à l'inclinaison et à l'orientation du plan de réception, en positionnant correctement cette dernière, ce qui oblige à noter la position du NORD ou du SUD lors de la prise de la photo. Le point d'observation doit être choisi pour correspondre à une position présente ou future de la façade considérée comme "réceptrice".
- la somme des valeurs d'E.S.D. "vues" divisée par 1000, donne la valeur de "f2" au point d'observation, pour le plan considéré. On peut aussi faire la somme des E.S.D. "non vues", faire la différence à 1000 et diviser par 1000.



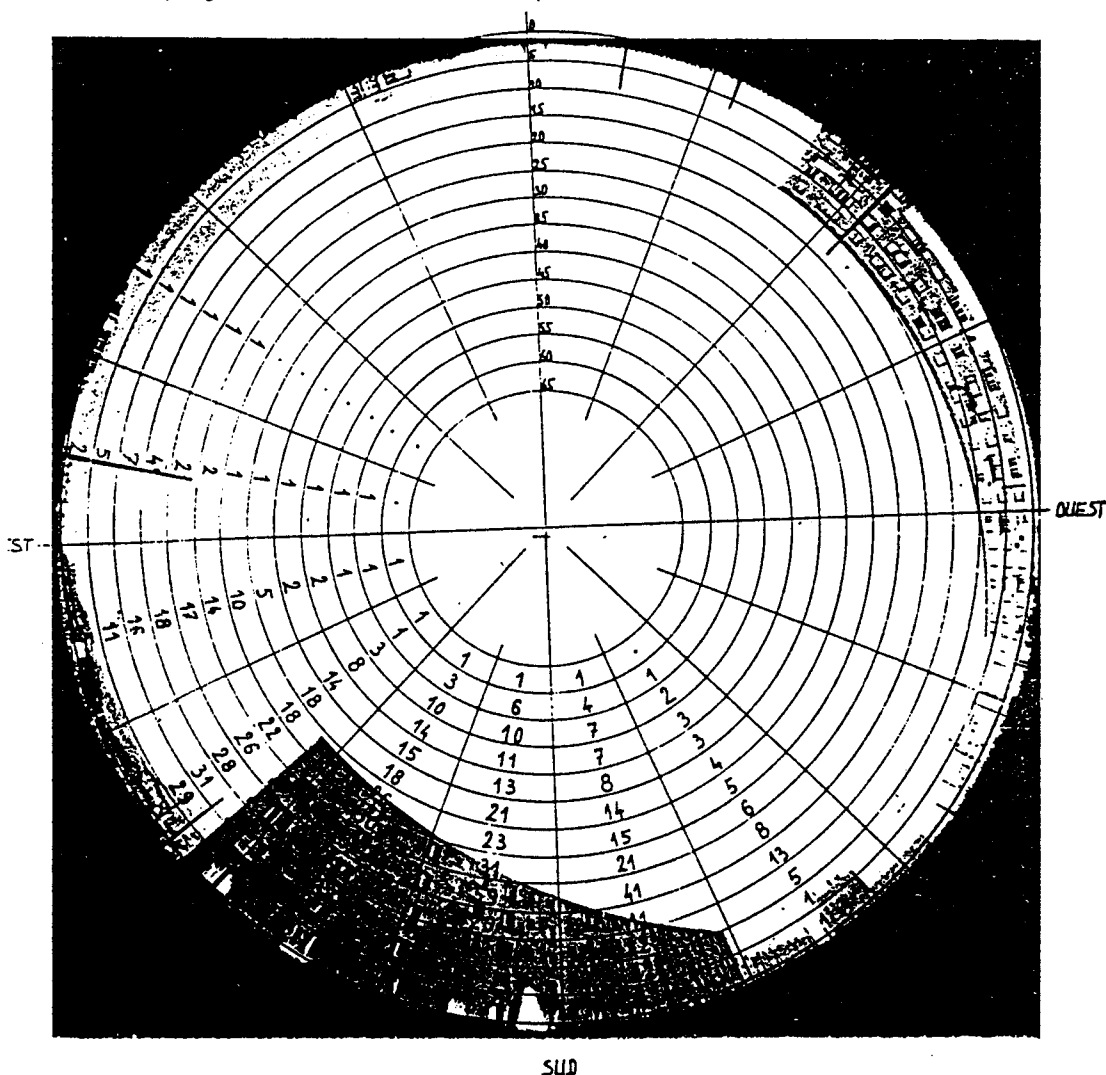
EXEMPLE DE GRILLE "E.S.D." DU C.S.T.B. ADAPTEE A LA PROJECTION SPERIQUE  
EQUIDISTANTE ET COMPATIBLE "FISH-EYE".  
CAS DU PLAN VERTICAL SUD.

### UNE METHODE MIXTE

L'inconvénient majeur de la méthode exposée précédemment réside dans l'obligation de développer le positif selon un format donné avec le plus de précision (ce problème de superposition exacte avait été très élégamment résolu par VIDELIOSITE).

Une solution pour s'affranchir de cette phase délicate consiste à digitaliser une photo de dimension quelconque et à l'agrandir ou la réduire par l'intermédiaire d'un ordinateur. C'est ce qu'a fait le Groupe ABC dans le cadre de son programme "CSARS".

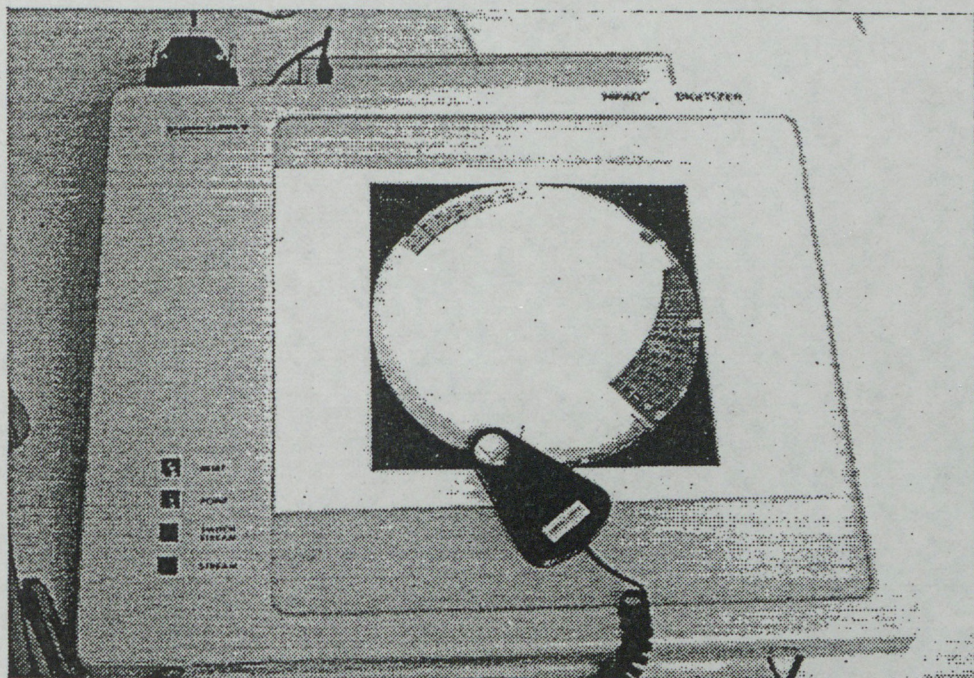
Cette solution offre en plus l'avantage de constituer la phase "saisie" de tout programme de calcul automatique de "f2".



EXEMPLE DE SUPERPOSITION D'UNE GRILLE E.S.D. AVEC UNE PHOTO FISH-EYE

### UNE METHODE INFORMATIQUE

Le Groupe ABC a mis au point un programme de calcul de transmission énergétique des masques architecturaux, le programme "MASQUES".



Digitalisation d'une photographie "fish-eye" : en cliquant le Nord et deux points de l'horizon, ainsi que les points principaux des masques environnants, on obtient le dessin ci-dessous sur l'écran de l'ordinateur.

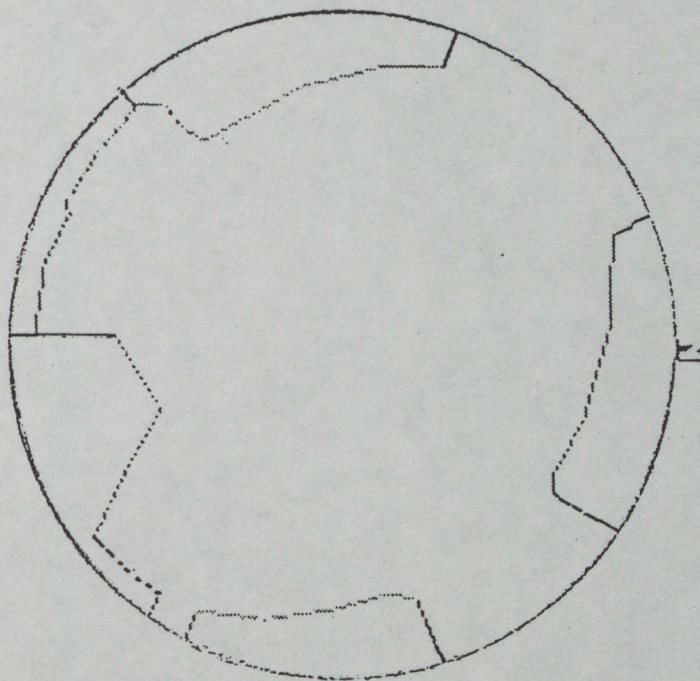


Image au trait dessinée par l'ordinateur : le format standardisé permet la superposition avec les autres diagrammes. Cette phase du programme "CSARS" supprime l'inconvénient majeur de la technique de diagnostic par photo fish-eye : le format de la photo à son développement, tout en assurant son interfaçage avec les logiciels de calcul de masques (visualisation, calcul de  $f_2$ ...etc.)

DIGITALISATION D'UNE PHOTO FISH-EYE : POINT DE DEPART D'UNE VISUALISATION  
EFFECTUEE PAR L'ORDINATEUR, OU SAISIE DE CONFIGURATION EN VUE  
D'UN CALCUL DE "f2".

Ce programme peut traiter de n'importe quelle configuration pourvu qu'elle soit générée par des plans et qu'elle puisse être décrite comme des polygones adjacents (sans interruption totale).

Après avoir défini l'"ouverture" (ou "surface réceptrice"), le masque peut être identifié par les coordonnées des points définissant les polygones générant le masque.

Pour faciliter la saisie, un certain nombre de familles de masques ont été distinguées ; elles sont au nombre de cinq :

ARCHITECTURE	FORME URBAINE
"Casquette"	-
"Loggia"	-
"Décrochement"	Retour de bâtiment, façade opposée sur rue perpendiculaire
"Patio"	Place urbaine polygonale
"Garde-corps filant"	Vis-à-vis sur rue

Correspondance des 5 configurations architecturales  
avec des formes urbaines

Si le programme a été conçu dès le départ pour visualiser des ombres portées par des éléments architecturaux et calculer des valeurs de "f1", les correspondances entre les configurations-types de masques architecturaux et certaines formes urbaines autorisent une utilisation "analyse urbaine" du programme "MASQUES".

Dans ce cas, l'"ouverture" devient façade de logement ou façade entière d'un bâtiment, le masque architectural devient masque urbain.

Il résulte de cette petite transposition que l'on peut obtenir comme résultats :

- le dessin automatique des ombres portées sur une façade par des formes urbaines voisines, existantes ou futures.
- la valeur de "f2" pour tout ou partie d'une façade réceptrice existante ou future due à des masques existants ou futurs.

Signalons que le programme "MASQUES" sera bientôt diffusé et qu'il tourne sur BFM 186 couleurs.

# D'UNE TYPOLOGIE DES ESPACES EXTÉRIEURS À LEUR CARACTÉRISATION THERMIQUE EXPÉRIMENTALE

C. SACRE - C.S.T.B. NANTES

## INTRODUCTION

Les espaces extérieurs jouent un rôle important dans la vie sociale et économique des cités modernes, comme en témoigne la forte expansion du nombre de rues piétonnes ou de plaines de jeux. L'utilisation optimale de ces espaces nécessite la connaissance des micro-climats engendrés par leur environnement architectural ; car, sans approfondir ici la notion de confort, il est bien évident par exemple, qu'une plaine de jeux froide et ventée durant une bonne partie de l'année ne sera que très peu fréquentée.

C'est pour mieux connaître les mécanismes à l'origine de ce type de micro-climat que nous avons effectué une série de mesures dans différents espaces sélectionnés pour leurs caractéristiques architecturales et climatiques, et également en fonction de l'usage qui en est fait.

## LE CHOIX DES ESPACES

Les espaces à étudier ont été déterminés à partir d'un inventaire d'espaces caractéristiques réalisé par le C.E.R.M.A. (Centre de Recherches Méthodologiques d'Architecture et d'Aménagement) à la demande de la Division Climatologie du C.S.T.B..

La méthode mise en oeuvre par le C.E.R.M.A. a consisté en un recensement systématique sur l'ensemble de 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 de 1/2000ème 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.

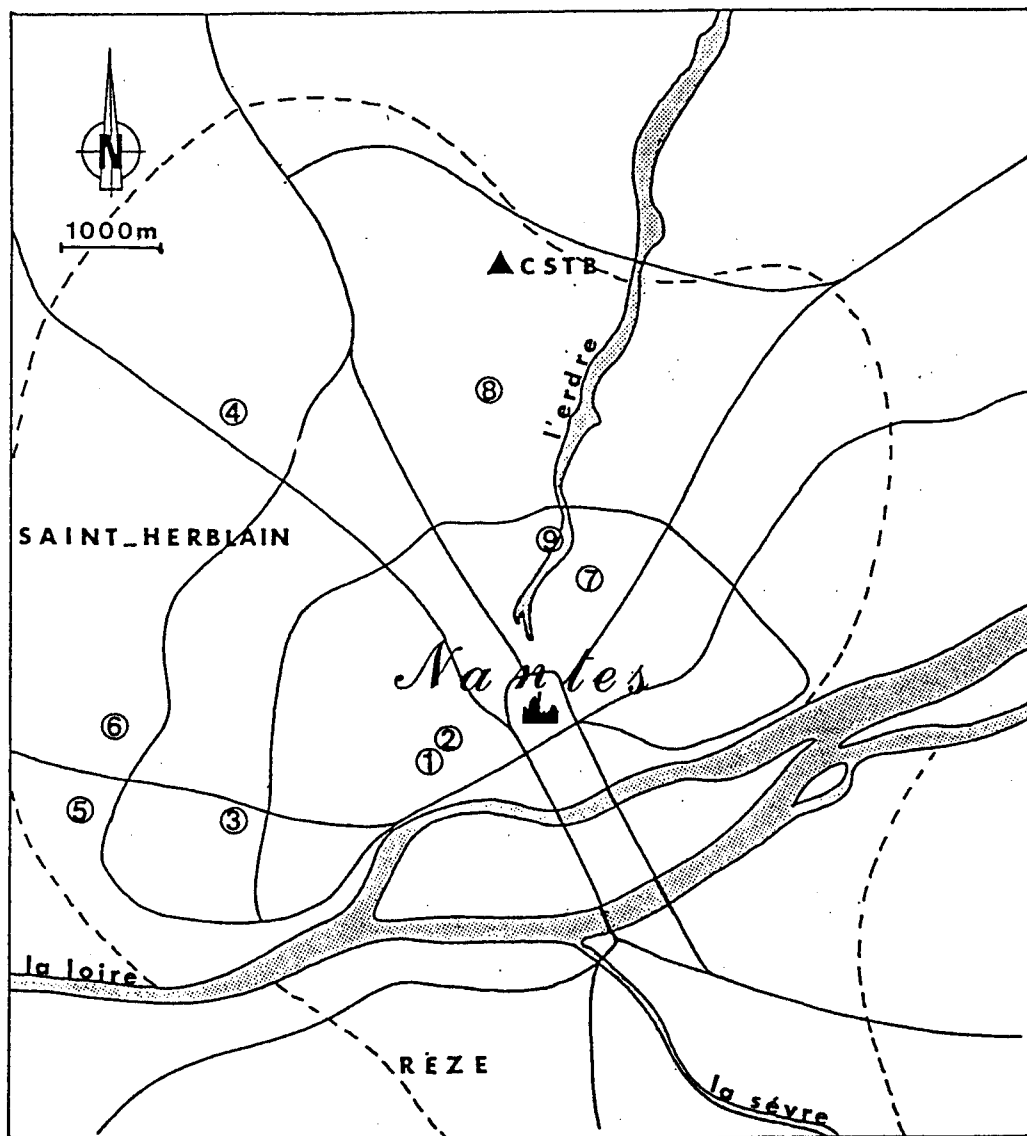
A partir de cet inventaire qui concerne 115 espaces, une sélection de 9 espaces a été effectuée en tenant compte principalement de la représentativité architecturale (type d'espace rencontré fréquemment) de la fonction (aire de jeu, place, square, rue piétonne) et de l'exposition au climat (soleil et vent).

Le tableau 1 résume les caractéristiques des différents espaces :

1	espace de communication et de repos en terrain ancien dense	Square, ombragé en périphérie
2	(R+4) du centre ville	rue piétonne commerçante
3	espace de desserte et de jeux	immeuble barre R+4 à R+7
4	entre immeubles de grands	maille rectangulaire fermée R+4
5	ensembles péri-urbains	immeuble en U R+4
6	espace de desserte et de	lotissement récent
7	repos en zone pavillonnaire	place ombragée face à une église
8	zone de promenade	parc avec vaste clairière
9	aménagée	quai, bordure de rivière

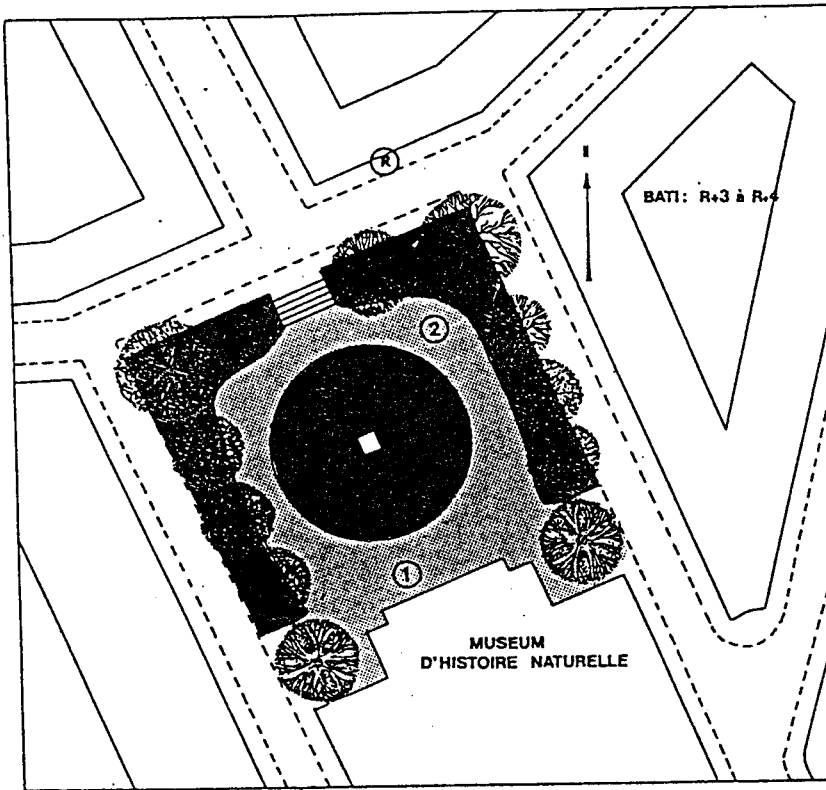
Tableau 1 : descriptif sommaire des espaces étudiés

La figure 1 permet de situer les différents espaces dans l'agglomération nantaise, et les figures suivantes (2, 3 et 4) donnent les plans masses de trois espaces particulièrement intéressants (les espaces numérotés 1, 3 et 6 dans le tableau 1). En outre, sur la figure 1 est indiqué l'emplacement de la station de mesures météorologiques du C.S.T.B. et sur les autres figures, la position dans chaque plan masse des points d'observations notés de 1 à 5 et la position d'un point de référence local noté R.



L'AGGLOMERATION NANTAISE

Figure 1 : Situation des différents espaces étudiés dans l'agglomération nantaise



**SQUARE DOCTEUR LOUIS BUREAU**

(ville de Nantes)

échelle : 5m

■ pelouse et verdure

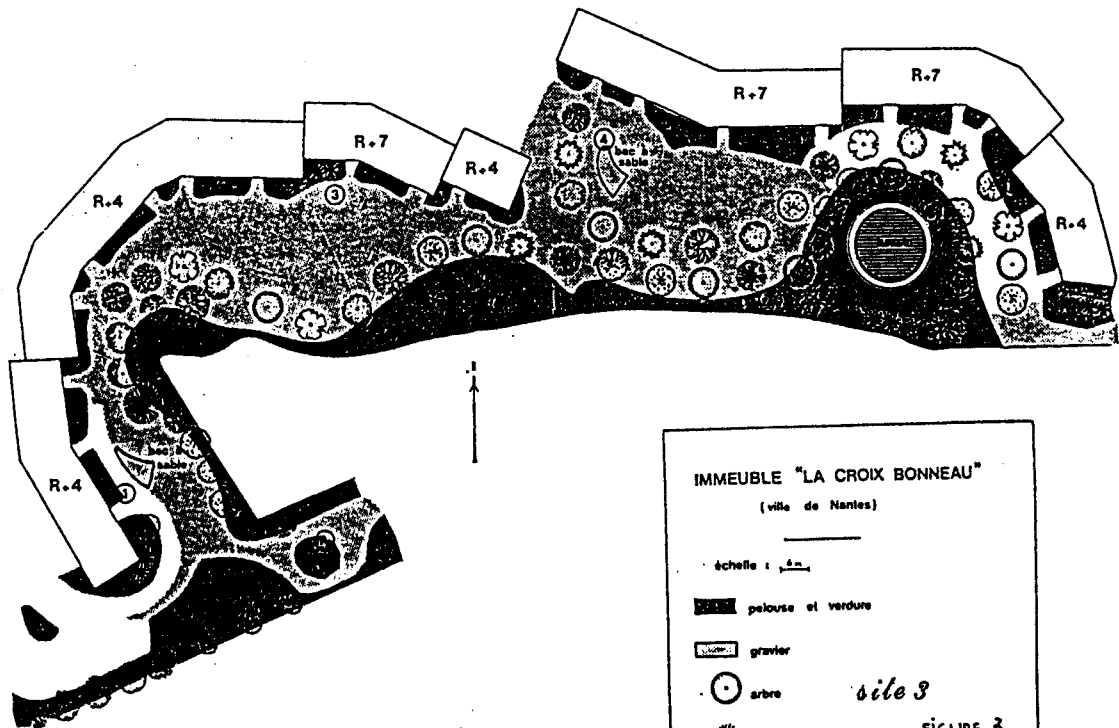
▨ gravier

○ arbre

✱ arbuste

*site 1*

FIGURE 2



**IMMEUBLE "LA CROIX BONNEAU"**

(ville de Nantes)

échelle : 5m

■ pelouse et verdure

▨ gravier

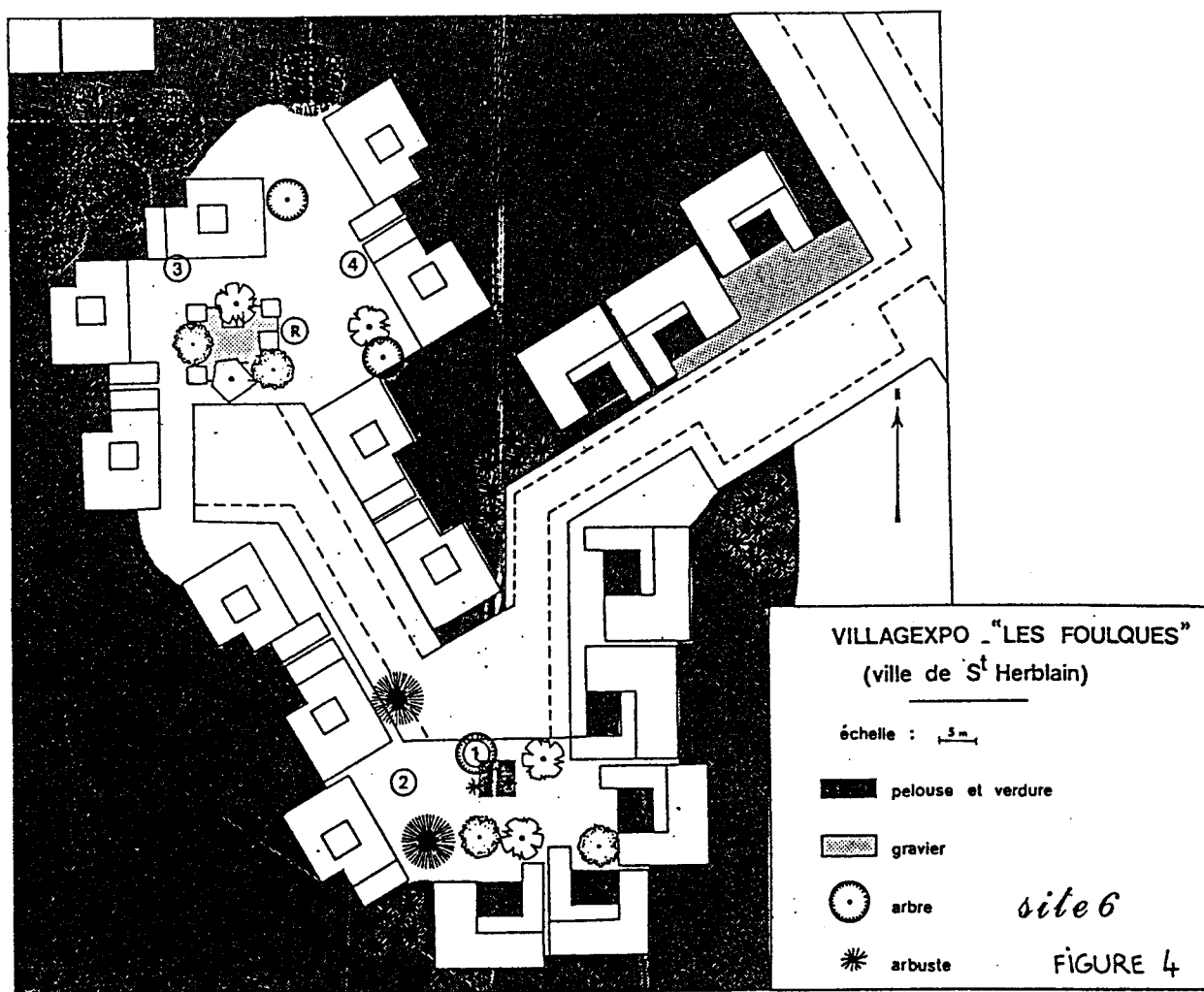
○ arbre

✱ arbuste

*site 3*

FIGURE 3.





#### LA NOTION DE CONFORT ET LES PARAMETRES MESURES

L'estimation du confort thermique dans les espaces extérieurs est un problème complexe nécessitant la connaissance de nombreux paramètres liés tant à l'environnement qu'à l'individu. Nous nous sommes intéressés à l'aspect microclimatique du confort, qui est décrit par les quatre paramètres fondamentaux que sont le vent, la température, l'humidité et le rayonnement. Remarquons que cette étude n'a pas pour objet la définition d'un critère de confort qui impliquerait l'intégration de conditions physiologiques et psychologiques propres à chaque individu.

L'écriture du bilan des échanges énergétiques à l'interface individu/atmosphère montre que les apports d'énergie thermique sont principalement dus au rayonnement solaire direct, diffus et réfléchi, et que les pertes se font surtout par convection (effet du vent). La température du milieu ambiant joue également un rôle essentiel ; l'influence de l'humidité paraît beaucoup moins importante.

Une estimation quantitative de l'équilibre des échanges énergétiques par rayonnement et convection, compte tenu de la température ambiante de l'air, peut être obtenue par un thermomètre-cylindre tel celui présenté par Choisonel (Réf. 1). Un exemplaire construit dans notre laboratoire est visible sur la figure 6 ; cet appareil consiste en un cylindre creux en aluminium, peint en noir, dont les dimensions (hauteur 40 cm,  $\phi$  10 cm) ont été calculées pour que les termes du bilan énergétique correspondent à ceux d'un individu en même situation. La température globale est mesurée par une sonde platine 100  $\Omega$  placée au centre du cylindre, aux 2/3 de sa hauteur. La figure 5 donne un exemple de la variation diurne de la température "globale" par rapport à la température de l'air et au rayonnement solaire, en absence de vent (vitesse inférieure à 0,5 m/s).

Pour caractériser le microclimat d'un espace extérieur, il faut bien évidemment pouvoir effectuer des mesures en un certain nombre de points de cet espace, afin d'élaborer dans une étape ultérieure, une carte "microclimatique" de la cour, de la plaine de jeux, du plateau piétonnier étudié. Dans ce but, nous avons construit une unité mobile de mesures des paramètres atmosphériques du confort (figure 6) à partir d'un châssis de remorque "camping" ; elle comprend un anémomètre à hélice donnant le module et la direction du vecteur vent, deux sondes ventilées pour la température sèche et la température humide, le thermomètre-cylindre et deux capteurs pour la mesure du rayonnement de courte (pyranomètre) et de grande (pyrgéomètre) longueur d'onde. L'acquisition et le traitement des données sont effectués à l'aide d'un mini ordinateur HP 85 installé dans la remorque ; l'alimentation électrique est assurée par un petit groupe électrogène.

Parallèlement, nous avons utilisé deux points de référence au cours des observations : une référence locale avec la mesure de la température de l'air et de l'irradiation globale et une référence à l'échelle de la ville, au C.S.T.B. (espace ouvert en zone pavillonnaire peu dense).

Deux campagnes de mesures ont été effectuées, l'une en été et l'autre en hiver. La campagne d'été s'est déroulée de mai à octobre ; 97 séquences de 10 minutes ont été enregistrées au cours de 51 mises en place de l'unité mobile de mesures réparties en 26 points d'observation. La campagne d'hiver, beaucoup plus courte, a eu lieu fin janvier - début février 83 ; elle a consisté dans l'enregistrement de 26 séquences de dix minutes au cours de 13 mises en place de l'unité mobile de mesures aux 13 points sélectionnés. Nous n'avons opéré qu'en période établie de beau temps avec ciel clair et vents faibles à modérés. Les mesures ont été effectuées sur la base de séquences de 10 ou 20 minutes, au cours des heures du milieu de journée (à 12 h TU  $\pm$  3 heures).

Pour l'ensemble des deux campagnes, les conditions climatiques peuvent être résumées comme suit :

- Campagne été 82

Température de l'air sous abri	$T_a = 25.7^\circ\text{C}$
Vitesse moyenne du vent à 10 m	$V = 1.8 \text{ m/s}$
Humidité relative de l'air	$H = 46 \%$
Rayonnement solaire global	$G = 635 \text{ W/m}^2$
Rayonnement atmosphérique	$La = 370 \text{ W/m}^2$

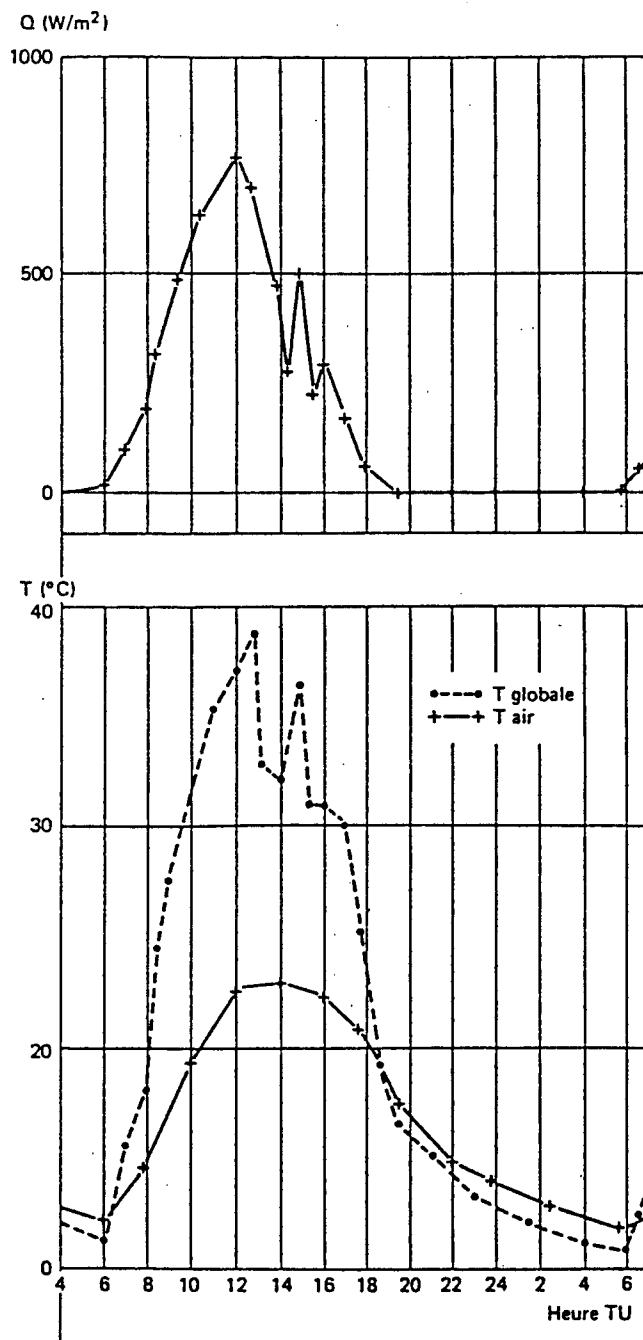


Figure 5  
 Variations diurnes de la température globale et de la température de l'air le 3 septembre 1981. Corrélation avec le rayonnement solaire Q

- Campagne hiver 82-83

Température de l'air sous abri	$T_a = 4.4^\circ\text{C}$
Vitesse moyenne du vent à 10 m	$V = 2.3 \text{ m/s}$
Humidité relative de l'air	$H = 67 \%$
Rayonnement solaire global	$G = 316 \text{ W/m}^2$
Rayonnement atmosphérique	$La = 247 \text{ W/m}^2$

#### LES EFFETS CLIMATIQUES A L'ECHELLE DE LA VILLE

La caractérisation climatique d'un site urbain, considérée globalement, pose avant tout la question du choix des points d'observation les plus représentatifs du point de vue de la climatologie du site. Nous avons retenu des points de mesures au soleil, suffisamment éloignés d'un élément perturbateur important (façades, arbres, bassins, zones à anomalies aérodynamiques...) afin de pouvoir comparer les résultats avec ceux de la station de référence du C.S.T.B..

Pour chaque site "i", la moyenne des écarts absolus entre les variables Température, Humidité, rayonnements solaires et atmosphérique, observées aux points sélectionnés et à la station de référence régionale, a été calculée :

$$\Delta X_i = \bar{X}_i - \bar{X}_{\text{C.S.T.B.}}$$

ainsi que la moyenne du rapport des vitesses moyennes du vent :

$$\Delta \bar{V}_i = \bar{V}_i / \bar{V}_{\text{C.S.T.B.}} \text{ à } 10 \text{ m}$$

L'examen des résultats permet de mettre en évidence certaines tendances climatiques caractéristiques des zones urbaines :

- l'îlot de chaleur (réf. 6) est visible en été malgré l'heure défavorable des observations (milieu de journée) : les sites du centre-ville (1, 2 7) présentent un écart positif :

$$T \approx 0.3^\circ\text{C}$$

alors qu'aux sites périphériques, la température est du même ordre qu'au C.S.T.B. (3, 5, 8). En hiver,  $\Delta T$  est négligeable même au centre-ville et été comme hiver, la direction des vents (faibles) ne semble jouer aucun rôle.

- Eté comme hiver, l'humidité relative de l'air est assez homogène sur l'ensemble de la ville ; toutefois, sur les sites proches des rivières et à l'environnement "ouvert" (sites 3, 5, 9), l'humidité est légèrement plus forte  $\Delta H \approx 7 \%$ .
- La vitesse du vent est mesurée à 10 m au C.S.T.B. et à 2 m avec l'unité mobile de mesures. Un recalage expérimental a donc été nécessaire pour estimer la vitesse du vent sur le site du C.S.T.B. à 2 m de hauteur, en fonction des observations à 10 m. Une série de mesures effectuée à la station de référence, au pied du pylone météo, a montré que :

$$\bar{V}_{2\text{m}} = 0,50 (\pm 0.05) \bar{V}_{10\text{m}}$$

toutes directions et vitesses confondues, l'influence de l'une ou de l'autre n'ayant pas été mise en évidence.

Dans la majorité des espaces (1, 2, 3, 5, 7, 8, 9) en période estivale, on a  $\Delta \bar{V}_i \cong 0.25$ , soit en tenant compte de la relation entre la vitesse à 2 m et la vitesse à 10 m :

$$\bar{V}_i \cong 0.5 \bar{V}_{CSTB} \text{ à 2 m de hauteur}$$

Ainsi, en été, la vitesse des vents faibles en ville est approximativement égale à la moitié de celle observée sur un site périphérique dégagé. Le site 6 est constitué par des pavillons de petites tailles assez éloignées les uns des autres, aussi y observe-t-on une vitesse du vent assez proche de celle du site de référence :  $\bar{V}_6 \cong 0.8 \bar{V}_{CSTB}$  à 2 m.

En hiver, et toujours pour des vents faibles, la situation est inverse ; la vitesse du vent en ville est sensiblement supérieure à celle de la station de référence :  $\Delta \bar{V}_i \cong 0.6$ , soit :

$$\bar{V}_i = 1.25 \bar{V}_{CSTB} \text{ à 2 m de hauteur}$$

Cette analyse comparative des vitesses ne doit être considérée que sur un plan qualitatif car l'écoulement de l'air dans un espace urbain dépend étroitement de la géométrie du site (réf. 3). Par ailleurs, la direction du vent, sur ces sites et pour la gamme de vitesse observée, est très fluctuante et peu significative en moyenne.

- Le rayonnement solaire global reçu sur une surface horizontale est systématique plus faible en milieu urbain qu'à la périphérie de la ville. Cet aspect est particulièrement net pour les sites les plus proches du centre ville en été (1, 2, 3, 4, 6, 7, 9), où l'on a :

$$\Delta G_{\text{moyen}} = - 70 \text{ W/m}^2$$

Ce qui correspond à une perte de 12 % par rapport au rayonnement reçu à la station du C.S.T.B.. Ce résultat est conforme à ceux obtenus au-dessus d'autres grandes villes (réf. 7). Les sites 5 et 8 plus proches de la banlieue subissent une plus faible atténuation du rayonnement solaire ( $\Delta G = - 22 \text{ W/m}^2$ , soit moins de 4 % de  $G_{CSTB}$ ).

En hiver, le déficit du rayonnement solaire des sites urbains semble plus faible (de l'ordre de 2 %).

- A l'inverse, le rayonnement atmosphérique de grandes longueurs d'onde, est plus important dans le centre ville qu'en banlieue ; les valeurs trouvées pour la ville de Nantes corroborent les résultats donnés pour d'autres villes (réf. 2) : pour les sites centraux (1, 2, 3, 7, 9) en été,  $\Delta \downarrow = + 43 \text{ W/m}^2$ , c'est à dire 11,5 % du rayonnement atmosphérique incident, alors que pour les autres sites, on observe des différences plus faibles et parfois mêmes négatives.

En hiver, les écarts ont tendance à s'atténuer; pour les sites (1, 2, 3, 7), on a  $\Delta \downarrow = + 19 \text{ W/m}^2$  en moyenne, soit 7 % du rayonnement infrarouge mesuré sur le site du C.S.T.B..

Les écarts  $\Delta T_G$  de la température globale entre les différents espaces urbains et le site de référence du C.S.T.B. ont également été analysés. Une forte tendance saisonnière se dégage :  $\Delta T_G = 1.4^\circ\text{C}$  en été alors que  $\Delta T_G = -2.4$  en hiver. Par contre, la forte sensibilité de la mesure de la température globale, aux conditions de rayonnement et à la variation de la vitesse du vent, explique la dispersion des valeurs d'un site à l'autre, indépendamment de leur situation géographique sur la ville.

La valeur de la température globale est en quelque sorte une synthèse de l'action des différents éléments météorologiques sur le confort. Il semble que les perturbations microclimatiques à l'échelle du quartier ou d'un bloc d'immeubles n'aient pas l'intensité suffisante pour influencer de manière significative sur les paramètres physiques du confort, du moins dans les conditions de l'étude ; l'analyse des résultats confirme seulement l'effet global de la ville.

#### LES EFFETS MICROCLIMATIQUES LOCAUX

L'analyse fine de chaque site montre que les caractéristiques climatiques d'un espace urbain à l'échelle de l'étude et pour des conditions de beau temps, ne sont pas homogènes et propres à chaque type d'espace, mais résultent plutôt de la superposition d'effets locaux à l'amplitude plus importante mais au rayon d'influence très limité.

#### L'EXEMPLE DU SITE N° 3 "LA CROIX BONNEAU"

La cité de la Croix Bonneau dans la banlieue Ouest de Nantes illustre bien l'influence des différents éléments architecturaux sur les paramètres microclimatiques. L'espace extérieur est situé au sud de deux immeubles de hauteur comprise entre R + 4 et R + 7. Il est décrit sur le plan 3, et la photo 6 en montre un aspect. L'espace est bordé dans sa partie sud par des arbres de 3 à 4 m de haut. Le sol est recouvert en gravillon à l'exception d'une pelouse bien entretenue autour du bassin et d'une petite bande d'herbe rase le long du mur de clôture sud. Les observations rapportées ici ont été faites au cours des journées 186 et 246 de l'année 1982 et de la journée 20 de l'année 1983. Les conditions moyennes suivantes ont été enregistrées à la station de l'établissement :

	Eté	Hiver
Température "globale"	37°	20°
Température de l'air	25°5	6°
Humidité relative	45 %	55 %
Rayonnement solaire	730 W/m <sup>2</sup>	290 W/m <sup>2</sup>
Rayonnement atmosphérique	365 W/m <sup>2</sup>	265 W/m <sup>2</sup>
Vitesse moyenne du vent	2 m/s	1 m/s
Direction moyenne du vent	NE	W SW

L'expérience d'été s'est déroulée par vent de Nord-Est, c'est-à-dire que le quartier de la Croix-Bonneau était largement soumis à l'effet climatique de la ville (fig. 3). En été, la comparaison entre les résultats précédents et les mesures à la référence locale montre en effet une diminution de

50 % de la vitesse du vent due à la rugosité et une diminution de 60 watt/m<sup>2</sup> du rayonnement solaire globale très certainement causée par un trouble atmosphérique plus important au-dessus de la ville ; par contre, le changement de température de l'air n'est pas significatif. On constate également une augmentation de la température globale de l'ordre de 1°C. En situation hivernale et pour un vent très faible ( $\leq 1$  m/s), le rayonnement solaire global est identique aux deux points de mesure, mais les températures (celle de l'air et celle du cylindre) sont inférieures de 0,5°C à la référence locale.

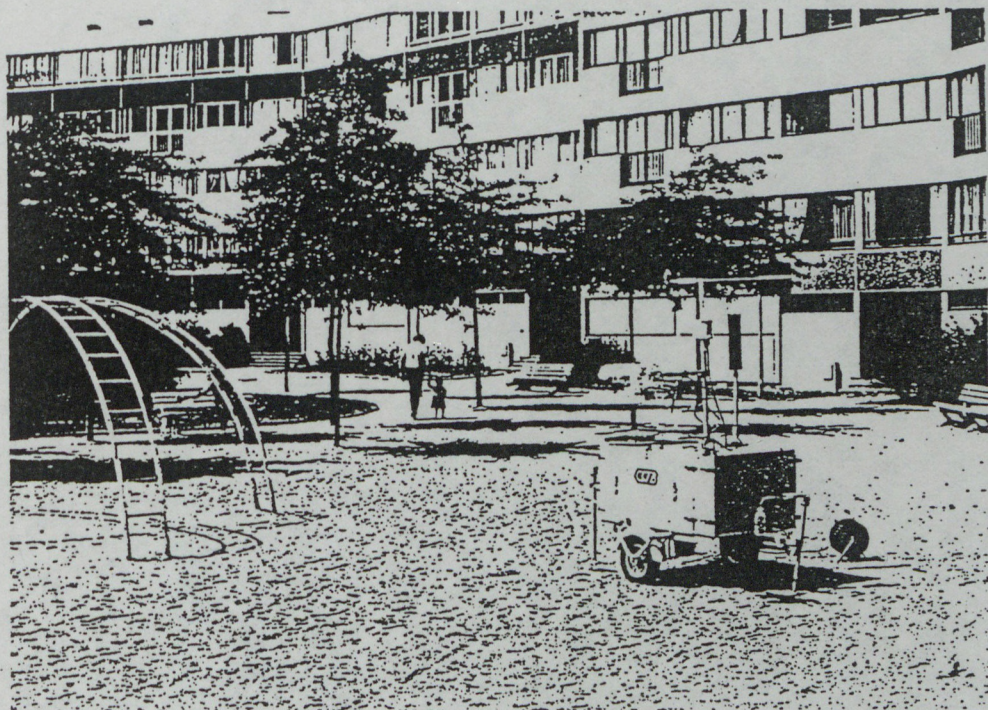


Figure 6 : La Croix Bonneau. Le système de mesures dans l'espace extérieur.

L'examen des résultats en chaque point de la cour (figure 3) est principalement basé sur l'analyse des températures du thermomètre-cylindre. Les valeurs sont données en terme de différence par rapport à la référence locale ( $\Delta X = X_{\text{point}} - X_{\text{référence locale}}$ ).

Été comme hiver, le point 1 est à l'ombre de l'immeuble l'après-midi. La température globale présente un écart de - 9,5°C en été et de - 14°C en hiver. Il faut dire que le déficit en rayonnement solaire reçu est considérable (-660 W/m<sup>2</sup> en été et -305 W/m<sup>2</sup> en hiver) et que la température de l'air y est également plus basse (-1°C en été et -0.3°C en hiver) ; de plus il semble que l'apport complémentaire de rayonnement infrarouge par la façade soit faible (par comparaison avec le point 4 : + 15 W/m<sup>2</sup> en été et + 7 W/m<sup>2</sup> en hiver).

A l'inverse, le point 3 est au soleil, à proximité de la façade sud (à 6 m l'été et 2 m l'hiver). La température globale y est nettement plus élevée qu'à la référence locale pourtant bien ensoleillée (+ 6°C en été et 2.1°C en hiver). En été, c'est au point 3 que la température de l'air et le rayonnement solaire reçu sont les plus forts (+ 0,8°C et + 82 W/m<sup>2</sup>). Mais en hiver, la température de l'air y est plus basse (- 0,4°C) et le rayonnement solaire faiblement bénéficiaire (+ 10 W/m<sup>2</sup>). Par contre, l'apport énergétique par rayonnement infrarouge de la façade est le même été comme hiver (+ 20 W/m<sup>2</sup>, par comparaison avec le point 5) malgré la différence des températures de surface (+ 44°C en été et + 20°C en hiver).

Les trois autres points présentent des conditions intermédiaires. Les mesures du point 2 ont été faites sous de petits arbres à feuilles caduques ; l'été, la température globale est assez voisine de celle du point 1 à l'ombre de la façade (- 5,3°C) alors que l'hiver, la différence avec la référence locale est relativement faible (-2,6°C). Le contraste été-hiver est encore bien plus accentué si on considère le rayonnement solaire reçu au point 2 par rapport à la référence locale : - 537 W/m<sup>2</sup> en été et - 22 W/m<sup>2</sup> en hiver. Pourtant, la température de l'air y est plus élevée l'été (+ 0,5°C) et plus basse l'hiver (- 0,2°C). Remarquons que l'hiver, la température de l'air est systématiquement plus froide dans la cour de l'immeuble qu'à la référence locale. C'est particulièrement le cas au point 4, situé assez loin des façades (≈ 15 m) et juste dans le passage entre deux bâtiments (la vitesse du vent au point 4, 0.5 m/s est supérieure à celle observée en moyenne dans la cour : 0.3 m/s ; il en est de même, d'ailleurs, en été : 1.3 m/s contre 0.6 m/s). En été, l'écart de température est le même qu'au point 2 (+ 0,5°C), mais en hiver, on observe - 0,8°C. Par comparaison avec le point 3, le plus ensoleillé, les apports par rayonnement solaires sont assez peu réduits en été (+ 59 W/m<sup>2</sup>) et même supérieure en hiver (+ 35 W/m<sup>2</sup>) ; alors que la vitesse du vent y est à peine plus forte ; pourtant la température globale y est beaucoup plus faible (+ 3.0°C en été et + 3.5°C en hiver).

Enfin, le point 5 a un comportement assez similaire au point 4. Il faut simplement noter qu'en été, la présence d'une pelouse bien arrosée et de la pataugeoire ne paraissent pas avoir pour conséquence une augmentation significative de l'humidité relative de l'air (+ 4%).

On voit les difficultés d'une description microclimatologique d'un site tel que celui de la Croix Bonneau, du fait de la variabilité des paramètres et de leur interaction. Il nous a donc semblé préférable de quantifier les facteurs microclimatiques "élémentaires" qui apparaissent à travers l'ensemble des sites étudiés, comme ayant la plus grande influence sur les données physiques du confort.

#### INFLUENCE DE QUELQUES FACTEURS MICRO-URBAINS SUR LES ELEMENTS DU CLIMAT

##### La température de l'air

Rappelons tout d'abord que les températures de l'air sont mesurées à l'aide d'un abri à ventilation forcée qui protège la sonde thermométrique des effets du rayonnement solaire, aussi nous pouvons comparer les mesures effectuées à l'ombre et au soleil.



Quelle que soit la nature du sol (asphalte, pelouse, gravillon) sur l'ensemble des sites étudiés, la température de l'air est plus élevée sur un emplacement au soleil qu'à l'ombre d'une façade d'immeuble.

En été, l'écart moyen est de  $1^{\circ}\text{C}$  et en hiver de  $0.5^{\circ}\text{C}$ . La température de l'air sous un arbre est plus forte qu'à l'ombre d'une façade en période estivale ( $+ 1^{\circ}\text{C}$ ). Dans le cas d'un parc d'une certaine importance, la température de l'air sous les arbres est même supérieure à la température de l'air sur la pelouse au soleil ( $+ 3^{\circ}\text{C}$ ). Ces résultats peuvent s'expliquer par la température de surfaces des arbres qui est supérieure à celles des façades dans des conditions similaires (de l'ordre de 2 à  $3^{\circ}\text{C}$  d'écart). Par ailleurs, et conformément aux observations de Noilhan (réf. 5), la température de l'air est généralement plus élevée près d'un mur ensoleillé, particulièrement en été (écart moyen d'été :  $+ 0.8^{\circ}\text{C}$ , et d'hiver :  $0.4^{\circ}\text{C}$ ) que dans un espace dégagé.

La figure 7 qui correspond au site 7 (immeuble en U orienté au Sud-Ouest) donne l'exemple d'un effet thermique non négligeable : il y a  $1.3^{\circ}\text{C}$  d'écart entre la température de l'air dans le coin de la cour au soleil (point 3 à 5 m des façades) et le point de référence (R), au moment de l'ensoleillement maximum.

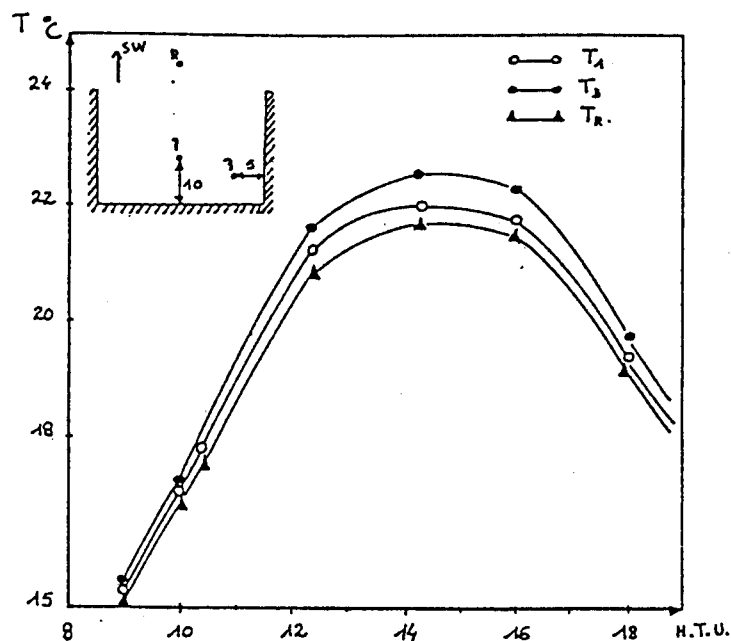


Figure 7 : Evolution diurne de la température de l'air, dans la cour d'un immeuble en U - site 5. (d'après Noilhan réf. 5).

Mesure à  $z = 1.5$  m.

L'influence de l'échauffement des surfaces par le rayonnement solaire est prépondérante à cette distance du mur puisqu'au même endroit, mais tôt le matin, il n'y a pas d'écart de température.

### L'irradiation globale

Le rôle du rayonnement solaire est essentiel dans le réchauffement de la surface du sol puis de l'air. Les points des sites où l'on observe les plus fortes températures d'air sont le plus souvent les mêmes que ceux où le rayonnement d'air solaire reçu est le plus important. Ainsi, la présence d'une façade ensoleillée augmente le rayonnement solaire reçu sur le plan horizontal.

Comme l'indiquent MILLER CHAGAS et PAUL (réf. 4), la part de rayonnement réfléchi par la façade compense largement la diminution de l'angle de vue du ciel et donc la diminution du rayonnement diffus, sauf au site 1 où la trop grande proximité de la paroi devient défavorable : le tableau 2 donne l'écart en pourcentage de l'irradiation globale observée en situation d'été, entre des points plus ou moins éloignés d'une façade ensoleillée, pour les sites 1, 3 et 5.

Site points (i - j)	1 (R - 2)	3 (3 - R)	5 (1 - R)	5 (3 - R)
Distance au mur du point 1	0,5m	5m	10m	5m (en coin)
$\frac{G_i - G_j}{G_j} \times 100$	- 5%	+ 12%	+ 8%	+ 11%

Tableau 2 : Irradiation globale près d'une façade ensoleillée

Les points à l'ombre ne reçoivent par définition que le rayonnement solaire diffus et réfléchi. En été, l'atténuation du rayonnement solaire sous un arbre est fonction de sa taille (de - 80 % sur le site de la figure 6, à - 97 % pour un sous-bois dense ; de même, l'angle de vue du ciel étant généralement plus ouvert près d'une façade que sous un arbre, la diminution du rayonnement solaire à l'ombre d'une façade sera moins importante que sous un arbre (- 86 % en moyenne).

### Le rayonnement infrarouge

En confrontant les valeurs du rayonnement infrarouge reçu en un point ensoleillé et dégagé (grand angle de vue du ciel) et en un point proche d'une façade également ensoleillée, on met en évidence que l'apport dû à la proximité de la façade chauffée (température de surface élevée) est supérieur à la perte de rayonnement atmosphérique par diminution de l'angle de vue du ciel, été comme hiver (en moyenne + 7 % avec une température de surface supérieure d'environ 15°C à la température de l'air).

D'autre part, le rayonnement de grandes longueurs d'onde est plus important sous un arbre en été qu'à l'ombre d'une façade ; cet accroissement semble corrélé avec la taille des arbres :

- + 5 % pour les petits arbustes du site 3 (figure 6)
- et + 12 % pour une double rangée de gros arbres du site 7.

Notons qu'au cours de la même période, la température de surface de la base des arbres a été trouvée supérieure de 2 à 3°C à celle des murs à l'ombre situés à proximité.

#### La température globale

La température globale est un indice de l'équilibre des échanges énergétiques par rayonnement et par convection, qui est fondamental pour l'estimation des conditions physiques du confort thermique. Durant les expériences, la vitesse moyenne du vent a été faible ( $\approx 0,5$  m/s), aussi la température globale mesurée n'a-t-elle été fonction, en première approximation, que de la température de l'air et de l'énergie rayonnante reçue par le cylindre.

La différence entre la température globale et la température de l'air présente de grands écarts entre les points à l'ombre et ceux au soleil, particulièrement à l'ombre d'une façade (en été - 11°C et en hiver - 12,5°C). Les écarts à l'ombre d'un arbre sont plus faibles (en été - 9°C), car le rayonnement infrarouge est plus important sous les arbres que devant la façade à l'ombre et la température de l'air y est plus élevée.

Enfin, la différence entre la température globale et la température de l'air est plus importante pour les points placés près d'un mur ensoleillé, que pour les points ayant un angle de vue du ciel beaucoup plus ouvert (+ 5°C été comme hiver).

#### CONCLUSION

Les espaces extérieurs sont généralement fréquentés de jour par beau temps. C'est pourquoi nous avons étudié quelques particularités climatiques d'une zone urbaine au cours de journées ensoleillées et peu ventées. Au niveau d'une ville comme Nantes (environ 400 000 habitants), on peut distinguer trois échelles climatologiques, une échelle globale où se manifestent des phénomènes bien connus (îlot de chaleur, relation pollution-rayonnement incident, rugosité de la ville...) et deux échelles d'ordre inférieur pour lesquels les résultats sont encore peu nombreux, mais permettent de dégager des tendances : à l'échelle d'un groupe d'immeubles, d'un parc, d'un lotissement, d'une place ou d'une rue (échelle intermédiaire), les observations que nous avons effectuées montrent l'inexistence de particularités climatiques ayant une amplitude suffisante pour influencer les conditions de confort thermique (de jour en période de beau temps). Au contraire, c'est à l'échelle locale que les variations de la température globale d'un point à un autre sont les importants car le fait d'être à l'ombre ou au soleil, sous un arbre ou à proximité d'une façade entraîne de gros écarts dans les apports radiatifs et des différences de charges thermiques non négligeables du point de vue du confort.

BIBLIOGRAPHIE

- CHOISNEL E. : "Etude des échanges thermiques de l'homme en plein air. Applications au cas d'un environnement froid", La Météorologie, VIème série, n° 5, pp. 85-106, 1976
- ESTOURNEL C., VEHIL R., GUEDALIAD, FONTANT J., DRUILHET A. : "Observations and modeling of Downward radiative fluxes. (Solar and Infrared) in urban/rural areas", J. Clim. Appl. Meteorol., 22 ; pp. 134-142, 1983
- GANDEMER J. et BARNAUD G. : "Inconfort dû au vent aux abords des bâtiments. Etude aérodynamique du champ de vitesse dans les ensembles bâtis, étude complémentaire", C.S.T.B. ADYM. 1-75, 1975
- MILLER CHAGAS Ph. et PAUL P. : "Configurations urbaines : apports énergétiques et microclimats. Etude des espaces extérieurs de trois ensembles à Strasbourg", Plan Construction - ARIAS Strasbourg, 1980
- NOILHAN J. : "Contribution à l'étude du microclimat au voisinage d'un bâtiment" C.S.T.B. EN CLI. 80.1.L., 1980
- OKE T.R. : "The energetic basis of the urban heat island", Quart. J. Roy, Meteorol, Soc. 108, 1-24, 1982
- PETERSON J.T., FLOWERS E.C., RUDISILL J.H. : "Urban-rural Solar Radiation and atmospheric turbidity measurements in the Los Angeles basin", J. Appl. Meteorol, 17, pp. 1595-1609, 1978

Pour en savoir plus sur cette étude :

- SACRE C. : "Le confort dans les espaces extérieurs : Analyse microclimatique" C.S.T.B. EN-CLI 83-5.R, 1983

Annexe : "Inventaire d'espaces caractéristiques" par le C.E.R.M.A.

Cette étude a été financée par le Plan Construction et Habitat - Contrat n° 80 81043

## DU DIAGNOSTIC À L'EXPÉRIMENTATION EN SOUFFLERIE: CONTRIBUTION À LA CONCEPTION DES ESPACES URBAINS

J. GANDEMER - C.S.T.B. NANTES

### AVANT PROPOS

L'ambiance dans les espaces extérieurs est déterminée par un certain nombre de facteurs. Le vent représente un des paramètres climatiques dont les manifestations conditionnent grandement le désagrément ressenti par l'homme.

Il y a une dizaine d'années, le phénomène vent était volontiers considéré comme une fatalité. Progressivement, les architectes et les aménageurs contemporains, avec l'aide des scientifiques, ont appris à dominer ce facteur climatique et à l'utiliser, même, pour tempérer certains espaces.

Dans un premier temps, la prise en compte du vent a pu être considérée comme une contrainte supplémentaire venant augmenter le lourd cahier des charges d'un programme d'aménagement. Cependant, certains scandales climatiques dans des grands ensembles ou dans des espaces désertés ont incité les concepteurs à mener une réflexion dans ce domaine. Les climatologues et aérodynamiciens de l'environnement se sont alors efforcés de mettre au point des méthodes et des outils de simulation permettant de reproduire et de mieux comprendre les effets du vent dans les ensembles bâtis. L'approche entreprise à l'échelle internationale s'est révélée convaincante et les confrontations sur le terrain ont contribué à forger un outil expérimental quantitatif : "les souffleries atmosphériques".

Si, parallèlement, des recherches poussées ont essayé de proposer des modèles numériques, l'utilisation de ces derniers reste encore très limitée et ne rend compte que de situations trop simplifiées.

Dans la majorité des cas et compte tenu de la complexité de l'environnement (topographie, rugosité bâtie, etc...), de la nature turbulente du vent (instationnarité des phénomènes) et des interactions entre masses bâties, les études en soufflerie se sont montrées par leur souplesse et leur fiabilité la véritable approche opérationnelle.

Le concepteur a commencé à utiliser cet outil afin de "sauvegarder" ses espaces ou d'éviter dans son programme les "accidents aérodynamiques". Fort de cette expérience, il a aussi trouvé remède à l'existence d'anomalies aérodynamiques, ou par la suite développé le confort et le bon fonctionnement de ses espaces.

## LE CONFORT ET LE VENT DANS LES ESPACES EXTERIEURS

### 1/ Le vent dans les espaces extérieurs

La construction de grands ensembles et de tours très élevées, l'implantation de villes nouvelles dans des sites à topographie marquée, on fait prendre conscience des problèmes de confort que pouvait poser l'écoulement du vent dans les espaces extérieurs. Ce type de construction, dont l'échelle est grande vis-à-vis de celle du vent (avec une importance toute particulière du paramètre hauteur), a conduit à des anomalies aérodynamiques résultant de dispositions ou de formes de bâtiments, ne prenant pas en compte le phénomène vent et ont provoqué parfois des gênes importantes.

Dans le cadre de ces problèmes d'intégration du phénomène vent en milieu bâti, la démarche de protection (mobiliers urbains, brise-vent, végétation, etc...) peut aussi bien être un affinage du micro-climat sur le plan masse, qu'être curative vis-à-vis d'un accident aérodynamique type : l'intervention consistera alors à contrôler les écoulements au moyen de traitements aérodynamiques spécifiques sans intervenir sur la disposition générale du plan masse. Dans certains programmes, c'est par contre la démarche inverse -de ventilation- qui sera recherchée, soit pour résoudre les problèmes de pollution, soit pour accélérer le mouvement de renouvellement d'air (pays chaud et humide).

### 2/ Le vent et les écoulements autour des bâtiments

Dans les basses couches (de 0 à 500 mètres), la rugosité du sol (végétation, constructions), induit des forces de frottement, qui réduisent la vitesse moyenne du vent et créent une agitation importante dite "turbulence". Les écoulements entre les ensembles bâtis résultent de l'interaction complexe entre le vent et les constructions : le vent incident (sa vitesse, sa turbulence, etc...) est fonction de la hauteur et de la nature de la rugosité, du relief ou de la topographie. Les bâtiments sont des obstacles qui induisent des zones de pressions différentes : leurs formes, leurs dimensions et leur juxtaposition modulent les écoulements. De là, vont naître des écoulements plus ou moins rapides et tourbillonnaires qui sont des sources de nuisances pour le piéton.

D'une façon générale, plus les masses construites ont des dimensions importantes (hauteur) par rapport à l'échelle de turbulence, plus leur rôle est prépondérant dans le modelé des écoulements. On comprend aisément que la connaissance de tels phénomènes ne peut être abordée qu'expérimentalement et qu'il a fallu mettre au point des outils de simulation particulièrement sophistiqués.

### 3/ La notion de confort

La notion de gêne due au vent est difficilement quantifiable. Elle s'appuie en effet sur plusieurs critères : le vent oppose au corps humain qui forme obstacle une force d'autant plus importante que la vitesse est élevée. La variabilité de cette force dans le temps et dans l'espace oblige le piéton à une adaptation permanente. A la notion d'instabilité qui en résulte, s'ajoute l'action thermique (les échanges thermiques et physiologiques entre le corps humain et le milieu extérieur sont perturbés). Les notions de confort ou d'inconfort vont dépendre aussi de l'activité de l'individu, ou de la destination du lieu (terrasse de café ou aire piétonnière), du climat

(en pays chaud et humide, on recherche plutôt la ventilation), des conditions météorologiques (humidité, température, précipitations, soleil) et même du contexte physique ou physiologique de l'individu. Il est clair qu'il est impossible d'englober tous ces paramètres dans la définition d'un critère unique de nuisance du vent, seule la gêne dynamique est prise en compte. Le paramètre de nuisance  $\psi$  adopté internationalement se propose d'intégrer le module de la vitesse moyenne  $\bar{U}$  (c'est-à-dire la force du vent) et l'instabilité du vent, caractérisé par le niveau de turbulence et représenté par son écart type .

La gêne est alors décrite par le groupement adimensionnel suivant la hauteur  $z_r$ .

$$\psi = \frac{\bar{U} + \sigma}{\bar{U}_r + \sigma_r}$$

où la vitesse moyenne et l'écart type sont définis à la même hauteur que celle de  $U$  et  $\sigma$ , mais sans la présence du plan masse ou à l'amont de ce dernier en zone dégagée.

La définition du seuil d'inconfort ou de mauvais fonctionnement d'un espace intervient plus ou moins arbitrairement. L'important est que les scientifiques, d'une part, et les concepteurs, d'autre part, "visualisent" le même évènement. Plusieurs "situations" de référence peuvent être nécessaires à la description climatique d'un espace. Les évènements ne représentent rien en soi, s'ils ne sont pas associés à une fréquence de dépassement, c'est-à-dire à une durée, annuelle par exemple, pendant laquelle le seuil évoqué est atteint ou franchi. Cette durée, exprimée en nombre annuel d'heures de nuisance peut être pondérée par la saison ou le cycle jour-nuit.

L'acceptabilité de cette fréquence dépend des zones d'activités ou de la destination des lieux qui ont été décidés dans le plan masse. On peut admettre un dépassement de 50 % si la zone en question n'est pas accessible par le piéton comme un couloir d'accès automobile, mais un dépassement limité à quelque pour cent pour une terrasse de café (voir tableau).

activités	limite supérieure de la gêne pour un confort convenable en % du temps annuel (1)
station immobile prolongée terrasse de café, théâtre en plein air, piscine, etc...	quelques %
station immobile courte jardin public, aire de jeux, rue commerçante, galerie, etc.	5 %
marche normale promenade pédestre, passage piétonnier, entrée d'immeuble, etc...	10 %
marche rapide parc automobile, trottoir d'avenue, belvédères, etc...	20 %

(1) seuil de la gêne considéré : vitesse moyenne 5 m/s - variation :  $\pm 1$  m/s autour de la moyenne

METHODE D'INTEGRATION DU PARAMETRE VENT  
DANS LA CONCEPTION DE L'ENVIRONNEMENT

1/ Acuité du paramètre vent dans les programmes d'aménagement

L'acuité des effets du paramètre vent est pondérée par un certain nombre de clés :

L'exposition climatique :

A partir des données météorologiques, on peut connaître "l'histoire" des vents qui affectent la région. On distingue des vents dominants, forts ou faibles, etc..., en fonction de leur fréquence et de la direction.

La topographie du site :

Les dénivelés, les reliefs locaux, la topographie canalisent le vent, dévié et véritablement modelé par le site ; ces effets peuvent être accrus par l'existence de changements de rugosité comme la présence d'un plan d'eau, d'une forêt ou d'un milieu urbanisé. Ces modifications non décrites par les données météorologiques voisines peuvent localement conduire à des situations particulières -très exposées ou "déventées"- dont il faudra tenir compte.

La nature de l'urbanisation :

Les écoulements entre les ensembles bâtis résultent de l'interaction complexe entre le vent et les constructions, plus les masses bâties autour sont de dimensions importantes (hauteur, linéaire plein), plus leur rôle sera prépondérant par rapport à l'échelle de turbulence du vent ; au niveau du sol, la possibilité d'un risque climatique sera largement accrue par la création d'une zone à écoulement rapide ou fortement tourbillonnaire. L'ambiance régnant au pied de certains grands immeubles illustre parfaitement cette méconnaissance.

La qualité climatique des espaces :

La réussite d'un espace et son existence fonctionnelle supposent une prise en compte poussée des paramètres climatiques et notamment du vent (protection, mais aussi ventilation). Chaque espace, par ses activités, a ses propres contraintes ; l'espace piscine, la rue piétonnière ou le parking n'auront pas le même cahier des charges. Le rôle des responsables du programme est déterminant dans le choix des secteurs à "travailler climatiquement".

La spécificité des programmes :

Dans les différentes actions menées par les architectes et les concepteurs, le point de vue de la gêne ou du confort des espaces ne peut être qu'une partie de la réflexion climatique ou se conjuguer avec d'autres types de préoccupations liées au vent, tout en gardant leur caractère "environnement".

Dans certains programmes, ce n'est plus l'homme qui sera directement concerné, mais la protection de "machines". L'exemple type est celui du "micro-climat" des hélicoptères en centre-ville.



Pour résoudre les problèmes de pollution urbaine ou pour accélérer les mouvements de renouvellement d'air (ventilation naturelle en pays chaud et humide), la démarche inverse de ventilation sera recherchée.

L'existence d'un aérosol lourd, tel que le sable, compliquera le contrôle des ambiances climatiques. De même, le rejet d'effluents viciés (ventilation d'un tunnel, centrale de chauffage...) nécessitera une étude particulière.

L'adoption d'énergies douces, telles que les énergies solaire ou éolienne, demandera une optimisation poussée des implantations des capteurs, compte tenu des déperditions calorifiques par convection forcée pour l'une, et des effets de sillage pour l'autre.

Enfin, la tenue au vent et le dimensionnement des mobiliers d'aménagement feront partie des réflexions dont le concepteur aura à se préoccuper.

En conséquence, un programme sera jugé (ou non) "sensible" ou "préoccupant" vis-à-vis du paramètre vent en fonction de la première analyse et une réflexion spécifique (théorique et expérimentale si possible) devra en découler si l'on veut contrôler efficacement l'ambiance climatique des espaces considérés.

## 2/ Le diagnostic et la problématique du micro-climat

Pour les programmes classiques tant au niveau des formes bâties que des tissus urbains, les scientifiques de l'environnement ont mis au point des guides d'aide à la conception climatique des espaces (\*). Ces guides permettent de déceler de manière théorique les accidents aérodynamiques susceptibles d'apparaître dans un programme et les manières d'éviter ou de remédier à ces anomalies tant au niveau de l'organisation des masses bâties que des traitements des espaces par le jeu d'aménagements particuliers tels que brise-vent, mobilier urbain, végétal, etc...

Cet outil apporte une aide considérable aux concepteurs, mais présente ses limites :

- l'approche reste essentiellement qualitative et les niveaux proprement dits d'inconfort ne peuvent être que mal estimés ;
- l'expérience montre aussi que ce type d'expérience a tendance à dramatiser les situations ;
- les interactions entre le programme proprement dit et l'environnement sont quasi imprévisibles, ce qui pose le problème de l'éventuelle amélioration de l'ambiance climatique du programme au détriment des secteurs avoisinants.

Par conséquent, si cette démarche reste globalement positive (notamment pour les programmes démunis de supports financiers pour ce type d'étude, on préférera grandement une approche expérimentale sur maquette en soufflerie atmosphérique reproduisant le phénomène vent et notamment sa turbulence.

## 3/ L'approche expérimentale en soufflerie atmosphérique à l'échelle du 1/200e

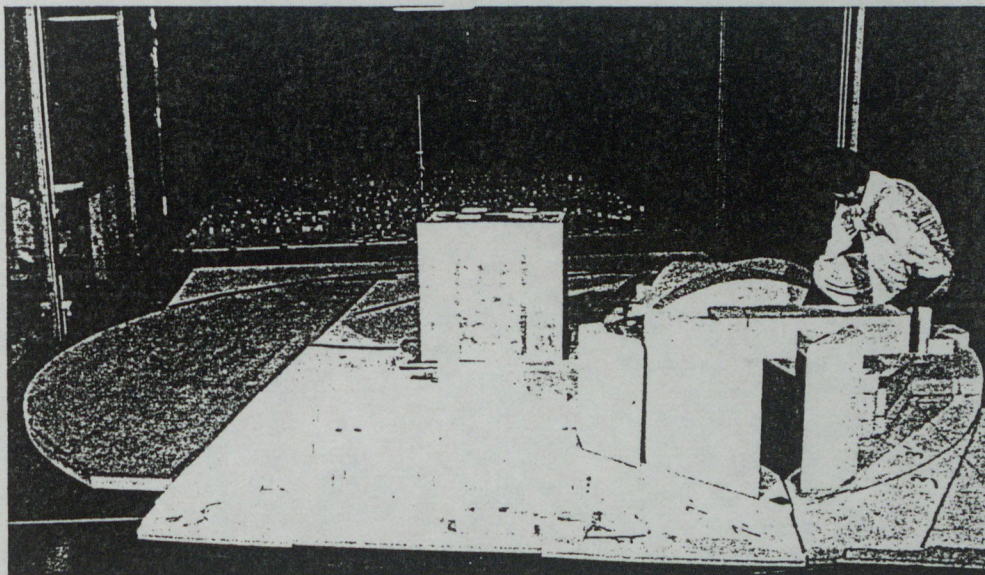
Les aérodynamiciens du bâtiment, à la manière des avionneurs il y a quelques années, ont donc pensé à reproduire à échelle réduite les phénomènes

(\*) Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti, guide méthodologique et conseils pratiques ; la protection contre le vent aérodynamique des brise-vent et conseils pratiques, J. GANDEMER et A. GUYOT ; diffusion CSTB

ques dizaines d'années, ont donc pensé à reproduire à échelle réduite les phénomènes vent dans les basses couches atmosphériques et ont mis au point des souffleries d'un type particulier dites "à couche limite" ou encore "atmosphérique". L'approche sur maquette est bien évidemment particulièrement intéressante dans la mesure où les phénomènes peuvent être quantifiés dans leur contexte, tout en permettant un contrôle aisé et en restant dans des coûts d'étude relativement faibles.

Ces souffleries possèdent des veines d'expérience très longues qui, par le jeu des générateurs de tourbillons et de rugorités, modèlent le flux afin de lui donner la texture turbulente et de reproduire l'histoire du vent naturel. L'approche est empirique et repose sur des données en vraie grandeur obtenues de par le monde par les climatologues.

Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (C.S.T.B.) possède à NANTES l'une des plus grandes souffleries atmosphériques actuelles (\*). Cet outil de simulation particulièrement performant reproduit les différents types statistiques de vent (mer, campagne, banlieue et centre-ville) dans la gamme d'échelle allant du 1/1500e (étude d'effets topographiques) au 1/100e (réponse dynamique des structures, ventilation naturelle des cellules, etc.)



Soufflerie atmosphérique du C.S.T.B.  
Vue intérieure de la veine expérimentale

Les études d'environnement (confort des espaces extérieurs, pollution, etc.) se font en général sur des maquettes volumétriques à l'échelle du 1/200e. Cette échelle représente le meilleur compromis entre les conditions de similitude (nombre de Reynolds), la dimension et l'état de surface des maquettes (avec l'environnement à reproduire), et les technologies de mesures anémométriques (position des sondes, dimension de ces dernières, etc...). Ainsi, la variation de la vitesse moyenne avec la hauteur, l'agitation ou la turbulence associée, la dimension des tourbillons (échelle dynamique) et leur énergie seront reproduites à l'échelle du modèle.

Au-delà de ce vent statistiquement semblable au vent naturel, l'environnement proche sera reproduit correctement autour de la zone explorée ou bâtiment étudié. On a pu vérifier qu'il est nécessaire de reproduire de manière

(\*) Longue de 20 m et large de 4, elle présente une hauteur variable (de 2 à 3,5 m) ajustable en ligne de courant. Son sol est lui-même à hauteur variable et permet d'étudier des maquettes topographiques. La vitesse maximale du vent produite supérieure à 30 m/s.

fidèle l'environnement immédiat sur un rayon de 300 mètres autour du secteur concerné. Il n'est donc pas rare d'avoir des maquettes à l'échelle du 1/200e couvrant en soufflerie un cercle de 4 mètres de diamètre. Bien que grandes, ces maquettes essentiellement volumétriques restent très sommaires et peu coûteuses. Elles peuvent par exemple être réalisées en polyuréthane et présenteront un caractère aussi évolutif que possible.

La direction moyenne du vent étant fixée par l'axe de la soufflerie, le modèle testé et son environnement tournera sur lui-même pour permettre la scrutation des différents secteurs de vent (relativité vent - environnement respecté).

Des technologies de mesures instantanées de vitesse (de pression ou de force si nécessaire) permettent de quantifier directement les écoulements et leurs caractéristiques.

Les résultats des mesures sont donnés de manière adimensionnelle, c'est à-dire rapportés à la vitesse amont du vent soufflerie ou encore à sa pression dynamique. Par un jeu de coefficients de proportionnalité, les rapports adimensionnels obtenus en soufflerie pourront être transposés en valeur absolue de vitesse, de pression ou de force compte tenu d'une force de vent donnée.

Différentes hypothèses d'aménagement peuvent être aisément testées et leur quantification effectuée. En outre, l'impact et les répercussions des différentes solutions envisagées sur les zones voisines peuvent être parallèlement estimés. Cette démarche est particulièrement efficace et permet aux concepteurs de se situer très rapidement dans leur choix. Cette action est menée en symbiose étroite avec les ingénieurs du bâtiment et les architectes. L'optimisation des systèmes se fait par une suite d'actions itératives, et l'ingénieur aérodynamicien ira jusqu'à aider les concepteurs lors de l'interprétation pratique des concepts aérodynamiques mis au point en soufflerie.

Pour compléter nos informations sur la méthode et la qualité des résultats obtenus, nous avons indiqué :

En annexe 1 : Le détail, phase par phase, de cette méthode d'investigation qui permet d'intégrer les données météorologiques, l'implantation de l'environnement proche et toutes les caractéristiques aérodynamiques du programme.

En annexe 2 : Une confrontation entre le champ de vitesse (ambiance climatique d'un stade) obtenu en maquette en soufflerie à l'échelle du 1/200e et les données vraie grandeur correspondantes. L'accord est tout à fait satisfaisant.

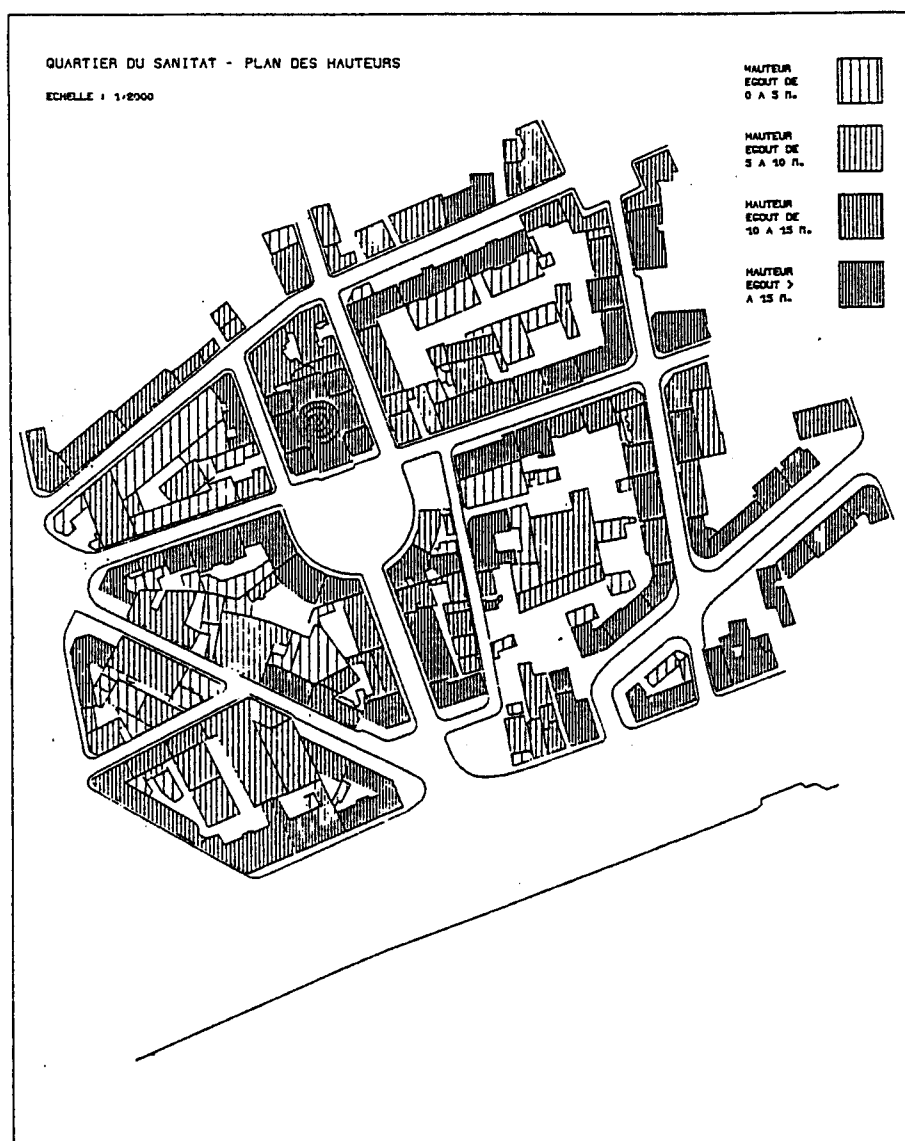
#### 4/ Remarque sur approches plus qualitatives

La mise au point d'outils pédagogiques ou qualitatifs tels que les visualisations par enduits ou par fumée, ou même par chronographie laser (qui autorise quelques interprétations quantitatives) peuvent apporter des informations intéressantes sur l'existence des accidents aérodynamiques et facilitent grandement le dialogue avec les urbanistes et les architectes.

Les petites souffleries à couche limite pour lesquelles les conditions de reproduction des phénomènes sont plus approchées compte tenu de la simulation du vent et de l'emploi de maquettes à échelle inférieure au 1/200e conduisent néanmoins à des résultats intéressants en fixant les ordres de grandeur des phénomènes et par là même autorise un travail de conception très intéressant en regard du coût dérisoire qu'elles nécessitent. Les limites de cette approche sont exposées dans un exemple pratique.

EXEMPLE DE PROGRAMME SUR LA CARACTERISATION DES AMBIANCES EXTERIEURES :  
LE QUARTIER DU SANITAT A NANTES

Le quartier du Sanitat à NANTES devant être aménagé avec implantation d'activités demandant un bon niveau de confort (zone piétonnière, aire de stationnement et de détente, etc...), une étude sur l'exposition climatique des espaces a été entreprise (C.S.T.B. - U.P.A.N.)



1/ Le diagnostic théorique (voir tableau et repérage des points étudiés)

Les secteurs des vents dominants sont l'Ouest et le Sud-Ouest, ainsi que le Nord-Est.

On peut penser que compte tenu de l'effet de masque introduit par la Ville de NANTES, le quartier du Sanitat ne présente pas une exposition marquée au vent de Nord-Est (excepté en zone 4 et 39 en "contournement de coin").

Par contre, le secteur Ouest et surtout le secteur Sud Ouest peut induire l'existence d'accidents aérodynamiques tels que les effets de survitesse : le long des quais, par exemple, le flux va longer la lisière bâtie.

De même, le vent va pénétrer dans les brèches et les alvéoles si ces dernières peuvent "débiter". La zone 7 (voir plan de repérage) doit être le siège d'une forte accélération. Si le plot bâti central (au coeur des points 40-3-15-16-14-12-10) est supprimé comme une option d'aménagement le suppose, le vent s'engainera sur une bonne distance dans la rue d'axe Sud-Ouest - Nord-Est (points 14-18-20).



Position des points de mesure communs aux deux approches  
(1/400 ème et 1/200 ème)

En conclusion, le programme d'aménagement, s'il ne déborde pas trop le long des quais (pour lequel l'exposition au vent de Sud-Ouest restera) devra verrouiller par du bâti ou des éléments brise-vent particuliers toute l'entrée de l'alvéole ou de la place évoquée (en continuité de la frange urbanisée le long de la voie).

## 2/ La visualisation par enduit

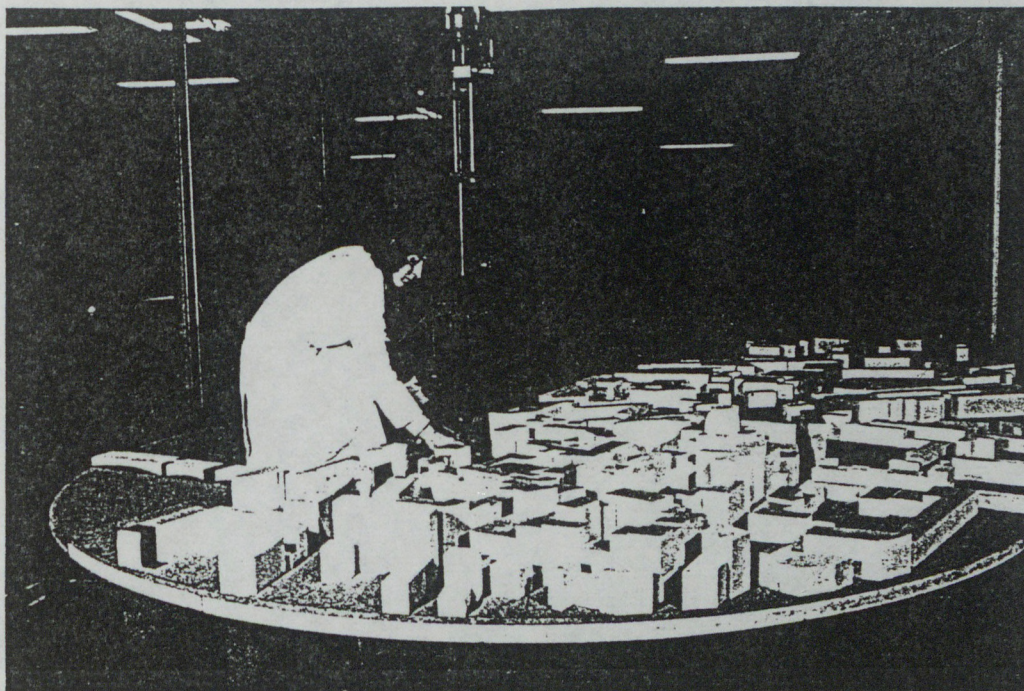
Réalisée sur une maquette au 1/400e avec une absence flagrante d'environnement amont, le Sud-Ouest ne laisse pas apparaître dans la place considérée d'évènements aérodynamiques particuliers.

La méthode confirme par contre un fort balayage des zones entre la Loire et la frange urbanisée.

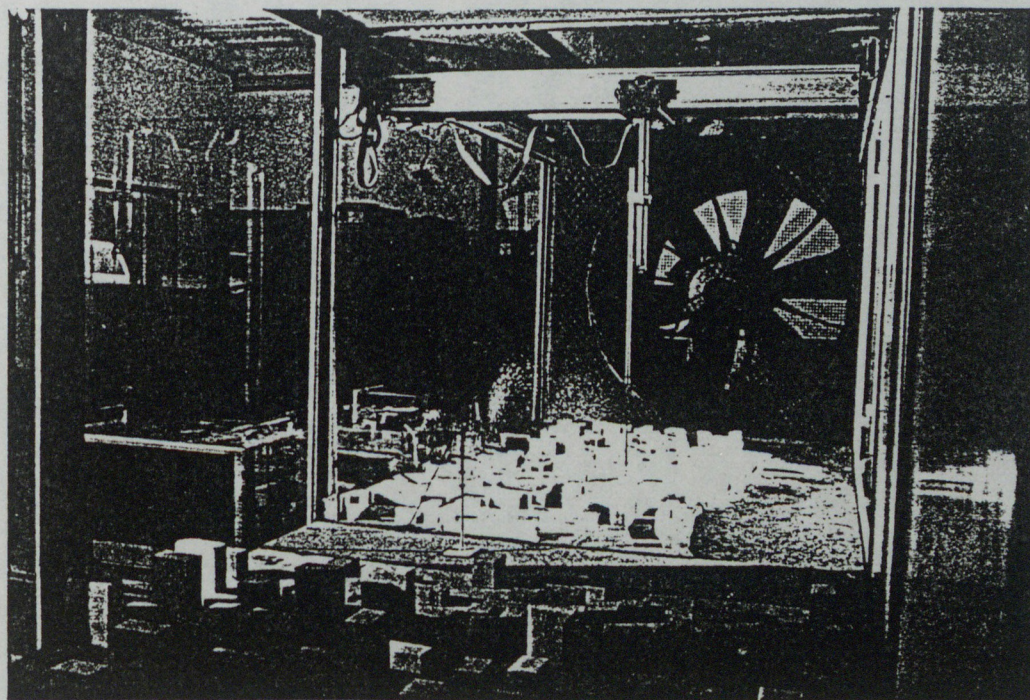


3/ L'approche en soufflerie atmosphérique au 1/200e et en soufflerie à couche limite au 1/400e

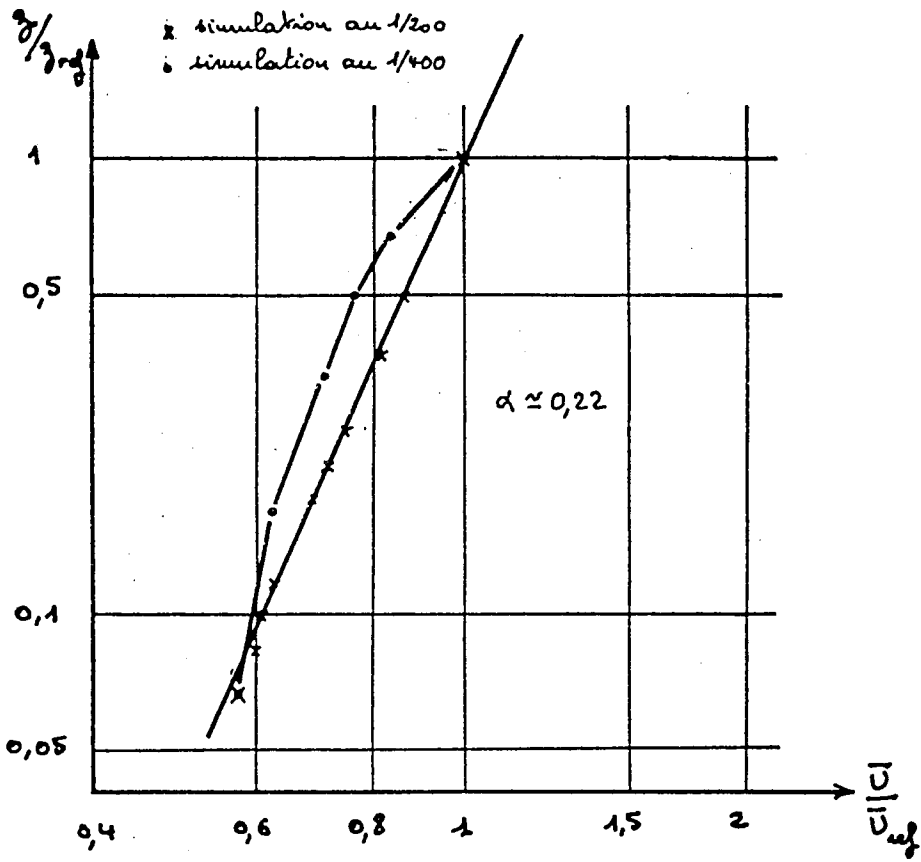
Les conditions de simulation



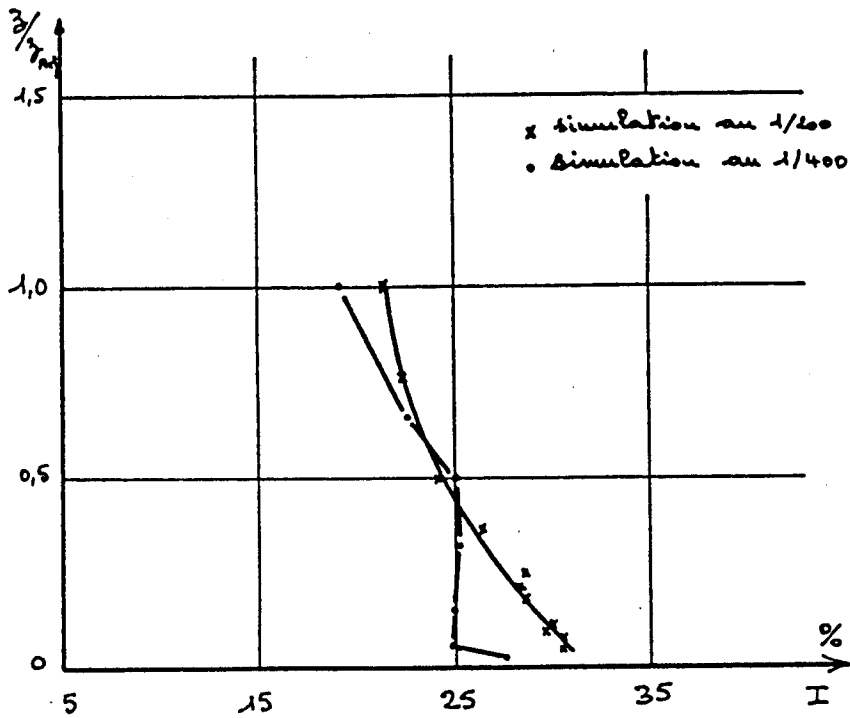
Simulation du vent de type banlieue à l'échelle du 1/200e dans la soufflerie du C.S.T.B.



La maquette au 1/400e dans la soufflerie de l'Unité Pédagogique d'Architecture de NANTES



Gradients verticaux de vitesse moyenne



Profils verticaux d'intensité de turbulence



Les deux maquettes sont géométriquement semblables, mais dans le cas du 1/400e, l'environnement amont n'a pas été reproduit.

Les caractéristiques expérimentales des deux vents simulés, gradient vertical de vitesse moyenne et distribution de l'intensité de turbulence, sont indiquées dans les planches ci-après.

Les références vraie grandeur d'un vent de type statistique banlieue sont :

$$\text{- pour le gradient de vitesse } \frac{Uz}{U_{\text{ref}}} = \frac{z}{z_{\text{ref}}}$$

environ 0.23 à 0.25

- pour l'intensité de turbulence, environ 25 % à  $z = 30 \text{ m}$  ( $z/z_{\text{ref}} = 0.5$ ),  
et 30 % au niveau des 5 m au-dessus du sol.

On constate donc que la simulation au 1/400e est très approximative, le profil de vitesse moyenne ne suit pas la loi en puissance (ni la loi logarithme qui peut être une approche comparable), et la distribution d'intensité de turbulence est sous-estimée dans les basses couches. La simulation au 1/200e est bonne.

## 2/ Dépouillement des résultats et confrontation

Les valeurs du paramètre  $\Psi = \frac{U + \sigma}{U_r + \sigma_r}$  ont été déterminées pour quarante points situés de façons homologues sur les deux plans masse.  $\bar{U}_r$  et  $\sigma_r$  sont la vitesse moyenne et l'écart type associé à la référence située en zone dégagée à une hauteur égale à 60 mètres en vraie grandeur (30 cm au 1/200e et 15 cm au 1/400e).  $U$  et  $\sigma$  : vitesse moyenne et écart type au sein du plan masse à la hauteur du 1,6 m vraie grandeur (8 mm au 1/200e et 4 mm au 1/400e).

La comparaison entre les valeurs de  $\Psi$  indique que globalement :

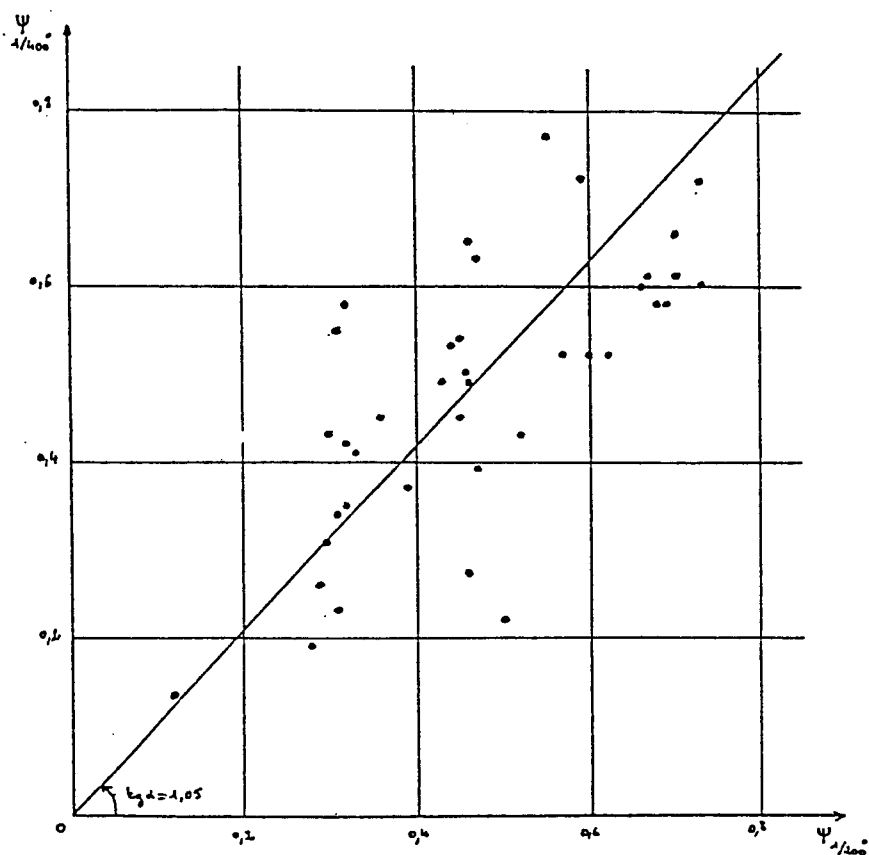
$$\Psi_{1/400} = 1.05 \Psi_{1/200}$$

mais la dispersion est très importante : en valeur absolue, l'écart relatif entre  $\Psi_{1/400}$  et  $\Psi_{1/200}$  est supérieure à 10 % pour 75 % des points, et supérieur ou égal à 50 % pour 10 % des points.

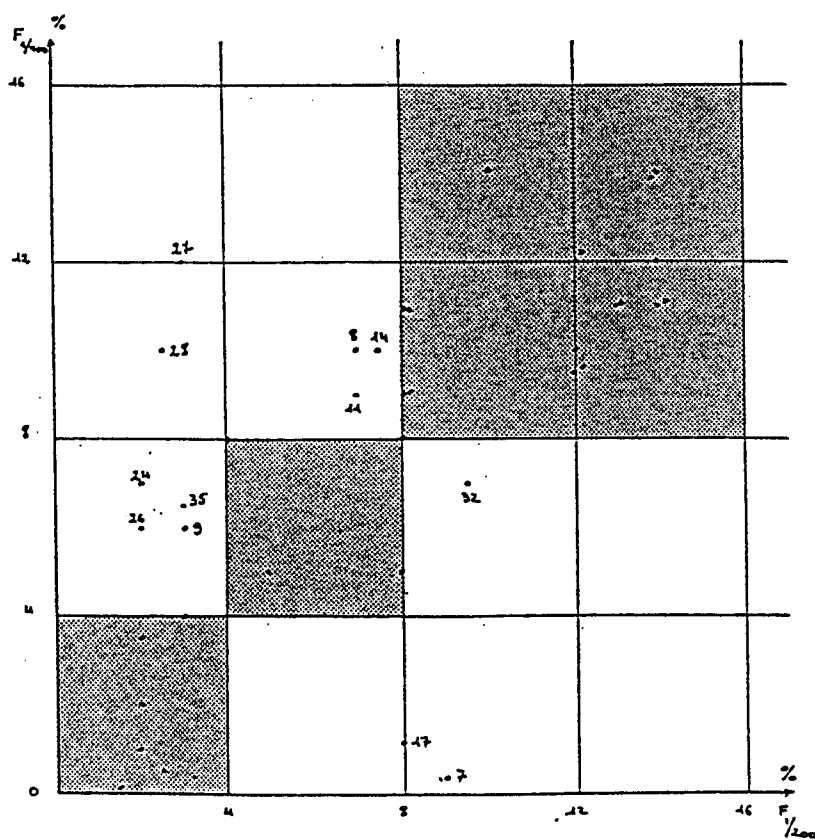
Si l'on aborde maintenant une présentation en fréquence annuelle d'inconfort, pour un seuil de gêne de 3 m/s (vitesse moyenne sur 10 minutes) associé à un écart type de 0,6 m/s, on peut définir dans le plan masse un zonage en surfaces d'isofréquence de dépassement.

En regroupant les points pour lesquels cette fréquence est  $\leq 4$  % du temps, puis comprise entre 4 et 8 % du temps et enfin entre 8 et 16 % du temps, on va pouvoir comparer les précisions obtenues avec les deux simulations.

On constate alors que pour 70 % des points, il y a coïncidence des zones entre les deux types d'essais, c'est-à-dire que les deux méthodes conduisent à une fréquence annuelle locale identique compte tenu des classes retenues. Par contre, pour 30 % des points, il y a divergence complète.



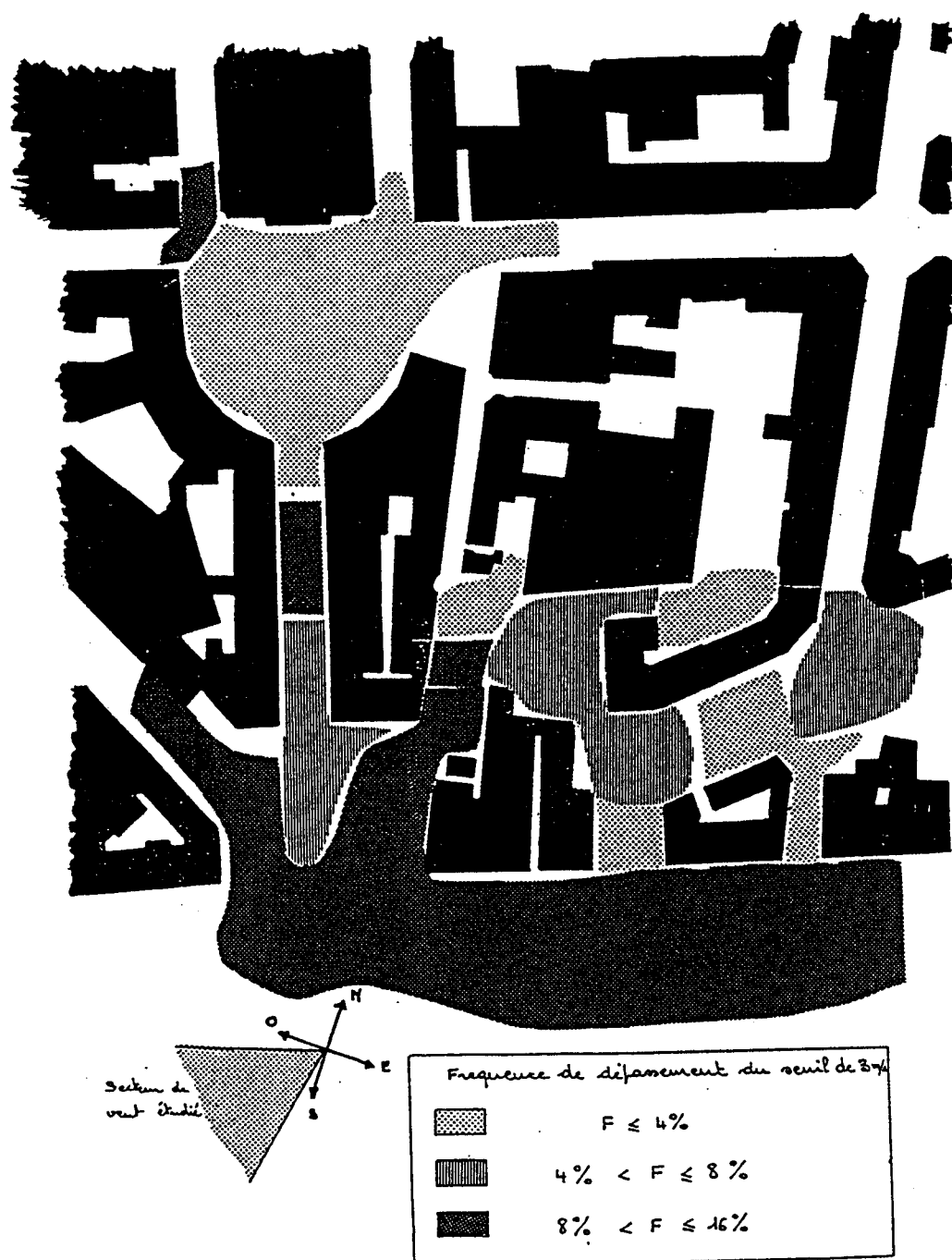
Comparaison des valeurs du paramètre  $\psi$  mesurées lors des études au 1/200 ème et 1/400 ème



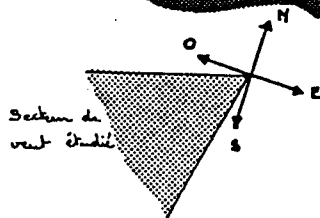
Points conduisant au même zonage dans les deux études

24 n° d'un point pour lequel on constate une divergence




Comparaison des fréquences de dépassement du seuil de 3 m/s obtenues (secteur de vent 200° - 240°) lors des études au 1/200 ème et 1/400 ème



Fréquences de dépassement du seuil de 3 m/s obtenues lors de l'étude au 1/200 ème



Fréquence de dépassement du seuil de 3 m/s

	$F \leq 4\%$
	$4\% < F \leq 8\%$
	$8\% < F \leq 16\%$

Fréquences de dépassement du seuil de 3 m/s obtenues  
Lors de l'étude au 1/400 ème

Les points repérés où cette divergence est flagrante (voir plan) sont d'une part, des points singuliers (donc quasiment inexplicables ou incompréhensibles, tel que le point 7 "en effet venturi" qui présente lors de la simulation au 1/400e aucun signal) ou des points sous influence de l'effet de paroi de la veine pour la simulation au 1/400e (accélération des flux, donc introduction d'accélération locales dans le plan masse qui n'existent pas), ou encore sous influence de l'effet de masque introduit par l'environnement amont mieux reproduits par la simulation au 1/200e.

### 3/ Conclusion

Globalement, l'approche au 1/400e, bien qu'imparfaite, fournit des tendances significatives et l'outil peut être largement utilisé pour les ordres de grandeur.

Par contre, au niveau de l'évènement local, il faudra être très prudent à l'échelle du 1/400e car plus d'un point sur quatre est erroné. Ce constat hypothèque un peu la quantification d'un traitement ponctuel par exemple.

En conclusion, dans la mesure où la simulation au 1/400e et la technologie de mesure associée sont utilisées pour la quantification d'une problématique climatique dans ses grandes lignes et avec une finalité pédagogique, la démarche peut être considérée comme satisfaisante. Par contre, dès que l'on veut être réellement quantitatifs, il faut avoir recours à une approche plus fine à l'échelle du 1/200e en soufflerie atmosphérique, même si la démarche est un peu plus lourde et coûteuse. Ce type de remarque devient fondamental si la sécurité ou le dimensionnement des ouvrages est visé.

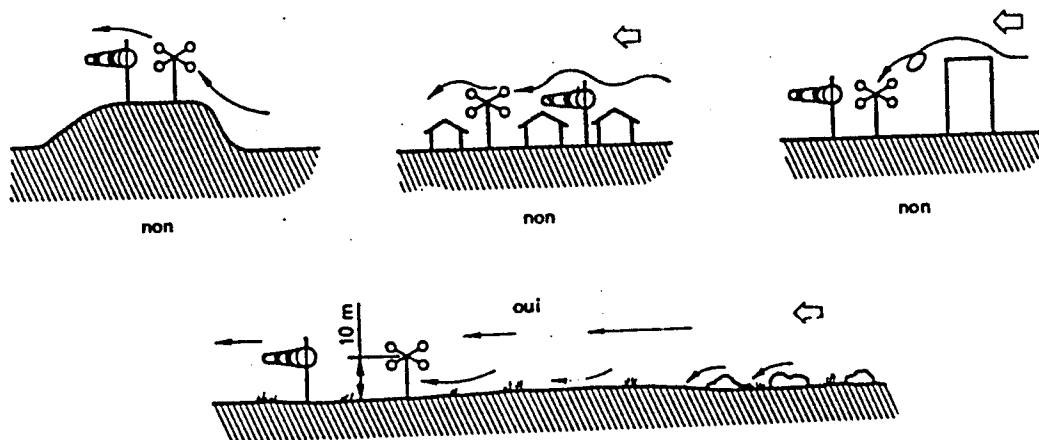
## ANNEXE 1

### CALCUL DE LA FREQUENCE D'INCONFORT A PARTIR DES DONNEES METEOROLOGIQUES ET D'UNE APPROCHE EXPERIMENTALE EN SOUFFLERIE ATMOSPHERIQUE

Ce paragraphe a pour but d'expliciter les différentes démarches et calculs qui permettent d'exprimer localement le confort sous forme de fréquence de gêne.

Nous devons néanmoins faire les deux remarques préalables suivantes :

- pour les non-initiés, le processus exposé (même suivi à la lettre) peut conduire à des résultats aléatoires, et nous conseillons vivement aux concepteurs de s'entourer de spécialistes dans cette démarche ;
- les données météorologiques et, par suite, les études statistiques qui en découlent, ne sont pas toujours représentatives du site où elles sont été recueillies. Il faut vérifier notamment :
  - . si aucun effet de topographie se fait sentir au niveau de la station,
  - . si, en fonction des directions du vent, les rugosités amont rencontrées par le vent sont faibles, de façon que le vent puisse bien être assimilé statistiquement à un vent du type campagne ( $\alpha = 0.14$ ),
  - . si aucune construction parasite voisine des capteurs météo n'interfère avec ceux-ci.



Si aucune station météorologique proche n'est représentative, alors une étude climatique prolongée s'impose (1 an).

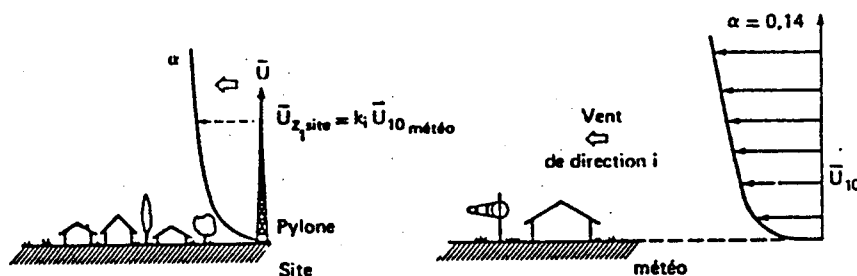
#### Première phase : recalage climatique

Il s'agit du recalage du site par rapport à la station météorologique voisine, celle-ci étant supposée représentative.

La mesure simultanée du vent sur le site à la hauteur  $z_1$  et à  $z = 10$  m pour la station météo, permet de déterminer expérimentalement le coefficient de recalage  $k$  :

$$\bar{U}_{z_1} = k \bar{U}_{10 \text{ météo}}$$

Ce dernier peut s'exprimer théoriquement, mais il est de beaucoup préférable de le mesurer.



La hauteur  $z_1$  sur le site est une hauteur relativement quelconque et adaptée au mieux à l'environnement proche, de façon que les mesures faites aient un sens.

En conservant la vitesse de référence  $\bar{U}_r$  précédemment définie, nous obtenons :

$$\bar{U}_r = k \left( \frac{z_r}{z_1} \right)^\alpha \bar{U}_{10 \text{ météo}}$$

où  $\alpha$  est l'exposant du gradient vertical dans le site. Le paramètre du confort prend la forme :

$$\psi = \frac{\bar{U} + \sigma}{k \left( \frac{z_r}{z_1} \right)^\alpha \bar{U}_{10 \text{ météo}} (1 + I_r)}$$

avec  $I_r = \frac{\sigma_r}{\bar{U}_r}$  intensité de turbulence mesurée expérimentalement à la référence (sur le terrain ou en soufflerie)

#### Deuxième phase : étude en laboratoire

Nous avons vu que les valeurs de  $\psi$  sans dimensions sont accessibles en laboratoire, à la condition que le vent simulé possède, à l'échelle de la maquette et suivant les directions du vent, les caractéristiques statiques et dynamiques de ceux régnant sur le site et que l'environnement proche soit respecté.

#### Troisième phase : présentation des résultats en fréquence d'inconfort

Les données statistiques de la station météorologique voisine choisie pour l'étude sont exprimées dans un tableau donnant, pour chaque direction de vent, la fréquence de non-dépassement associée à différentes valeurs de  $\bar{U}_{10 \text{ météo}}$  (de 1 m/s au maximum observé par pas de 1 m/s). A partir de là, on peut établir la rose des vents relative à un niveau de vitesse donnée  $\bar{U}_{10 \text{ météo}}$  et la courbe de fréquence de dépassement  $F$  en fonction de  $\bar{U}_{10 \text{ météo}}$  pour une direction ou un secteur de vent donnés (vents dominants par exemple).

STATION : NANTES

LATITUDE : 47.10 N  
 LONGITUDE : -1.37 W  
 ALTITUDE : 26 M

F R E Q U E N C E S MOYENNES POUR 1000 DES VITESSES  
 DE VENT EN FONCTION DES DIRECTIONS  
 ANNÉES (MOIS ET HEURES CUMULES)

PERIODE 1 1942 / 1970  
 NOMBRE D OBSERVATIONS : 2056

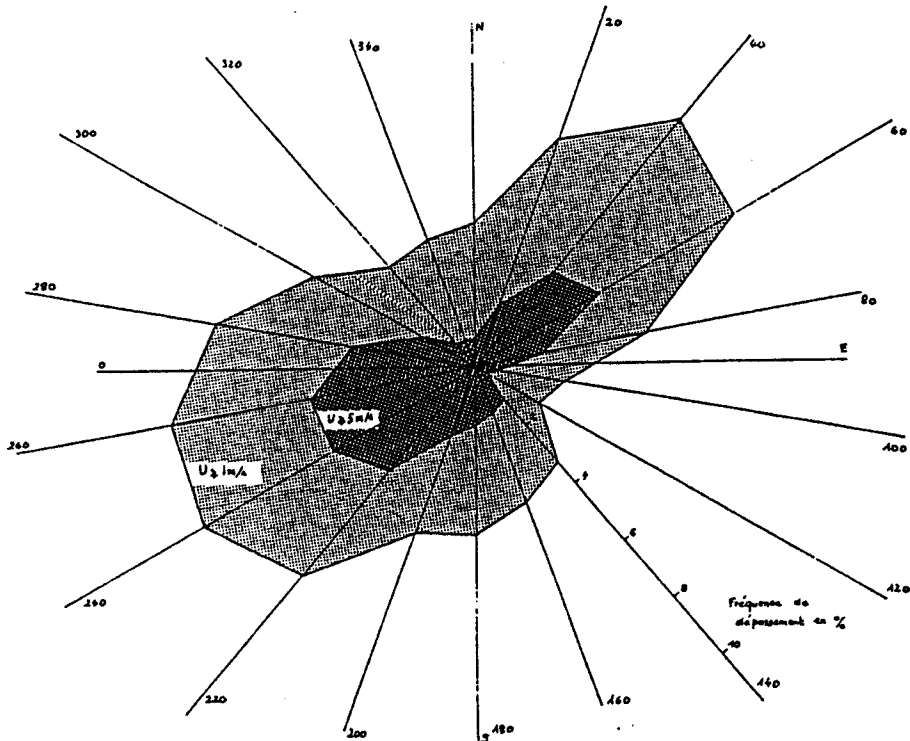
VITESSES EN METRES PAR SECONDE  
 ROSE DE 18 DIRECTIONS

	020	040	060	080	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	TOTAL	
22																				22
20																				20
19																				19
18																				18
17																				17
16																				16
15																				15
14																				14
13																				13
12																				12
11																				11
10		1	1	1				1	1	1	3	5	4	7	1					25
9		2	4	2		1	2	2	3	6	9	9	6	2						48
8	2	4	7	4	1		2	3	3	5	10	15	11	3	1					88
7	4	9	15	7	2	1	3	5	4	8	17	23	23	17	6	2	3	2		150
6	8	19	25	12	3	1	6	8	10	13	26	33	33	24	10	4	5	4		246
5	17	32	38	18	6	3	11	13	15	19	35	43	44	33	16	8	7	7		367
4	27	47	51	28	10	6	18	18	21	26	45	52	54	43	24	12	11	15		507
3	43	64	63	35	16	12	23	25	30	34	57	64	65	53	32	19	19	22		673
2	56	79	73	41	21	16	29	33	39	42	67	77	75	62	40	28	28	31		838
1	54	85	79	46	24	19	33	38	44	46	71	82	81	69	49	35	36	38		936

MOYENNE 3,4 4,0 4,5 4,2 3,5 3,1 3,9 3,8 3,9 4,3 4,8 5,0 5,1 4,7 3,7 3,2 3,1 3,1 4,0

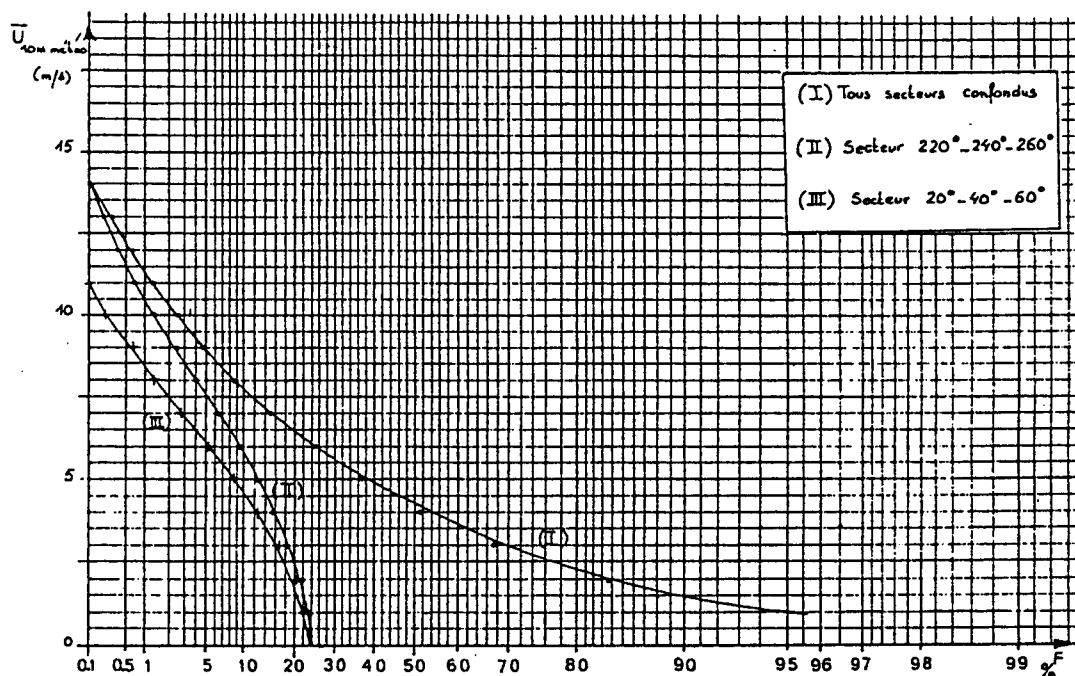
FREQUENCE VENT CALME 62

NE LE SIGNE . SIGNIFIE UNE FREQUENCE NON NULLE MAIS < A 0,5 POUR MILLE.  
 FREQUENCES DE VITESSES DE VENT EGALES OU SUPERIEURES (2) AUX SEUILS INDIQUEES DANS LES COLONNES EXTREMES.



ROSE DES VENTS ETABLIE D'APRES LES DONNEES DE LA STATION METEOROLOGIQUE DE NANTES





VITESSES DU VENT A LA STATION METEOROLOGIQUE DE NANTES EN FONCTION DE LEUR FREQUENCE DE DEPASSEMENT

Le seuil du confort est tel que  $\bar{U} + \sigma = 6$  m/s ; par suite, la condition d'atteinte de ce seuil s'écrit :

$$\bar{U}_{10 \text{ meteo}} = \frac{6}{k \left( \frac{z_r}{z_1} \right)^\alpha \cdot (1 + I_r) \psi} = \frac{K}{\psi}$$

en posant :  $K = \frac{6}{k \left( \frac{z_r}{z_1} \right)^\alpha \cdot (1 + I_r)}$  =  $C^{ste}$  pour un site et une direction de vent donnés

Si, localement, au point  $j$  d'un plan masse, le paramètre du confort vaut  $\psi_j$ , la fréquence locale de dépassement du seuil de confort  $F_j$  sera obtenue graphiquement à partir des données statistiques de la station météorologique pour la vitesse correspondant à :

$$U_{10 \text{ meteo}, j} = \frac{K}{\psi_j}$$

Cette démarche permet de relier le paramètre adimensionnel du confort (pour chaque site et chaque direction de vent) à la fréquence d'inconfort du point considéré.

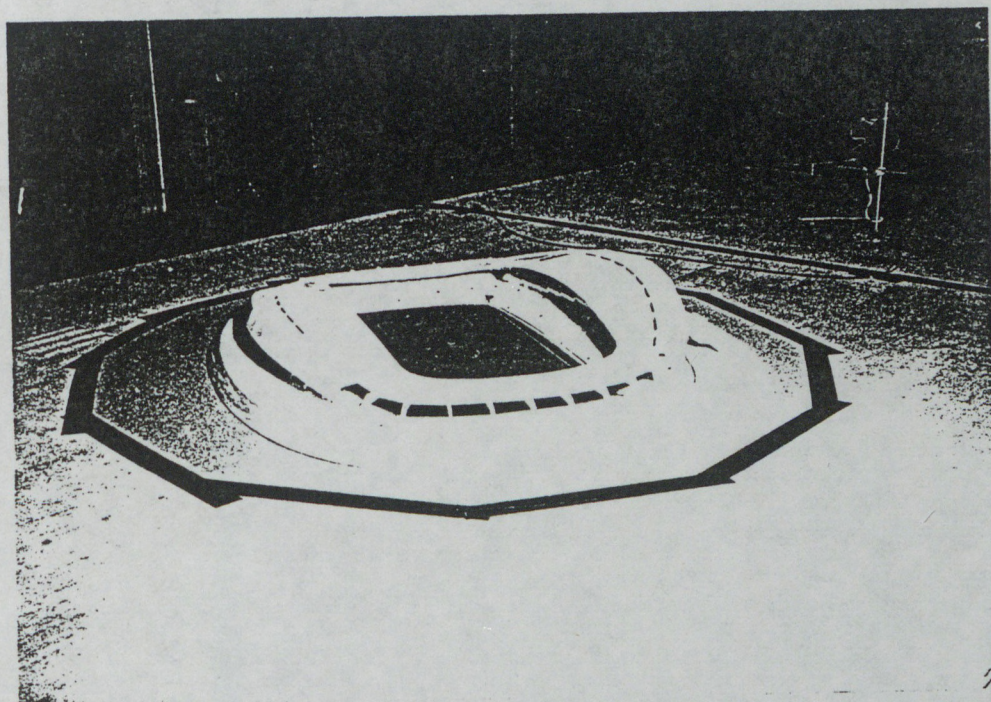
Note : En utilisant des données statistiques plus détaillées, il est possible de pondérer cette fréquence d'inconfort par la saison (hiver, été...), l'heure (jour, nuit...) etc...

#### Quatrième phase : interprétation des résultats

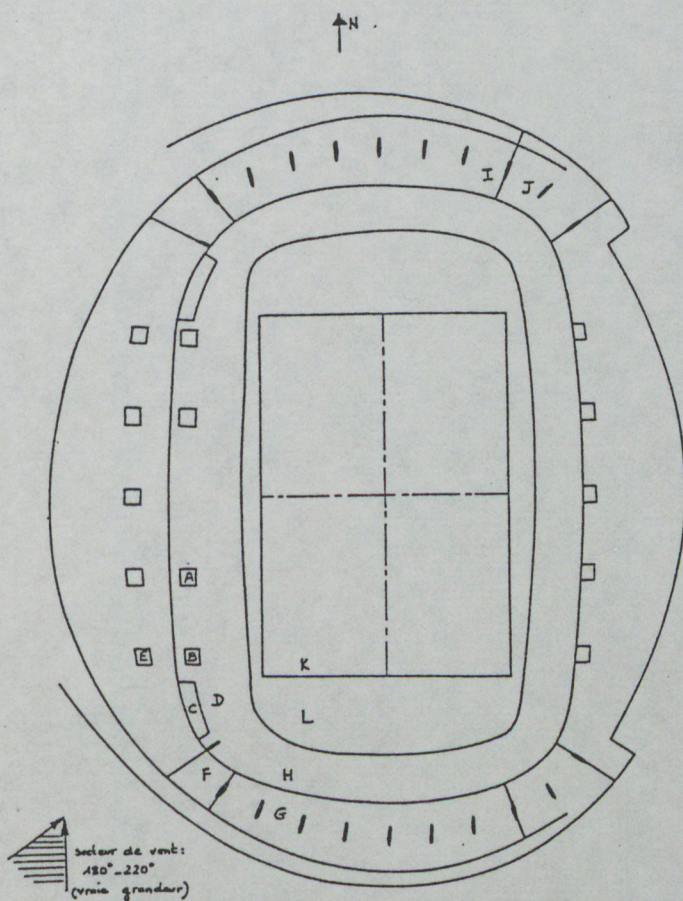
Une fois connues les fréquences d'inconfort local en différents points du plan masse, il est possible d'isoler les zones critiques (fréquence de dépassement du seuil, trop importante en fonction de la destination du lieu), afin d'envisager la mise en place de dispositifs efficaces. La démarche est alors itérative : après une nouvelle série de mesures en soufflerie et un nouveau bilan, on juge si la situation est devenue acceptable ou non. S'il reste encore des points critiques, on complète l'aménagement et on procède à de nouvelles mesures et ainsi de suite, jusqu'à obtenir le résultat recherché. Cette dernière phase de l'étude est réalisée en collaboration étroite avec les architectes et urbanistes du projet.

## ANNEXE 2

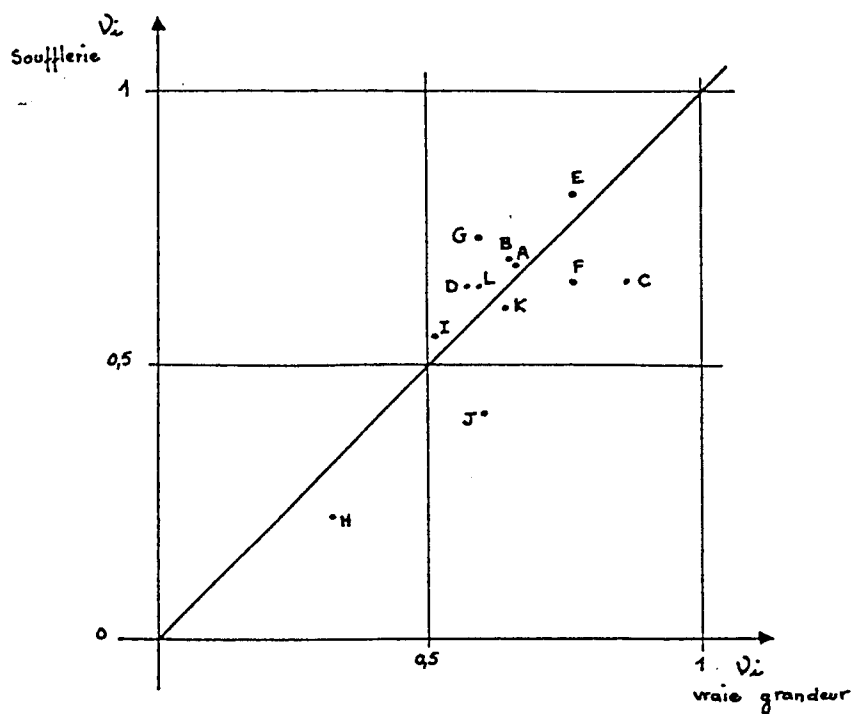
CONFRONTATION ENTRE LES DONNEES VRAIE GRANDEUR  
 SOUFFLERIE ATMOSPHERIQUE



La maquette d'un stade au 1/200e



Position des points de mesure à l'intérieur d'un stade



Comparaison des résultats obtenus en vraie grandeur et en soufflerie

NOTE : Les points J, G et H n'ont pas de correspondance directe (position) en soufflerie et sur le terrain.

Le point C est sous l'effet d'une géométrie différente en vraie grandeur (brèche plus ouverte que sur la maquette).

PROBLÉMATIQUES ÉNERGÉTIQUES ET PROJETS URBAINS

## LA CONSERVATION DE L'ÉNERGIE DANS QUELQUES PROJETS URBAINS : LE PROJET DE STOCKHOLM

B. OLOFSDOTTER - BYGGFORSKNINGSRADET - STOCKHOLM

La Suède a environ 8 millions d'habitants et 3.7 millions d'habitations permanentes, la plupart de celles-ci ayant été construites après la seconde guerre mondiale (60 %). La tendance à long terme de la construction de logements en Suède montre une importante régression -de 100.000 constructions nouvelles par an au début des années 70 à moins de 30.000 l'année dernière.

La politique énergétique de la Suède est centrée sur les immeubles existants. L'objectif est d'en sauver 30 % dans une période de 10 ans jusqu'en 1988, par un usage plus efficace de la technologie actuelle. La Suède a également beaucoup investi financièrement sur le RD&D, à la fois sur les économies d'énergie et les nouvelles techniques énergétiques, c'est à dire les systèmes solaires, les pompes à chaleur et le stockage de l'énergie.

Le Swedish Council for Building Research est responsable du RD&D dans le secteur de la construction. Sur un budget annuel de 200 millions de couronnes, environ 50 %, soit 100 millions, sont consacrées aux économies d'énergie et aux nouvelles techniques énergétiques. Les résultats estimés nous permettent de penser que nous allons parvenir à économiser 30 % de l'énergie consommée dans les constructions existantes. Le Conseil du programme RD&D sur la nouvelle technologie énergétique a également été couronné de succès. Les systèmes de pompe à chaleur sont compétitifs sur le marché. Les systèmes solaires posèrent de sérieux problèmes à leur début, mais leur développement a été très rapide dans les 3, 4 dernières années. Quelques systèmes basés sur le solaire sont déjà compétitifs. Il y a de bonnes perspectives liées au stockage souterrain de l'énergie.

Une part importante des activités du Conseil dans le domaine de l'énergie concerne le programme de construction expérimentale sur une grande échelle. La stratégie de développement est basée sur un très gros effort commun des industriels, des entrepreneurs, des ingénieurs-conseils, des maîtres d'ouvrage et administrateurs, des collectivités locales, pouvoirs publics et chercheurs. Sur une période ne couvrant que quelques années, des projets associant études de faisabilité, études et travail de conception, immeuble expérimental, mesures de performances et évaluation globale ont été réalisées. La mise en oeuvre, couronné de succès, de cette stratégie a été décisive pour parvenir à des résultats satisfaisants.

Bien que la construction neuve ne représente qu'un pour cent par an par rapport au total des constructions existantes, elles sont de la plus haute importance sur le plan du développement. C'est dans la construction neuve que les technologies de pointe peuvent être plus facilement expérimentées. Aussi, nous nous focaliserons sur des exemples suédois liés au développement en matière de construction neuve. Les projets qui vont être présentés ici concernent :

- les économies d'énergie dans les plans de développement et dans deux secteurs de maisons jumelées, basés sur l'utilisation de l'énergie solaire passive, de Gunnar NORDFELDT,
- des immeubles d'habitation à bon rendement énergétique, basés sur différents concepts d'énergie, dénommé "projet de Stockholm", de Britt OLOFS-DOTTER.

#### IMMEUBLES D'HABITATIONS A BON RENDEMENT ENERGETIQUE

Le projet de STOCKHOLM est le premier grand projet de construction expérimental qui permette l'évaluation de la faible consommation énergétique d'un immeuble résidentiel. L'objectif de ce projet est de tester de nouvelles constructions, qui conduiront à des réductions des coûts énergétiques. La technologie habituelle est primitivement utilisée, mais dans chaque immeuble, une ou plusieurs méthodes nouvelles pour économiser l'énergie, qui n'avaient pas, auparavant, été expérimentées à grande échelle, sont ici testées. Les méthodes utilisées diffèrent depuis l'amélioration des techniques usuelles jusqu'à l'introduction de nouvelles techniques de pointes. Les immeubles neufs sont de plus en plus complexes, et c'est la raison pour laquelle l'un des principaux objectifs est d'évaluer la coordination des différents systèmes.

L'origine du projet de STOCKHOLM réside dans l'intérêt porté par le Conseil de la Ville de STOCKHOLM pour mettre en oeuvre le Plan National d'économies d'énergie de 1981 de la meilleure manière possible. Les objectifs fixés par le plan de 1981 visaient à une importante réduction des besoins énergétiques en matière de chauffage pendant la décennie suivante tout en requérant l'appui majeur des collectivités locales pour l'exécution de ce programme d'économies d'énergie. Le Conseil de la Ville de STOCKHOLM annonça un concours d'idées, pour un projet d'immeubles résidentiels en insistant sur l'aspect énergétique. Plusieurs des idées soumises avaient des composants et des systèmes qu'il pouvait être intéressant de tester à grande échelle, c'est-à-dire sur un bâtiment expérimental. (figure 1)

Le Swedish Council for Building Research encourage le développement de systèmes et de techniques d'énergies nouvelles, à la fois pour la construction neuve et la réhabilitation. En même temps, il porte un intérêt accru aux projets expérimentaux. C'est ce qui a permis l'expérimentation de six de ces idées sélectionnées, à la condition qu'elles soient coordonnées dans un projet d'ensemble, le "projet de STOCKHOLM".

L'évaluation technique et économique du projet fut effectuée par l'Institut Royal de Technologie de STOCKHOLM.

Le recueil des données fondamentales et de la documentation est un facteur décisif quant aux conclusions qui peuvent finalement en être tirées. On prit grand soin, par conséquent, de suivre la progression du bâtiment, dès les premiers stades de la conception du projet, en passant par l'avant-projet, la construction proprement dite, puis, la mise en service.

Les flux énergétiques sont tracés pour chaque bâtiment et un bilan énergétique est établi. Les mesures spécifiques aux économies d'énergie de chaque immeuble seront étudiées en détail. Le travail d'évaluation comprend également la détermination de la qualité et du contrôle ainsi que

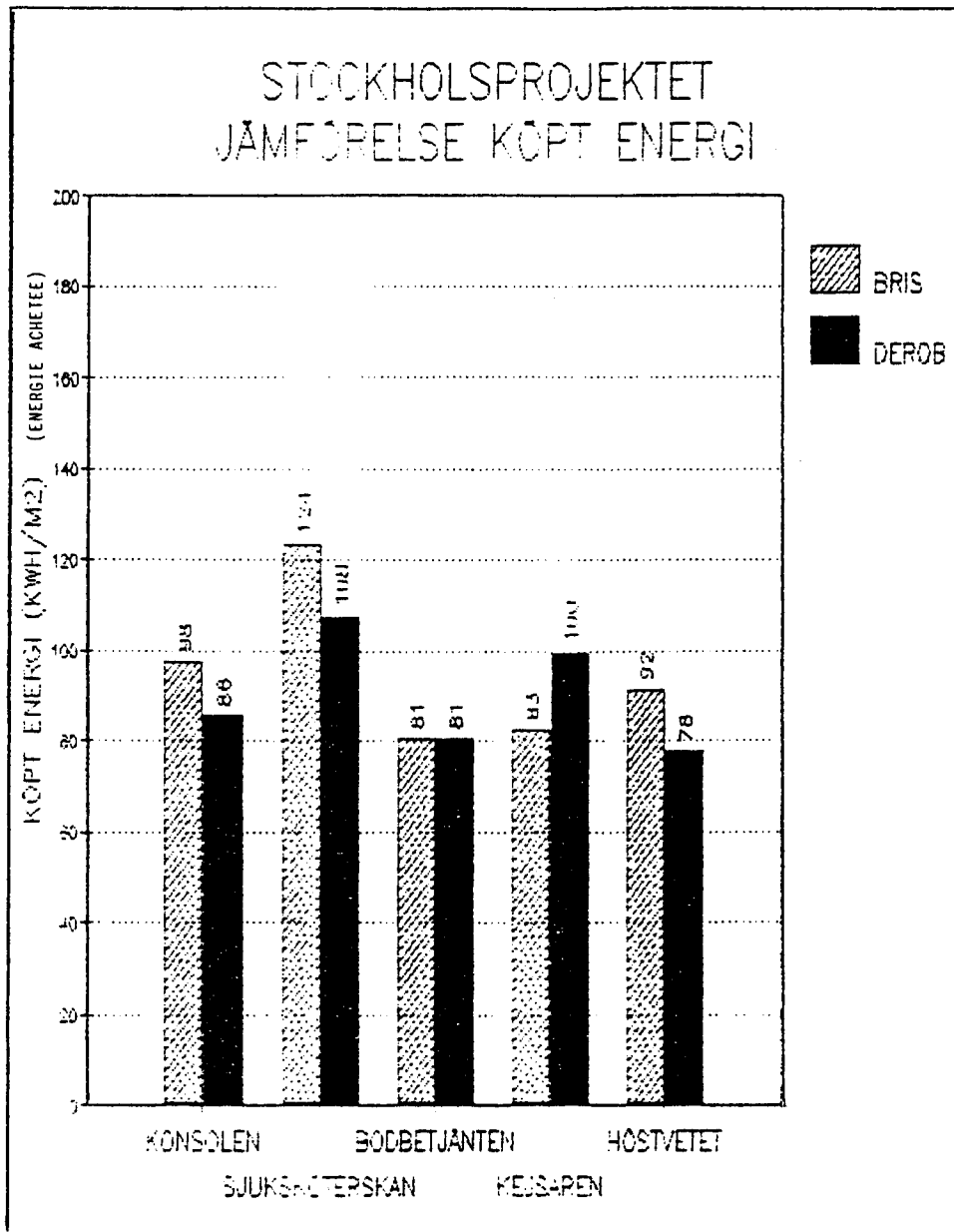


Figure 1 : Comparaison des besoins d'achat d'énergie



la comparaison des résultats avec les buts fixés et les performances anticipées. L'évaluation inclura la collecte des données détaillées et les études du niveau de confort dans certains appartements. Les données seront complétées par des questionnaires et des interviews.

Une analyse financière est actuellement effectuée pour ces différents projets afin de distinguer les coûts d'investissements et d'opération ainsi que les conséquences financières des différents systèmes. Pendant la construction, des données ont été collectées sur le bâtiment et les installations techniques, constituant une partie de la banque de données des futurs logements à bon rendement énergétique. Cette opération a été effectuée en collaboration avec les clients, les entrepreneurs et les autorités et les données ont été recueillies à l'aide des documents de construction et des études sur le chantier.

Pendant une période de deux ans suivant l'achèvement de chaque immeuble, les collectes de données et les évaluations seront effectuées sur le fonctionnement et les interactions entre les différents systèmes techniques. L'importance de la consommation d'énergie sera déterminée non seulement par la conception technique et l'équipement des immeubles, mais aussi par la façon dont les occupants et le personnel de service utiliseront les techniques.

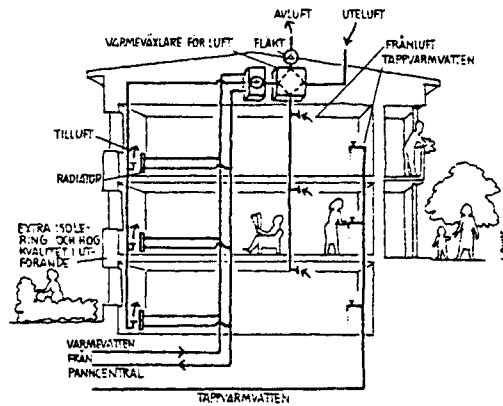
Par conséquent, l'évaluation fait également ressortir les formes de variations qui dépendent des habitudes de l'utilisateur, de la composition de la famille, de la maintenance du bâtiment, etc...

Une hypothèse fondamentale du Projet de STOCKHOLM est que le besoin d'achat d'énergie dans les nouveaux immeubles d'appartements peut être baissé de 50 %, comparativement aux normes suédoises, (150-200 kwh/m<sup>2</sup> pour le chauffage, la ventilation, l'eau chaude et l'électricité). Des calculs par simulation informatique ont montré que les coûts moyens d'achat d'énergie se situent entre 80 et 120 kwh/m<sup>2</sup> pour chacun des cinq immeubles. Ces immeubles utilisant les pompes à chaleur, les surfaces vitrées, et/ou l'énergie solaire active, sont très consommateurs d'énergie gratuite, tandis que les immeubles utilisant ce que l'on appelle des systèmes passifs, tels qu'une isolation thermique très importante ou l'inertie thermique prennent en compte un plus faible montant d'énergie gratuite. Afin de comparer la portée et l'efficacité des solutions, l'économie de chacun des coûts d'investissement, de fonctionnement et de maintenance sont inclus dans l'étude.

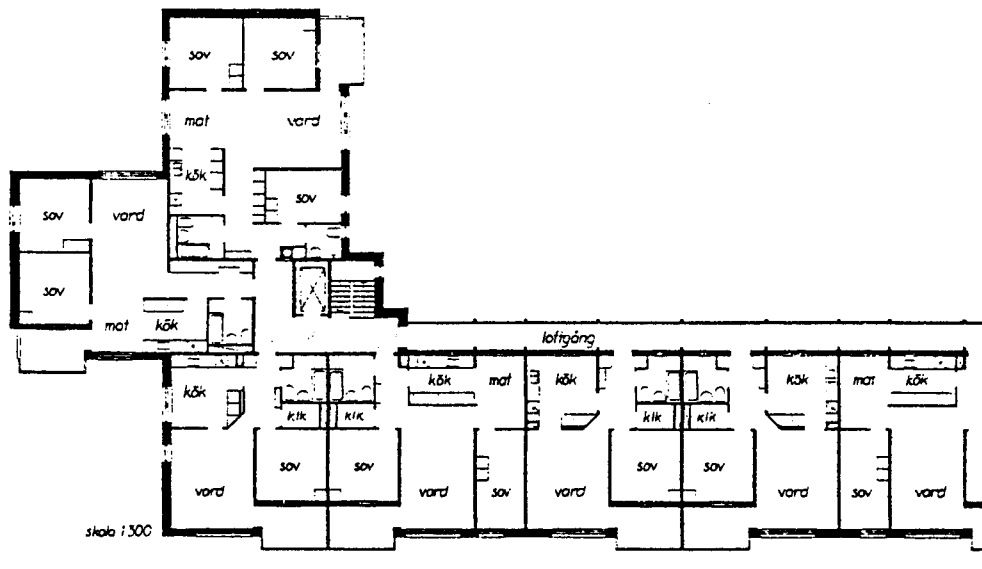
#### SJUKSKOTERSKAN

Le projet de Sjuksköterskan est un exemple de conception traditionnelle mais avec des besoins qualitatifs accrus de techniques constructives et énergétiques concernant l'isolation, l'étanchéité à l'air, les systèmes de ventilation, etc... La construction consiste en deux blocs de logements desservis par ascenseur avec quatre appartements par étage. Les immeubles ont 3 étages côté cour et 4 étages côté rue. Les bâtiments sont reliés par un bâtiment de 2 étages avec des balcons d'accès.

Le principe énergétique de Sjuksköterskan est basé sur l'augmentation de l'isolation et la qualité du contrôle. L'isolation est accrue à la fois dans les murs extérieurs et les toitures. Le coefficient K dans les murs de 0.17 et en toiture de 0.11 W/m<sup>2</sup>K inclue les ponts thermiques. Un coefficient K amélioré signifie une réduction de la puissance absorbée et une consommation d'énergie plus faible. Le confort des pièces est accru par le fait que la température des parois intérieures du mur sera quelque peu plus élevée. Ceci peut être utilisé pour baisser la température ambiante



Principsektion som visar byggnadens energisystem



SJKSKOTERSKAN - Schéma de principe  
 Architecte : Ryksbyggen Konsult

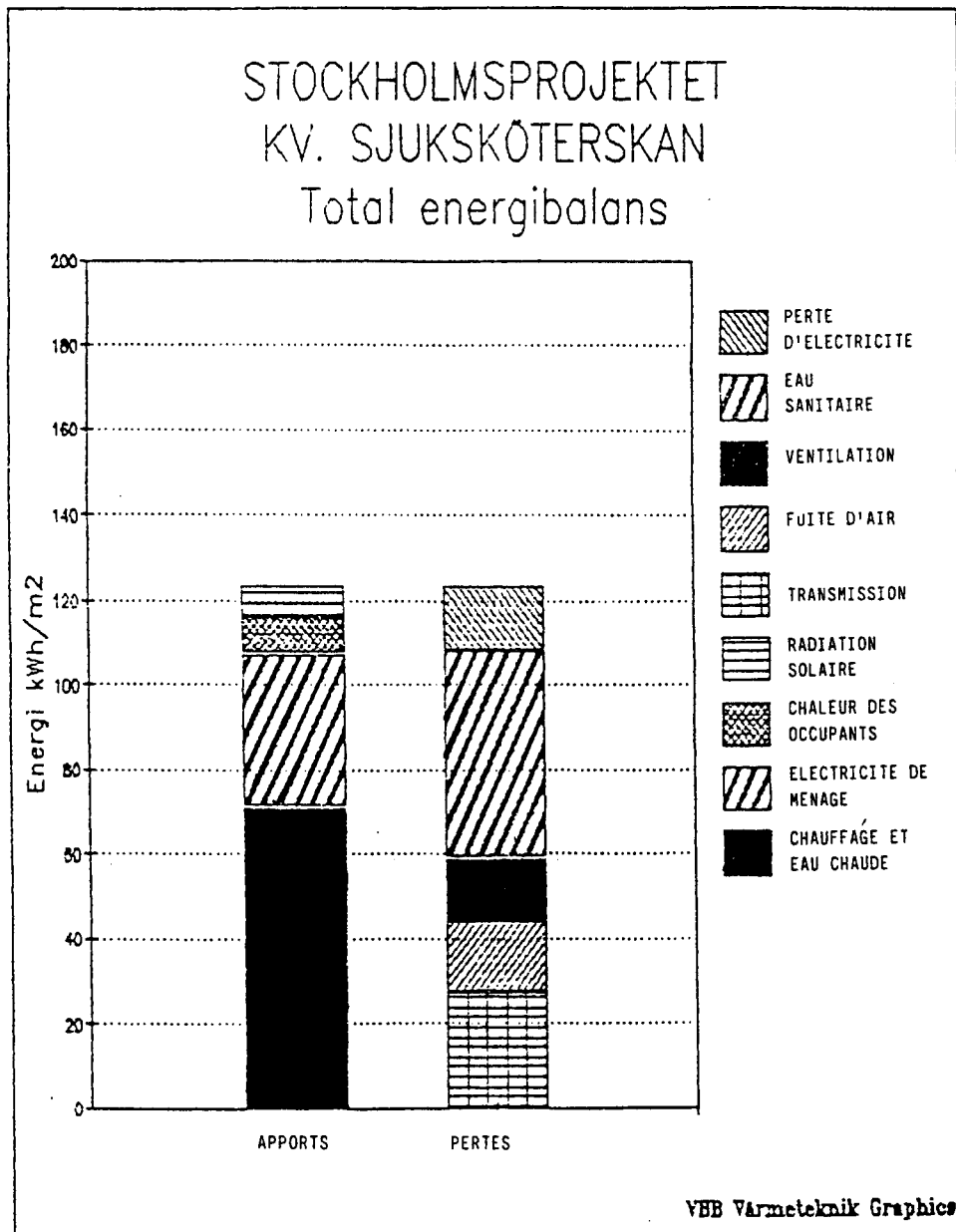


Figure 2 : Bilan énergétique annuel (Sjukstötterskan)

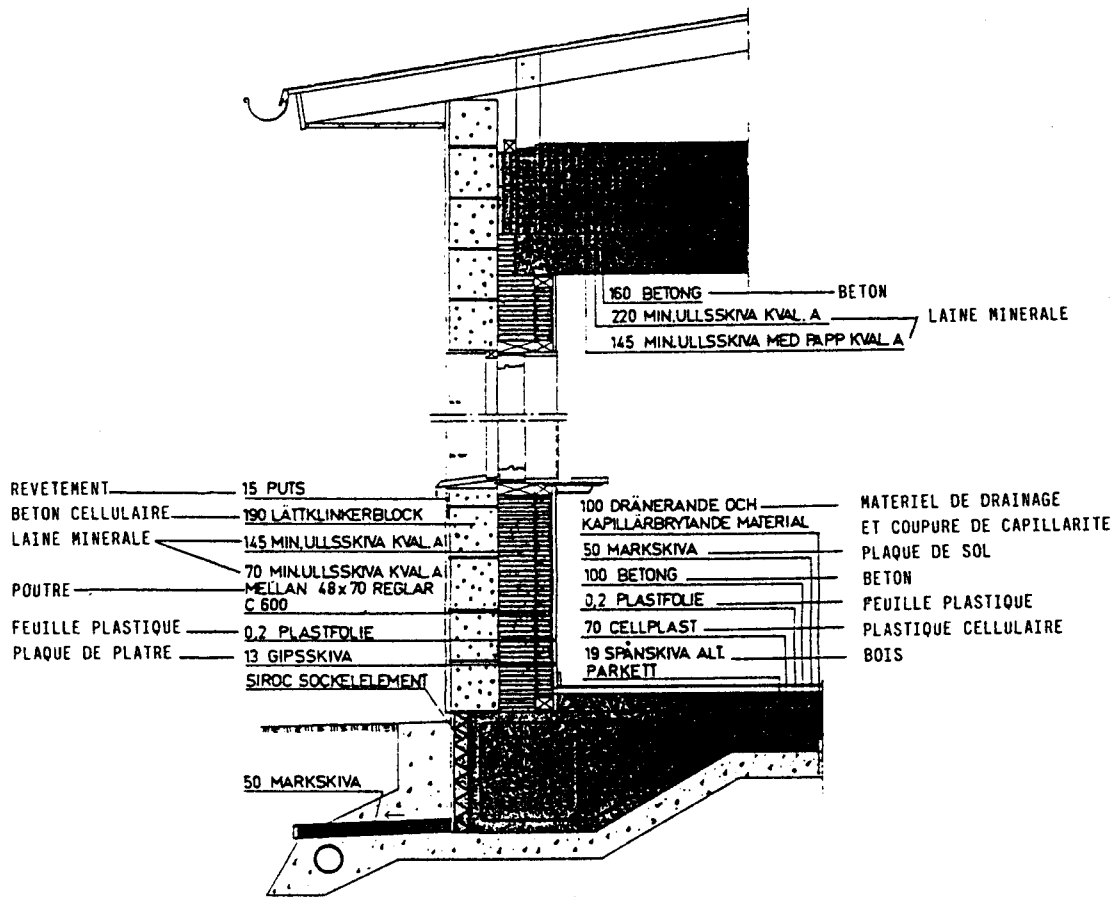


Figure 3 : Sjuksköterskan - Coupe de la façade

intérieure tout en maintenant le confort, ce qui conduit à nouveau à favoriser les économies d'énergie.

Sont contenus dans le terme "qualité", l'amélioration des documents constructifs, l'information, la formation, l'accroissement de la surveillance des immeubles et des mesures pour prévenir les futures erreurs. Un meilleur suivi de l'avancement de la construction qui concerne la programmation, la conception, la construction elle-même, l'administration, le fonctionnement et la maintenance permet d'attendre des économies. Par le biais d'une programmation et d'une conception soignée, et avec l'aide d'un personnel bien qualifié, il est possible de parvenir à un usage plus efficace du matériel et des qualités propres à la conception. Des manuels du bon utilisateur et des instructions de service bien adaptées contribuent également à favoriser les économies d'énergie. En plus, les instructions de service réduiront les coûts de fonctionnement et de maintenance des constructions puisque des mesures à caractère préventif peuvent ainsi être prises en temps voulu.

Le système de chauffage est un système de radiateurs à basse température à double circuit. La température maximum est de 55°C. Le système de ventilation est basé sur une alimentation et une extraction des flux d'air régulés par une ventilation mécanique et des procédés de récupération de chaleur.

Ce graphique montre le bilan énergétique annuel. (Figure 2)

Les deux immeubles ont 38 appartements et une crèche qui fonctionne dans la journée.

#### Données de la construction (figure 3)

Murs extérieurs : 190 mm de béton cellulaire, 145 + 170 mm de laine minérale, plaque de plâtre  $K = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ossature supérieure : 160 mm béton, 200 + 145 mm de laine minérale  $K = 0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$

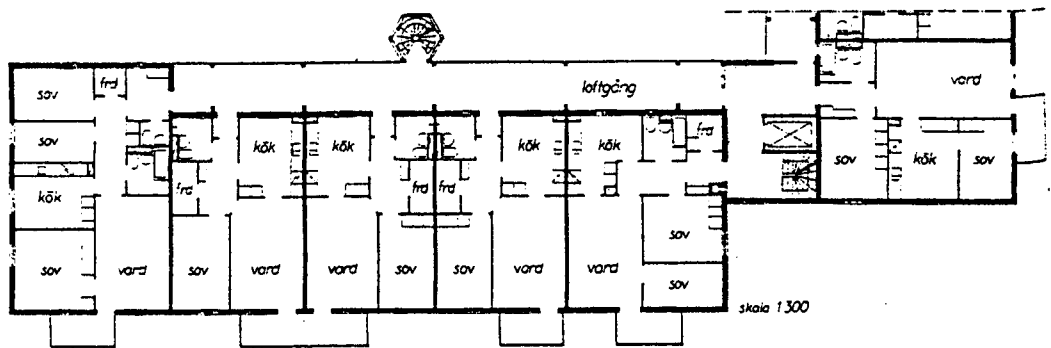
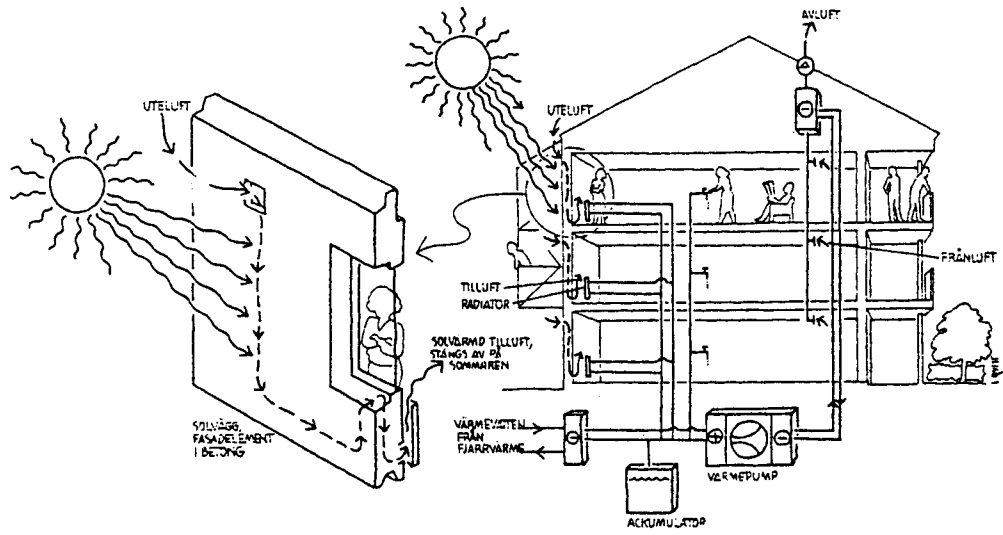
Fenêtres : triple vitrage avec revêtement sélectif  $K = 0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### Commentaires

Une super isolation n'est pas sans problèmes. Vous devez être très attentif à ce que le chantier ne présente pas de discontinuités dans l'isolation, ce qui réduit la valeur effective du coefficient K. Généralement, des murs épais provoquent des problèmes de ponts thermiques à la jonction des différents éléments de construction. La pose des fenêtres est un moment critique pour l'étanchéité à l'air du bâtiment.

#### KONSOLEN

Ce projet est caractérisé par des procédés constructifs bien connus. L'immeuble est érigé avec une ossature d'éléments construits en béton. Les murs extérieurs sont construits avec des composants de panneaux préfabriqués



KONSOLEN - Schéma de principe  
 Architecte : Brunnberggruppen Arkitekter AB

en béton et des fenêtres fabriquées en usine.

Le principe énergétique de Konsolen est basé sur une ossature à forte inertie et des façades solaires.

Les panneaux de façade en béton, qui remplissent le rôle de capteurs solaires, comportent des conduites qui sont chauffées à la fois par la chaleur des rayons solaires externes et aussi par la chaleur provenant de l'intérieur. L'air entrant circule par les conduites derrière les radiateurs qui, si nécessaire, peuvent encore davantage chauffer l'air. Afin de s'assurer qu'il n'y ait pas de surchauffe dans les appartements en été, les conduites peuvent être fermées au moyen d'un clapet dans chaque appartement. Dans ce cas, l'air extérieur entre directement dans la pièce par les volets d'aération des fenêtres. La forte inertie de l'ossature de la construction répartit uniformément les besoins énergétiques journaliers par stockage préalable dans les murs internes et les planchers. Afin de pouvoir améliorer davantage la potentialité de stockage, dans ce projet, les murs extérieurs présentent aussi une ossature lourde de béton.

Par conséquent, pendant certaines périodes de la journée, le surplus d'énergie provenant du soleil, des occupants, de l'électricité du ménage, etc... peut être stocké dans la structure pour être utilisé postérieurement pour chauffer l'immeuble. L'atténuation de la température et l'inertie de la structure signifient que l'énergie consommée peut être restreinte.

La quantité d'énergie pouvant être conservée dépend d'un certain nombre de facteurs incluant les techniques de constructions, le choix des matériaux, les techniques de régulation, etc...

L'alimentation en air des appartements s'effectue par les façades solaires où il est préchauffé. L'air est évacué à partir de la cuisine et la salle de bains, par une ventilation mécanique en toiture où la chaleur est extraite et conduite dans un circuit d'eau salée à la pompe à chaleur située en sous-sol.

Les appartements et l'eau chaude sanitaire sont chauffés à l'aide de radiateurs approvisionnés à la fois par le chauffage du secteur et la pompe à chaleur.

ce graphique montre le bilan énergétique annuel. (figure 4)

Le diagramme du bilan de chaleur montre comment les pertes et les apports thermiques s'équilibrent sur une année. Jusqu'à une température extérieure de + 3°C, la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire est gérée sans recours au système de chauffage de secteur. (figure 5)

Le plan montre la distribution de 4450 m<sup>2</sup> de surface habitable avec 57 appartements, soit 2 de 1 pièces + cuisine, 25 de 2 pièces + cuisine, 13 de 3 pièces + cuisine et 17 de 4 pièces + cuisine. (figure 6)

#### Données de la construction

Murs extérieurs : 60 mm béton + 140 mm polystyrène expansé + 80 mm de béton  
K = 0.27 W/m<sup>2</sup>K

Ossature supérieure : 200 mm béton + 400 mm d'isolant en laine flottante  
K = 0.13 W/m<sup>2</sup>K

Fenêtre : triple vitrage  
K = 1.80 W/m<sup>2</sup>K

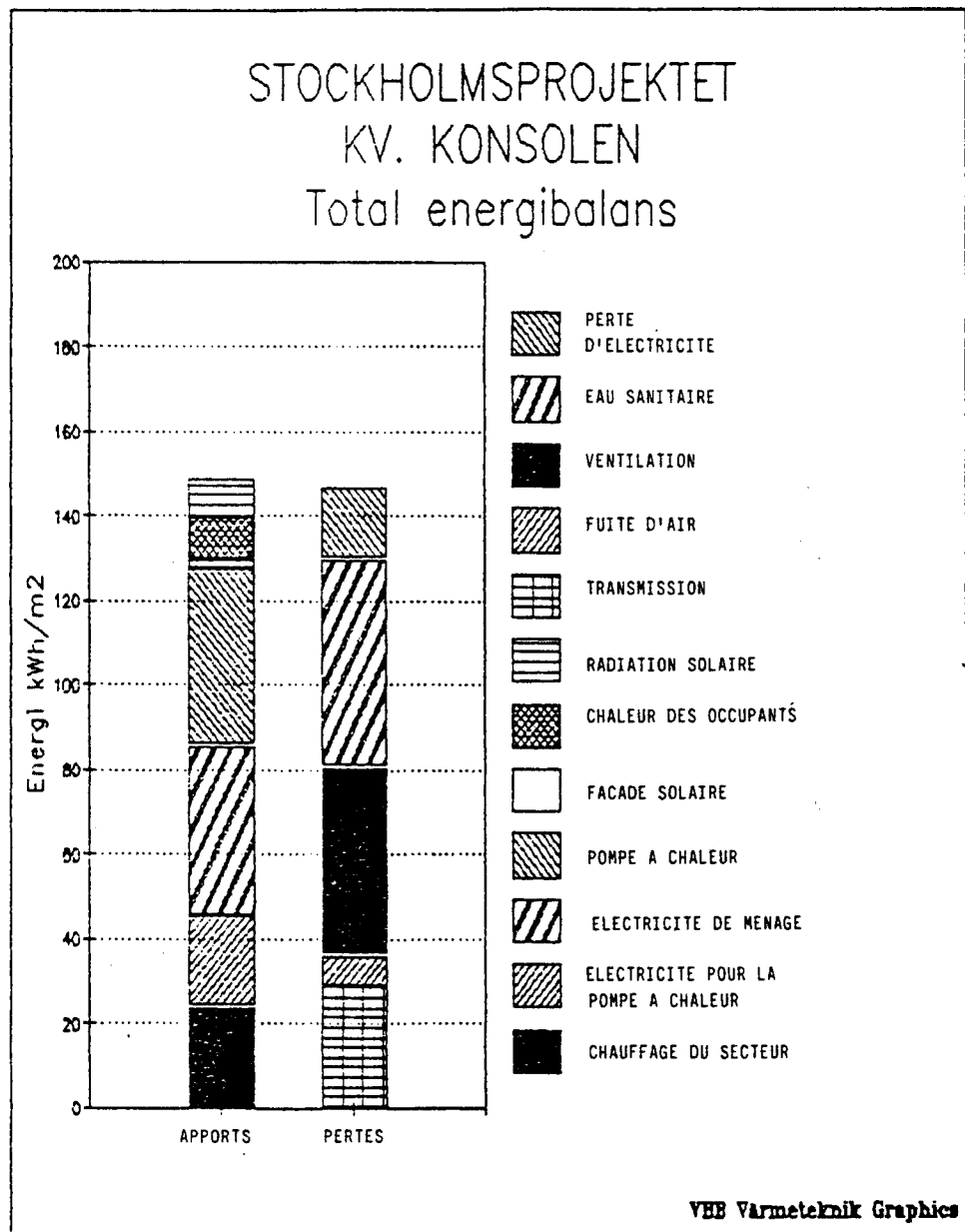


Figure 4 : Bilan énergétique annuel (Konsolen)



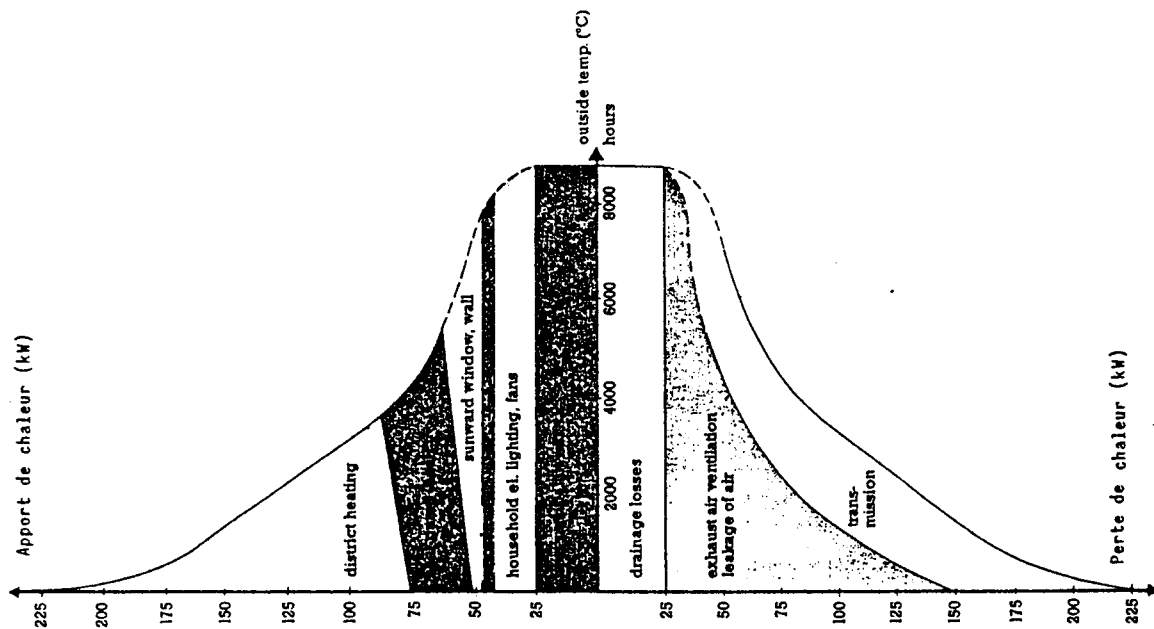


Figure 5 : Diagramme du bilan de chaleur (Konsolen)

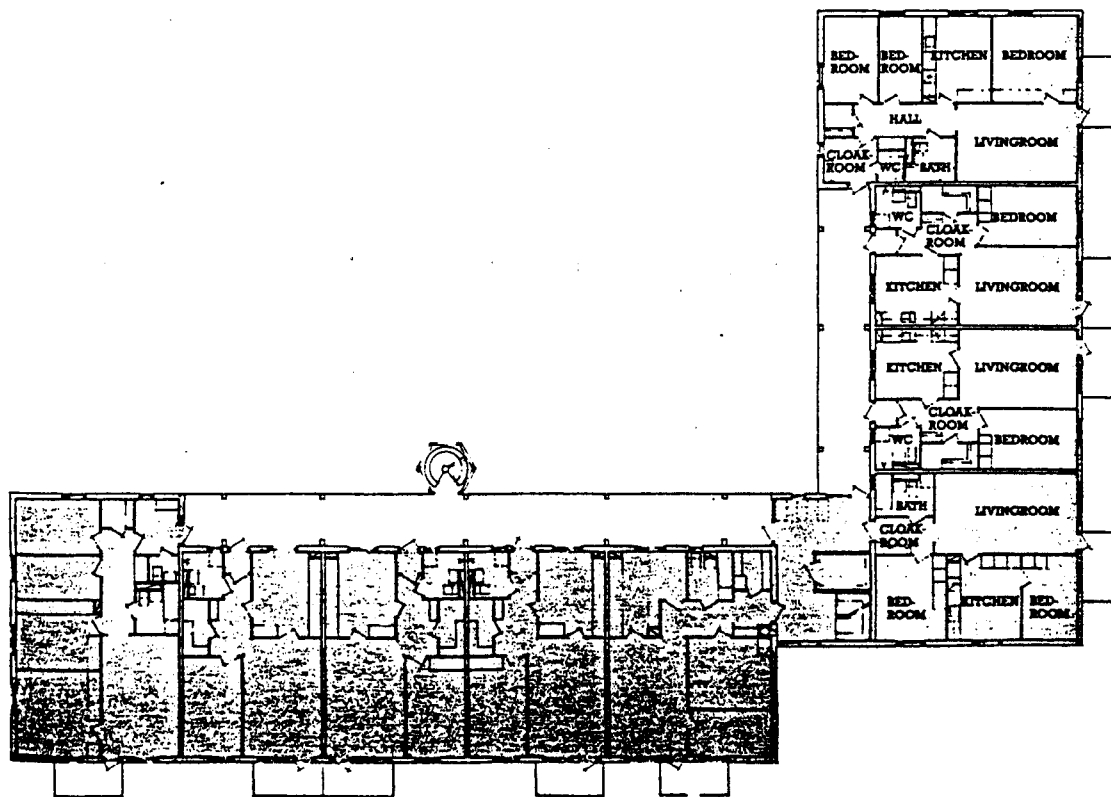


Figure 6 : Distribution de la surface habitable (Konsolen)

### Commentaires

Konsolen est une construction très étanche à l'air avec peu de ponts thermiques, partiellement à cause du choix de balcons d'acier préfabriqués portés par la superstructure. Le mur solaire fonctionne de manière satisfaisante. Les problèmes qui ont surgi sont liés aux équipements annexes pauvrement développés -dispositif terminal d'air, clapets, etc...-. Les habitants ont eu ainsi des difficultés à ajuster les flux d'air entre les conditions d'été et d'hiver. Le problème le plus évident est lié à l'extraction d'air de la pompe à chaleur -perturbations dues au bruit et mauvaise transmission-. Cette dernière était due à un branchement incorrect effectué lors de l'installation et a été rectifiée.

### KEJSAREN

Ce projet est situé au centre ville. Le bâtiment de 6 étages présente un système de type conventionnel à ossature béton avec un remplissage de béton plus léger. Le principe énergétique de Kejsaren est basé sur des capteurs solaires et un chauffage par air.

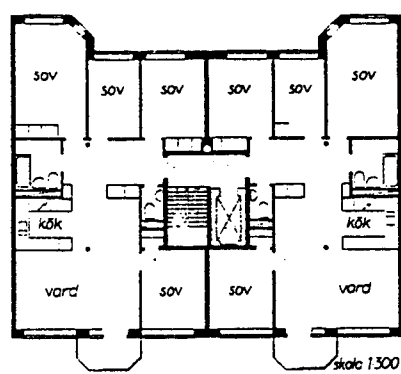
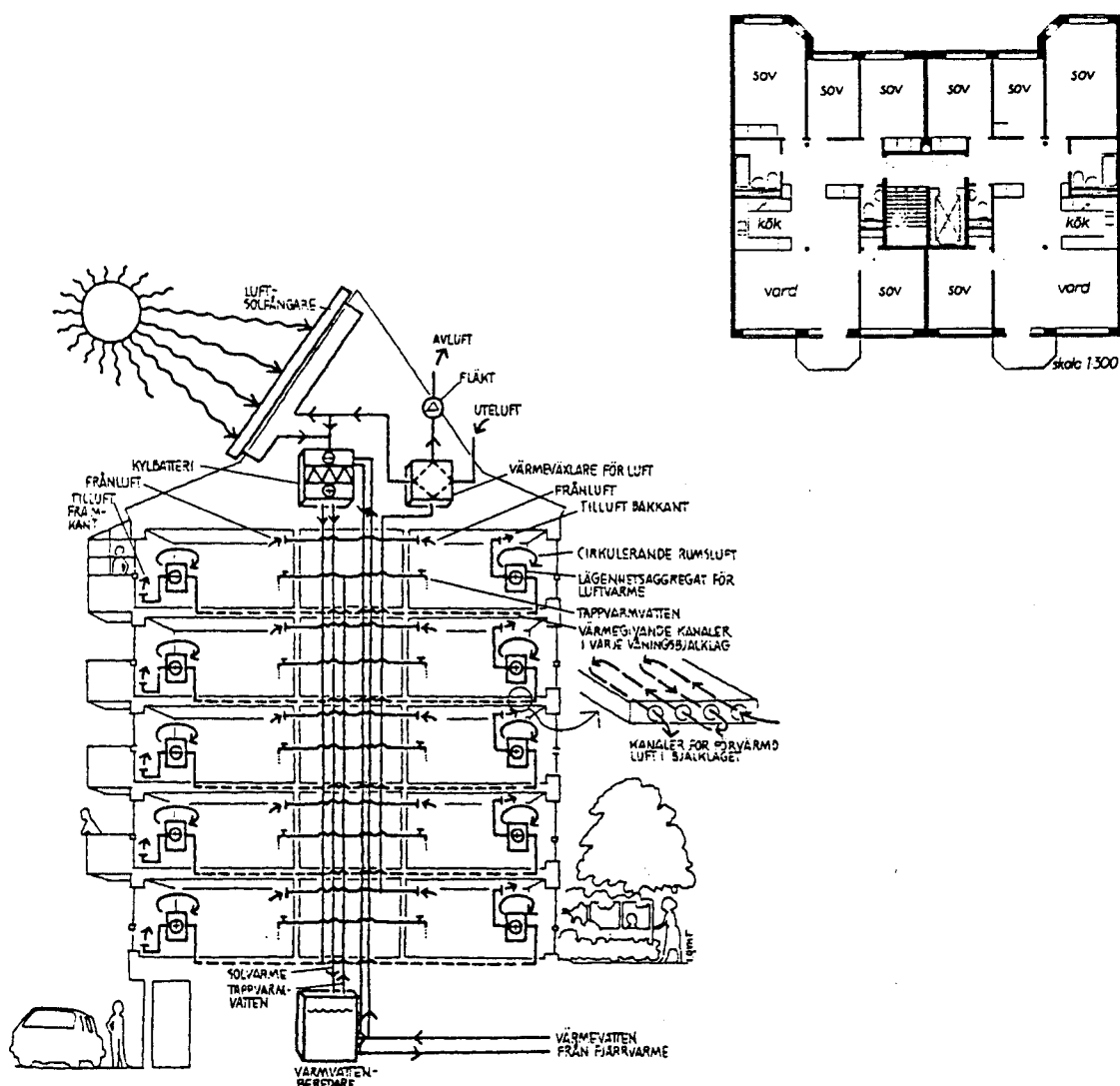
Dans les capteurs solaires qui sont intégrés en toiture, l'énergie solaire est utilisée pour préchauffer l'air provenant de l'extérieur pour le système de chauffage par air. Quand la quantité de chaleur solaire excède les besoins thermiques en chauffage, le surplus est utilisé comme source de chaleur pour le système d'eau chaude sanitaire.

Le chauffage par air s'applique dans ce cas à un système combiné de chauffage et de ventilation, l'adoption de ce principe servant à réduire les coûts d'installation des appartements. L'air utilisé peut être soit préchauffé par le capteur solaire, soit conduit directement à un système d'air chaud propre à chaque appartement. L'air est introduit dans les appartements par des dispositifs d'alimentation d'air du plancher, normalement placés au dessous des fenêtres (injection en façade), afin de prévenir les courants d'air descendants. Dans certains appartements, les dispositifs d'alimentation ont été placés au fond des pièces, de manière à simplifier quelque peu l'installation.

Ce système de chauffage est, dans une large mesure, basé sur l'énergie solaire fournie par un capteur solaire de 100 m<sup>2</sup>, intégré en toiture. Le système utilisé est un système d'air à basse température. La chaleur solaire est distribuée par des circuits à air dans les structures de plancher en béton où le surplus de chaleur est stockée.

Si la technique de construction est traditionnelle, d'un autre côté, le système d'installation est plutôt évolué.

L'air extérieur est extrait en toiture et préchauffé dans un échangeur de chaleur. L'air traverse alors le capteur solaire vers un circuit de refroidissement en serpentin où la chaleur est produite. L'air surchauffé est distribué dans les appartements. L'appoint de chaleur est fourni par le système de chauffage du secteur. Des systèmes de ventilation sont installés dans chaque appartement. L'approvisionnement d'air (0.5 vol./heure) est mélangé par filtrage à l'air extrait et ensuite distribué aux appartements (1.3 vol./heure).



Principsektion som visar byggnadens energisystem

KEJSAREN - Schéma de principe  
 Architecte : K.KONSULT

Ce graphique montre le bilan énergétique annuel.

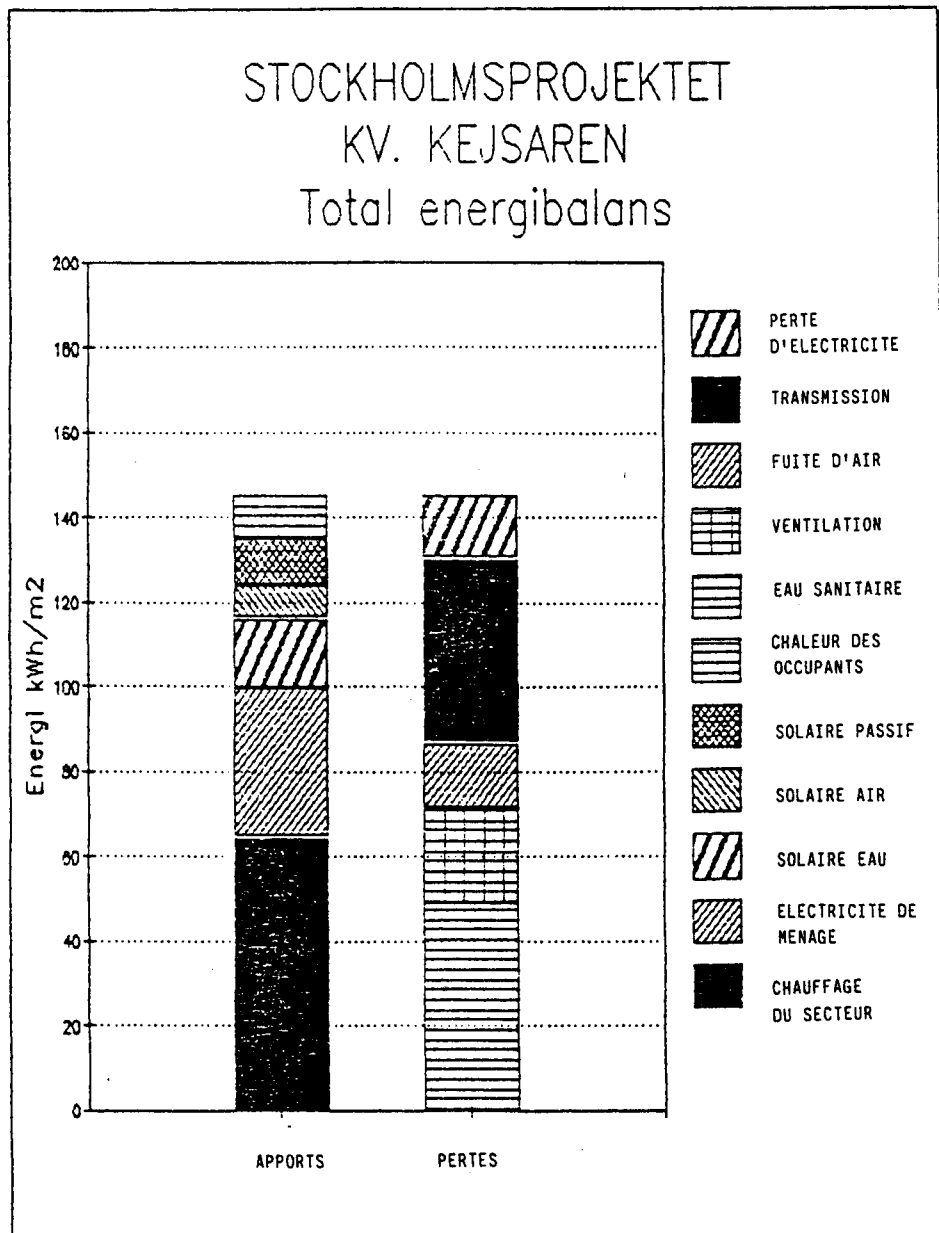


Figure 7 : Bilan énergétique annuel (Kejsaren)

Le diagramme du bilan de chaleur montre comment les pertes et les apports thermiques s'équilibrent sur l'année. En dessous d'une température extérieure de 3°C, la production de chaleur et d'eau chaude sanitaire est fournie sans recours au système du secteur.

L'immeuble de 6 étages comporte 10 appartements et des locaux commerciaux au rez-de-chaussée.

#### Données de la construction

Murs extérieurs : béton cellulaire, laine minérale, béton	$K = 0.26 \text{ K/m}^2\text{K}$
Ossature supérieure : béton, laine minérale	$K = 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$
Fenêtres : triple vitrage	$K = 1.9 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### Commentaires

Il y a eu beaucoup de problèmes avec le système solaire et certains ne sont pas encore réglés un an et demi après la construction. Sur le plan du confort, le système de chauffage par air a bien fonctionné. Les habitants sont satisfaits du système. Cependant, l'équipement disponible sur le marché est loin d'être parfait. Plusieurs composants simples se sont montrés tout à fait inadaptés : déperditions par les clapets, systèmes de régulation mal programmés, court-circuits des arrivées d'air, etc... La complexité du système d'installation nécessite une régulation de pointe. De façon générale, la régulation des flux d'air est difficile et dans ces projets, il y a plusieurs modes d'action possibles. Ceci demande des équipements de pointe qu'il est difficile d'installer convenablement, d'ajuster et de faire fonctionner. Cela a été clairement montré à Kejsaren.

#### BODJETJANTEN

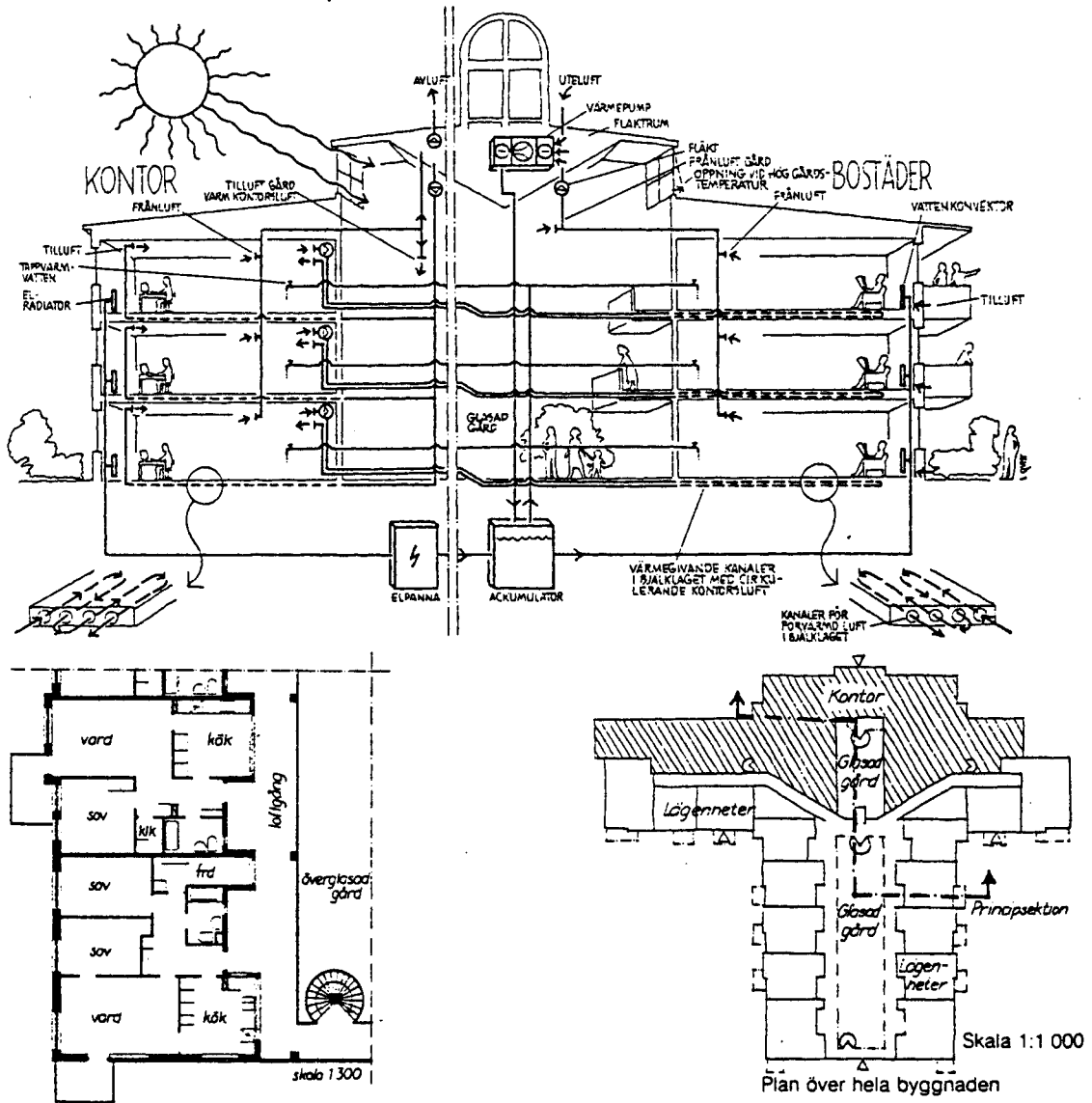
En combinant logements et bureaux dans un immeuble, il est possible d'obtenir un bâtiment à très faibles besoins énergétiques.

Les équipements de bureaux ont un surplus d'énergie durant une grande partie de l'année grâce à l'éclairage, aux machines et aux travailleurs. Ce surplus d'énergie peut être simplement utilisé en fournissant une partie des besoins de chauffage de la partie résidentielle de l'immeuble.

L'immeuble est orienté de manière à ce que la partie des bureaux soit située au nord et la partie résidentielle au sud. Une telle orientation est une garantie contre les problèmes de surchauffe rencontrés durant l'été et assure aux locaux résidentiels orientés au sud un ensoleillement maximum tout au long de l'année.

L'effet combiné, à savoir l'utilisation des surplus d'énergie des équipements de bureaux et leur consommation par la partie résidentielle de l'immeuble, est atteint par la ventilation d'air chaud en provenance du secteur de bureaux, traversant en partie une cour intérieure vitrée et en partie des conduites situées dans les planchers de la partie résidentielle de l'immeuble.

Il y a deux jardins d'hiver dans l'immeuble. Ils sont chauffés par le rayonnement solaire et par le surplus de chaleur provenant des bureaux et des logements qui entourent les atrium. La variation de température entre les différentes parties de l'immeuble sont régulées par les atriums et les planchers de béton.



BODBETJANTEN - Schéma de principe  
 Architecte : CAN Arkitektkontor AB

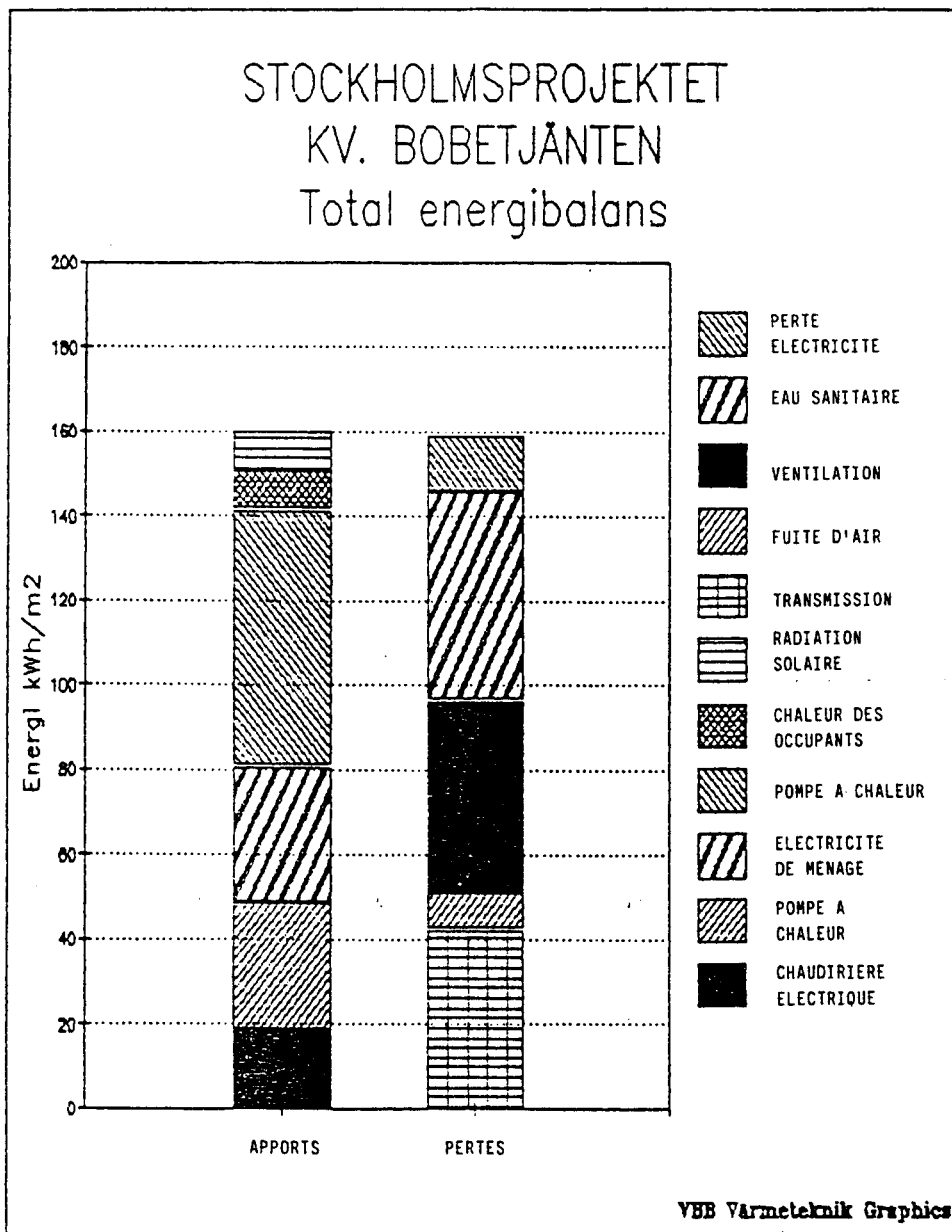


Figure 8 : Bilan énergétique annuel (Bobetjanten)

L'ambiance thermique des atriums vitrés est confortable tout au long de l'année. La température ne peut descendre durant l'hiver à moins de + 5°C la nuit. Le jour, aux heures de bureau, la température se maintient entre + 15°C et + 20°C.

Durant l'été, les cours intérieures sont refroidies par l'air circulant au travers des vitrages ouverts. Dans celles-ci, la température ne dépasse pas alors de plus d'un degré ou deux la température extérieure.

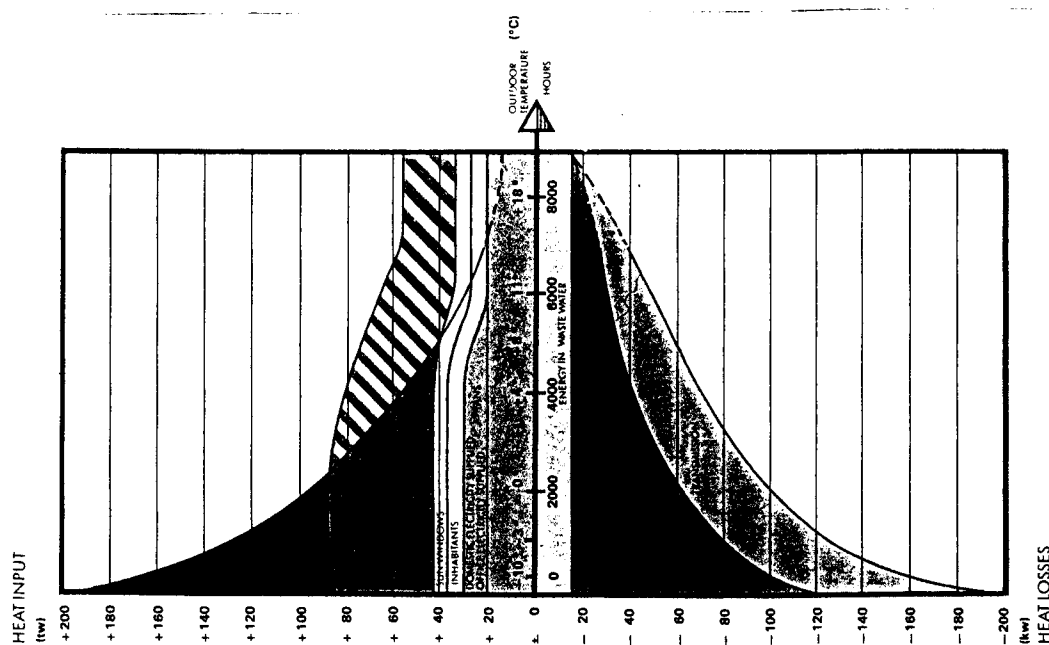
Le flux d'énergie dans l'immeuble est illustré dans la coupe montrée. Le flux d'énergie peut être résumé par les trois principes suivants :

- la partie résidentielle de l'immeuble est orientée au sud et les bureaux au nord ;
- des dalles à pont thermique transfèrent la chaleur de la partie des bureaux de l'immeuble à la partie logements ;
- une pompe à chaleur est alimentée en énergie par la ventilation de l'air sortant en hiver et celle de l'air entrant pendant l'été. L'énergie produite est alors libérée pour chauffer l'eau du chauffage central et l'eau chaude sanitaire.

Ce graphique montre le bilan énergétique annuel (figure 8).

Seulement 60 % de l'énergie nécessaire doit être achetée. Le reste est fourni par le rayonnement solaire transmis par les fenêtres, les murs et la toiture, la chaleur dégagée par les habitants et l'énergie recyclée par la pompe à chaleur.

Le diagramme montre comment les variations en surplus et besoins de chaleur s'équilibrent et fluctuent selon les heures de l'année. La première heure (la plus à gauche) est la plus froide de l'année et la 8776ème heure est la plus chaude de l'année. Un chauffage électrique est utilisé durant la partie la plus froide, en dessous de 1°C, de l'année. Pendant l'été, il y a un surplus de chaleur qui est montré dans la partie ombrée du diagramme.





## Traitement de l'air

### Bureaux :

Le système de traitement de l'air interfère avec la structure de l'immeuble selon le principe du pont thermique. L'air fourni aux bureaux est distribué à travers un réseau circulaire, situé dans les dalles de plancher et envoyé, à partir d'un système d'alimentation terminal, dans le plafond au-dessus de chaque fenêtre. Pendant l'hiver, et durant les heures de bureaux, l'air est extrait de l'atrium résidentiel. La nuit, le système de ventilation est approvisionné avec 100 % de l'air retourné qui est chauffé si la température dans les bureaux descend au dessous de la température requise. La quantité d'air frais nécessaire est prise sous la charpente du toit. Pendant l'été, l'approvisionnement d'air se fait directement à l'extérieur. L'air évacué est extrait des circuits situés dans les plafonds des couloirs. En hiver, l'air est expulsé dans l'atrium résidentiel.

### Bureaux - secteur résidentiel :

Le surplus énergétique de l'air des bureaux est transféré dans les plafonds du secteur résidentiel par deux systèmes de ventilation mécanique à chaque étage. L'air des bureaux circule dans les canalisations des planchers des logements, puis retourne vers les bureaux.

### Secteur résidentiel :

Le renouvellement d'air des appartements se fait par des prises d'air situées derrière les convecteurs sous les fenêtres. Le système d'extraction de l'air fonctionne continuellement. L'air extrait passe à travers un échangeur de chaleur avant sa sortie de l'immeuble.

### Atrium résidentiel :

L'atrium doit être réglé de manière à présenter un léger excédent dans la pression d'air afin de neutraliser les déperditions provenant de l'extérieur et du secteur de logement. En hiver, le système de ventilation qui permet le retour de l'air est branché et l'air chauffé par le soleil passe à travers un échangeur de chaleur.

Temps d'été - l'atrium est ventilé par des orifices ouverts en toiture et en façade sud. Pendant les heures de fermeture des bureaux, l'air de l'atrium peut être rafraîchi en donnant une priorité AF1 sur TF1 pour la production d'eau chaude sanitaire.

### Atrium des bureaux :

L'atrium est ventilé par OF1 et OF2 et des ouvertures.

### Chauffage

Les réservoirs de stockage d'eau chaude et ceux d'eau chaude sanitaire sont chauffés pendant la plus grande partie de l'année par la pompe à chaleur seule. La pompe à chaleur est continuellement en fonction et reçoit ses apports de chaleur par :

- un échangeur thermique dans FF2 (air extrait des logements)
- un échangeur thermique dans AF1 (ventilation de l'atrium résidentiel), les journées hivernales ensoleillées
- un échangeur d'air dans TF1 pendant l'été.

(Voir figure 9)

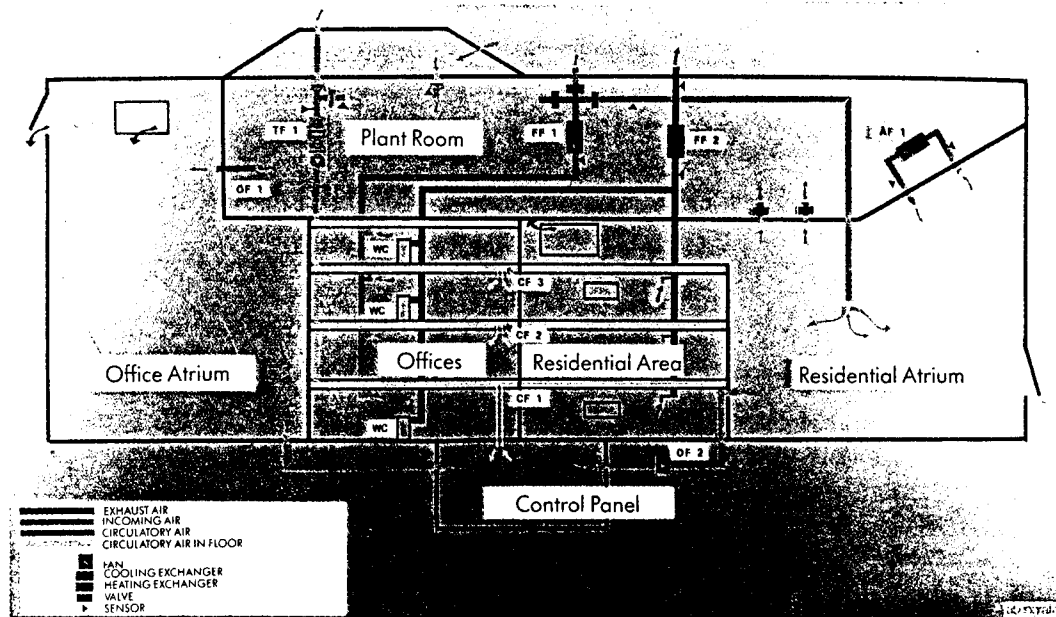


Figure 9 : Circulation d'air

L'eau chaude stockée est utilisée pour :

- le chauffage de l'eau chaude sanitaire
- l'échangeur thermique en TF1 (renouvellement d'air des bureaux)
- les convecteurs pour le chauffage des logements.

Si la pompe à chaleur est insuffisante, un chauffage électrique est allumé. Des convecteurs électriques ont été installés dans les bureaux pour éliminer les déperditions. Ils sont allumés pendant les heures de bureaux quand la température extérieure descend en dessous de 3°C. L'électricité à bon marché des heures creuses est utilisée autant que possible par l'intermédiaire de réservoirs de stockage d'eau chaude et de dalles thermiques permettant le stockage de la chaleur.

Le plan montre la distribution des 7300 m<sup>2</sup> de surface de logements, d'atrium et de bureaux. Il y a 2710 m<sup>2</sup> de surface de bureaux et 2980 m<sup>2</sup> de surface habitable ; 41 appartements de 1 pièce + cuisine et 2 de 5 pièces + cuisine.

#### Données de la construction

Murs extérieurs : maçonnerie en brique, 145 mm de laine minérale, béton préfabriqué  
K = 0.15 W/m<sup>2</sup>K

Murs extérieurs donnant accès aux balcons : plaques de plâtre, 90 mm de laine minérale, une partie en maçonnerie de brique donnant sur l'atrium  
K = 0.30 W/m<sup>2</sup>K

Plancher : dalles thermiques en béton préfabriqué, ossature acier

Fenêtres : triple vitrage et double vitrage sur l'atrium K = 2.0 à 3.0 W/m<sup>2</sup>K

#### Commentaires

Bodbetjanten illustre la complexité du système d'installation dans des bâtiments techniquement avancés. Un coordonnateur d'installation fut en conséquence spécialement assigné au chantier. L'immeuble a été achevé à l'automne 1985, aussi jusqu'à présent, n'avons nous pu tirer d'expériences de gestion.

## HOSTVETET

Le projet de Høstvetet présente des logements avec des balcons d'accès entourant une cour vitrée de 650 m<sup>2</sup>. La cour qui, normalement, n'est pas chauffée, sert de régulateur de chaleur, la température de la cour étant spontanément à + de 10°C au-dessus de la température extérieure. Durant le semestre d'été, la cour joue le rôle d'un capteur solaire et le surplus de chaleur est stocké, de l'été à l'hiver, à un niveau souterrain creusé dans le roc sous l'immeuble.

Le stockage, qui consiste en 25 forages de 80 m de profondeur, a une configuration conique dont la petite section est située au niveau du sol, afin de limiter la longueur des branchements. Pendant les mois d'été, le surplus d'énergie est stocké dans le roc au moyen d'eau chaude circulant à travers les forages. Pendant la période de l'année où l'énergie stockée doit être restituée pour le chauffage, l'eau est conduite à la surface, utilisée pour chauffer les bâtiments, puis renvoyée au stockage pour être rechargée par la roche plus chaude. Le stockage fonctionne à une température interne de + 4 à - 14°C.

Les flux thermiques dans l'immeuble sont illustrés par la coupe montrée. Chauffage et ventilation sont solidaires. L'air extrait est évacué par un échangeur thermique où l'air renouvelé est chauffé. Si nécessaire, l'air renouvelé est chauffé davantage dans l'atmosphère ambiante chaude de chaque appartement. Le système d'eau chaude réchauffe l'eau chaude sanitaire et l'atmosphère ambiante des logements. (Figure 9 bis)

Quand la température de la cour dépasse + 20°C, elle est refroidie à l'aide de la pompe à chaleur approvisionnant le stockage. La cour peut être ainsi ventilée par des ouvertures partielles en toiture. Quand la température de la cour descend en dessous de + 20°C, la pompe à chaleur ne fonctionne qu'à partir de l'air extérieur.

Ce graphique montre les calculs du bilan énergétique annuel. (Figure 10)

Le plan montre la distribution des 71 appartements.

### Données de la construction

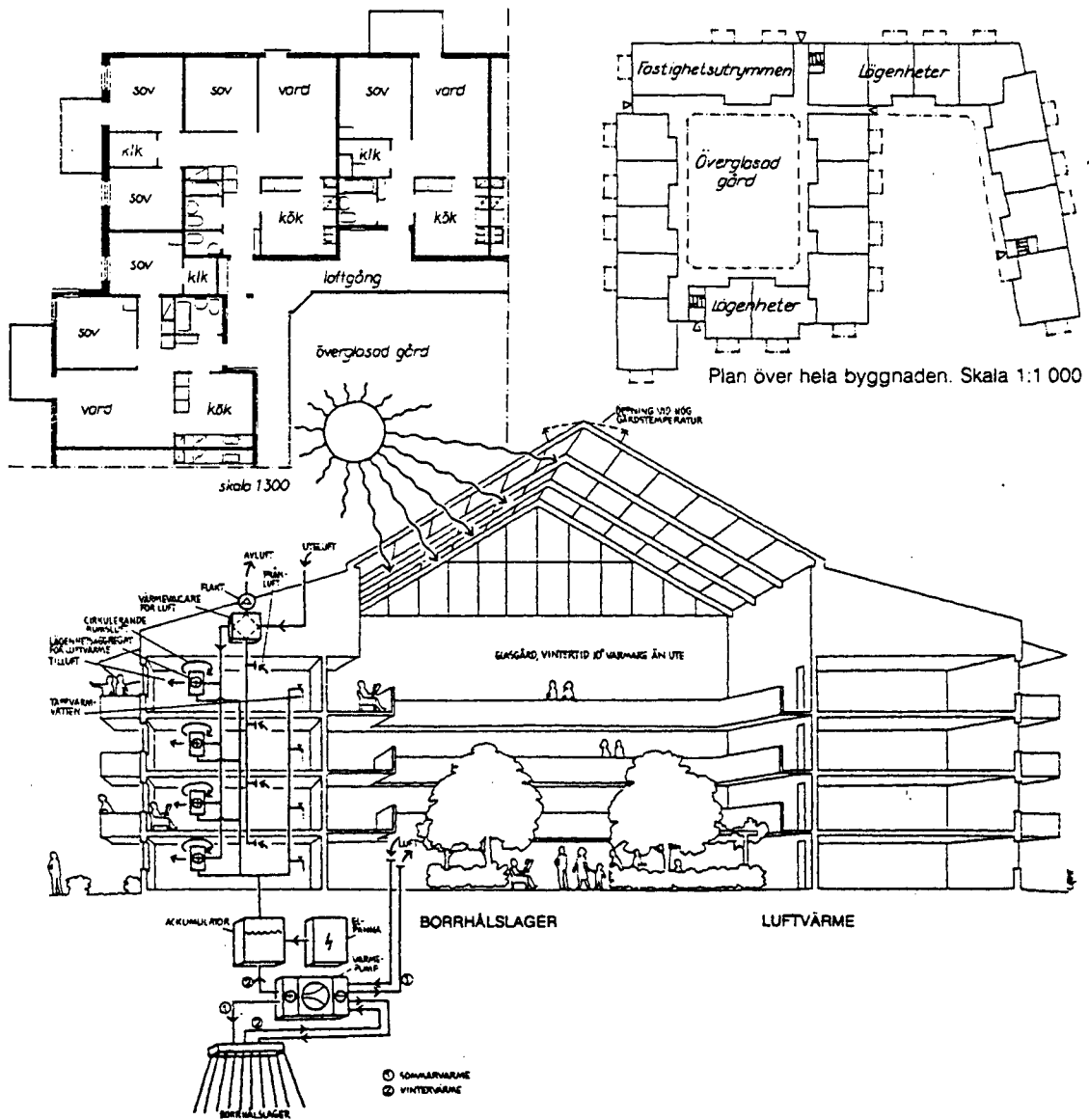
Murs extérieurs : brique, laine minérale, béton	$K = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$
Murs extérieurs donnant sur les balcons : plaques de plâtre, laine minérale, revêtement partiel de brique	$K = 0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$
Ossature supérieure : béton, laine minérale	$K = 0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$
Fenêtres : triple vitrage et double vitrage sur la cour	$2. K = 2.0 \text{ à } 3.0 \text{ K/m}^2\text{K}$

### Commentaires

Les occupants ont emménagé à l'hiver 1985, aussi n'avons nous pu tirer d'expérience du fonctionnement de l'immeuble.

### L'environnement habitable

La nouvelle technologie employée dans le projet de STOCKHOLM influencera l'environnement habitable. Dans certains cas, les changements seront à peine remarqués par l'occupant. Dans les immeubles traditionnels, avec par



Hostvetet - Schéma de principe  
 Architecte : VBB

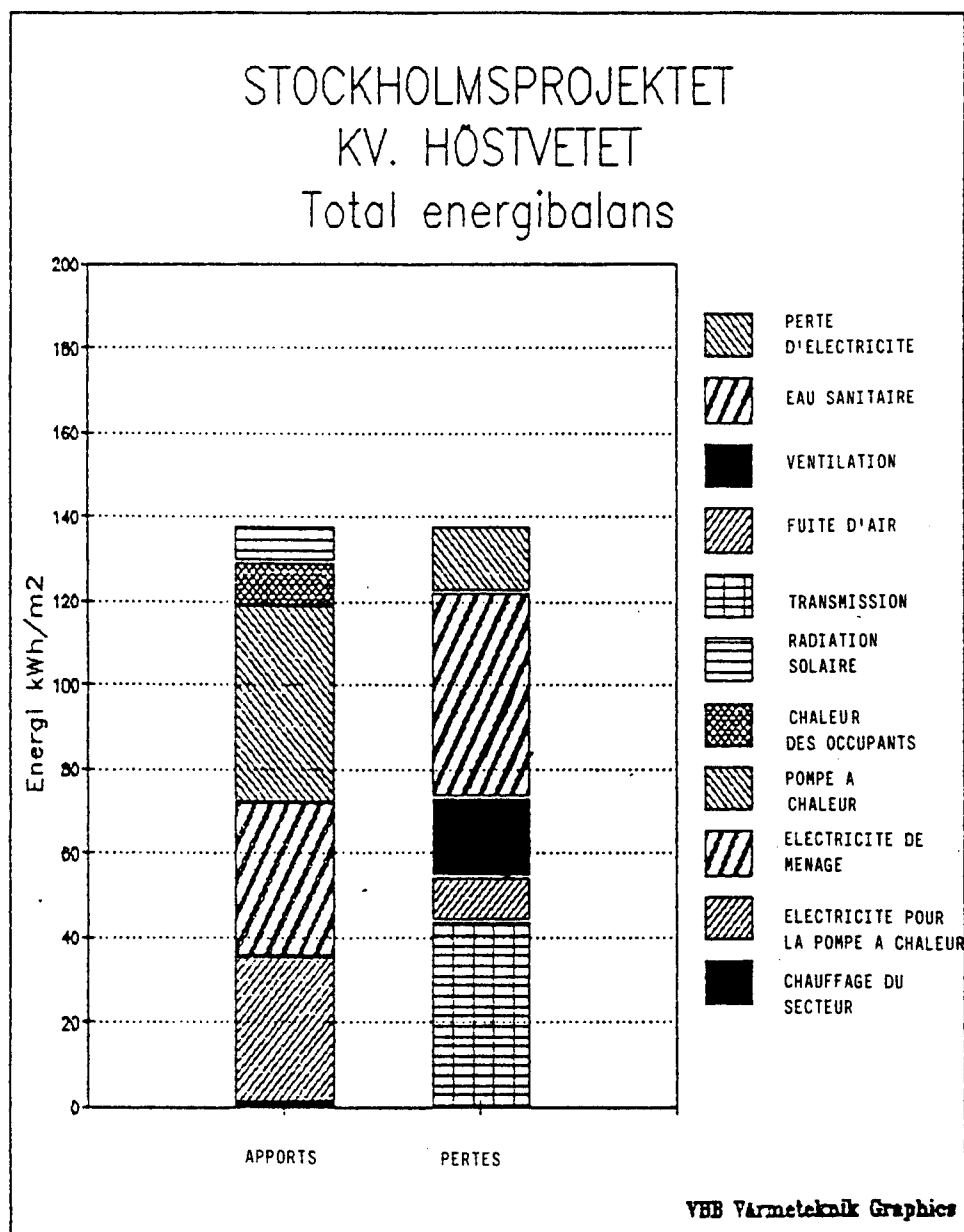


Figure 10 : Bilan énergétique annuel (Höstvetet)

exemple, de l'extra isolation ou du chauffage par air, les mesures sont seulement perceptibles par certains détails. Dans l'immeuble approvisionné par un système d'air chaud, il n'y a, par exemple, aucun radiateurs puisque l'air chaud est introduit dans les pièces par un système d'alimentation d'air. Dans le cas des immeubles avec des capteurs solaires installés sur les façades sud, à la fin de la saison estivale, les occupants devront ajuster l'installation entre l'été et l'hiver.

Les cours vitrées créeront un nouvel espace de vie. Les occupants auront accès à un espace supplémentaire protégé de la pluie, du vent et de la neige, qui pourra servir d'aire de jeux et de lieu de rencontre. Même au début du printemps, il fera comparativement chaud dès que le soleil brillera. Pendant l'été, il sera possible de rester "dehors", même par des soirées fraîches, et en hiver, la température dans la cour vitrée ne descendra jamais en dessous du seuil de gel.

Pendant la durée de la phase d'évaluation, des études seront faites à la fois sur le climat à l'intérieur des appartements et la cour vitrée. L'expérience des occupants par rapport au confort, à l'environnement et à la technologie, constitue un des aspects importants de l'évaluation.

#### Etat des expériences à l'heure actuelle

Les expériences, à ce jour, du projet de STOCKHOLM montrent qu'il est plutôt difficile d'atteindre des valeurs calculées de consommation d'énergie de 85-120 kWh/m<sup>2</sup>, pour le chauffage des logements et les achats d'énergie sur l'année. Les résultats préliminaires de 3 projets montrent des évaluations de 130 à 180 kWh/m<sup>2</sup>. La différence peut être en partie expliquée par un hiver extrêmement froid et des températures intérieures élevées (> 22°C). Quelques installations ont également montré de sérieuses malfaçons, principalement les systèmes solaires. Un préalable absolument nécessaire pour obtenir de faibles évaluations serait que l'immeuble et ses équipements fonctionnent exactement comme le concepteur l'a pensé. Ceci, à son tour, demande un travail de haute qualité tout au long du processus de construction de l'immeuble.

## LA CONSERVATION DE L'ÉNERGIE DANS QUELQUES PROJETS SUÉDOIS : L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE SOLAIRE PASSIVE DANS LES PLANS DE DÉVELOPPEMENT ET DEUX SECTEURS DE MAISONS JUMELÉES

G. NORDFELDT - K. KONSULT - STOCKHOLM

Les deux projets qui illustrent l'application pratique des théories présentées précédemment par Mme OLOFSDOTTER et M. NORDFELDT sont tous deux situés près de Gotenbourg.

Le premier projet, Brasebacken, comprend 37 habitations, principalement sous forme de maisons jumelées, mais aussi avec quelques maisons isolées.

Toutes les maisons ont deux étages et sont vendues par une association de logement sous forme de baux limités aux propriétaires-occupants ; ce système est connu sous le nom de "Bostadsrätt".

La surface habitable des constructions varie de 110 à 120 m<sup>2</sup>.

Les maisons du lotissement se partagent des équipements communs comprenant un local de réunion avec cuisine et un sauna avec douches.

L'environnement résidentiel de Brasebäcken sera assez original et connaîtra un attrait supplémentaire du fait de l'incorporation de pièces-solaires, permettant d'ajouter des séjours semi-extérieurs. En même temps, le logement sera ainsi plus économique à chauffer.

La consommation d'énergie sera mesurée dans un certain nombre d'habitations pendant une période de deux ans.

La technologie de l'énergie solaire passive a été éprouvée pendant plusieurs décennies et dans une large mesure en Europe du Sud ; il était donc naturel lorsque K. KONSULT chercha à développer des formes nouvelles et plus économiques de modes de vie, qu'il contacte des ingénieurs, architectes et chercheurs français.

Une partie de cette coopération franco-suédoise repose sur la comparaison de différents programmes de simulation de la technologie d'énergie passive, à la fois en France et en Suède.

L'un des objectifs du projet de Brasebäcken a été de limiter les coûts supplémentaires occasionnés par le chauffage solaire passif, estimé à environ 5,7 % du coût total de la construction. Nous pensons avoir réussi sur ce point.

Le projet a été partiellement financé par le "NATIONAL COUNCIL FOR BUILDING RESEARCH".

Image 1 : La ville de Gothenburg avec l'autorité locale périphérique de Partille. C'est à Partille que nous trouvons la région de Brasebäcken, à proximité de merveilleuses zones de divertissement et de beaux lieux de baignades.

**Nota** : Le nombre de diapositives projetées lors de la conférence de G. NORDFELDT étant très important, nous ne présentons ici que les plus significatives

Image 2 : Le plan du site est le suivant :

Toutes les maisons sont orientées vers le sud, mais même ainsi, le lotissement n'a pas le caractère stéréotypé qui est souvent celui des lotissements utilisant l'énergie solaire passive. A la place, nous avons essayé de créer des espaces agréables entre les maisons et le long des chemins piétonniers.

Image 3 : Les maisons sont de trois types différents et leur emplacement connaît deux variantes :

- un modèle avec pièce-solaire encastrée dans la façade,
- un autre avec pièce-solaire en façade,
- et le troisième modèle avec pièce-solaire à l'extrémité de la maison.

Un effort a été fait dans tous les types de maisons pour intégrer la pièce-solaire dans une surface habitable d'une manière naturelle, afin qu'elle puisse être perçue comme une extension du salon, par exemple.

Image 4 : Le principe fondamental de la technologie utilisée, est que tout air entrant passe à travers la pièce solaire où il est pré-chauffé avant d'être diffusé dans la maison.

Des calculs intensifs ont donc été effectués à la fois en France et en Suède afin de déterminer quelles températures peuvent être escomptées dans la pièce solaire. En général, on peut dire qu'en hiver, la température augmente par temps couvert d'environ 5 à 7°C tout au long de la journée, et un peu moins la nuit. Cependant, les jours clairs et ensoleillés, la température de la pièce solaire peut atteindre entre 35 et 40°C. Ceci impose des efforts spécifiques concernant à la fois la technologie du capteur et le système de ventilation de la maison. Par conséquent, pendant l'été, une alimentation spéciale d'air froid est utilisée.

Toute ventilation d'air entrant passe à travers la pièce solaire où il est pré-chauffé. Après avoir traversé un ventilateur et un amortisseur de son, l'air pré-chauffé est conduit par un système de gaines dans la dalle de fondation de la pièce solaire. Le système de conduits fonctionne comme un équilibreur de chaleur avant que l'air ne soit soufflé à l'intérieur de la maison. Pendant la nuit, quand l'air entrant est plus frais que l'air des pièces de la maison, la dalle de fondation dissipe la chaleur qu'elle a stockée pendant la journée. Le système de gaines est conçu pour des températures avoisinant + 40°C et peut supporter un refroidissement à + 21°C. Pendant l'été, la pièce solaire est ventilée et aucun air n'est aspiré dans le système.

Au printemps et en automne, la dalle de fondation ne peut pas toujours contrebalancer suffisamment l'excès de température. En ces occasions, un humidificateur automatique assure à l'air entrant une température qui n'excède pas 21°C. Ceci signifie que les occupants de la maison peuvent régler le niveau de la température désirée.

Image 5 : La pièce solaire remplit plusieurs fonctions. Elle complète le salon et elle étend la possibilité de s'asseoir "dehors". La température moyenne dans la pièce solaire est de plus de 18°C pendant 6 jours en mars et novembre, 19 jours en avril et octobre, et 26 jours en mai et septembre.

Image 6 : Le programme de développement de Brasebäcken a été le suivant :



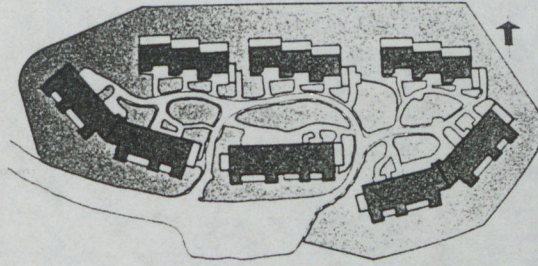
- Conception,
- Construction,
- Emménagement,
- Mesures,
- Evaluation,
- Suivi,
- Rapport final.

Photographies prises sur le site :

- 1 - La dalle de fondation pour la maison est placée sur une couche de pierre concassées.
- 2 - Des blocs de béton cellulaire forment une armature autour de la dalle.
- 3 - La dalle de fondation complète.
- 4 - Les conduits sont posés dans la dalle de fondation de la maison avant le coulage final.
- 5 - Le réseau de gaines pour le système de chauffage est placé dans la dalle de fondation de la pièce solaire.
- 6 - La disposition des gaines.
- 7 - L'ensemble des éléments constructifs sont fabriqués sur le chantier afin de réduire les temps de construction.
- 8 - L'ossature bois de la maison érigée avec des poutres supportant des cintres de 1200 mm, et à gauche, un pan de mur en place.
- 9 - La pose de l'ossature du rez-de-chaussée.
- 10 - Des éléments complets de mur attendant d'être mis en place.
- 11 - La maison commence à prendre forme. Une partie du sas d'entrée.
- 12 - La plupart des entrées ont été orientées au nord et le vitrage a été réduit pour minimiser les pertes d'énergie.
- 13 - Un appentis de rangement à côté de l'entrée de la maison.
- 14 - Production d'éléments de murs préfabriqués sur le chantier.
- 15 - Une dalle de fondation prête pour la construction d'une serre en façade.
- 16 - Isolation du sol à l'extérieur de la serre. Ici le vitrage est en place.
- 17 - Une serre terminée sur deux niveaux.
- 18 - Les panneaux vitrés ont été conçus comme des éléments porteurs.
- 19 - Un bardage métallique recouvre le côté exposé de l'étage supérieur de la serre.

- 20 - Les gaines de ventilation sont tout à fait visibles à l'intérieur de la serre.
- 21 - Après le pré-chauffage, le filtrage et l'amortissement du bruit, l'air est diffusé à travers les orifices situés sous les fenêtres de la maison.
- 22 - Le lotissement est presque prêt. Ici nous faisons un petit tour entre les maisons. La serre est située à l'extrémité gauche du mur.
- 23 - Perspective à partir d'une voie pédestre circulant à travers le lotissement.
- 24 - La serre est fixée à une extrémité du mur. Un salon au rez-de-chaussée et une chambre à l'étage supérieur.
- 25 - Au premier plan, un appentis de rangement accolé à la porte d'entrée.
- 26 - A gauche, les salles communes pour les résidents du lotissement.
- 27 - Perspective le long d'une des voies pédestres entre les maisons.
- 28 - Deux maisons jumelées avec la serre placée le long d'une partie de la façade de chaque habitation.
- 29 - Ici, un exemple de serre encastrée dans la façade de la maison. Au rez-de-chaussée, le salon et la serre ont été réunis et au premier étage, un petit solarium donnant sur les chambres.
- 30 - Exemple de vérandas vitrées, vues de la route locale d'accès.
- 31 - Maisons jumelées.
- 32 - Nous avons essayé de créer des perspectives agréables lorsque l'on circule autour du lotissement.
- 33 - Les terrasses extérieures sont immédiatement adjacentes à la serre.
- 34 - Derrière la serre, on peut voir la porte d'accès au salon.
- 35 - Voici les trois variantes de serres. Nous avons essayé de mélanger les trois types de serres afin de créer un environnement aussi varié que possible.
- 36 - Les maisons sont bien adaptées à la topographie et aux plantations existant sur le site.
- 37 - Il existe aussi des possibilités de création de petites terrasses entre les entrées des maisons et les appentis.
- 38 - Des fenêtres aussi petites que possibles, sauf dans les bonnes directions, c'est-à-dire le sud et l'ouest.
- 39 - Une prise d'air froid pour les jours chauds sur le côté nord de la maison.

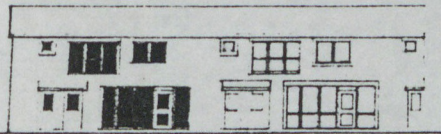
Image 2 :  
Plan du site



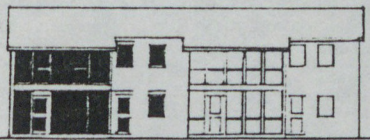
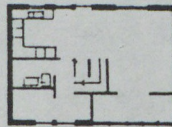
**SITUATIONSPLAN**

**HUSTYPER**

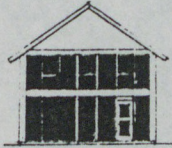
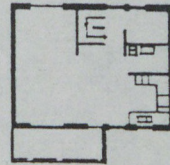
Image 3 :  
3 types de maisons  
différentes



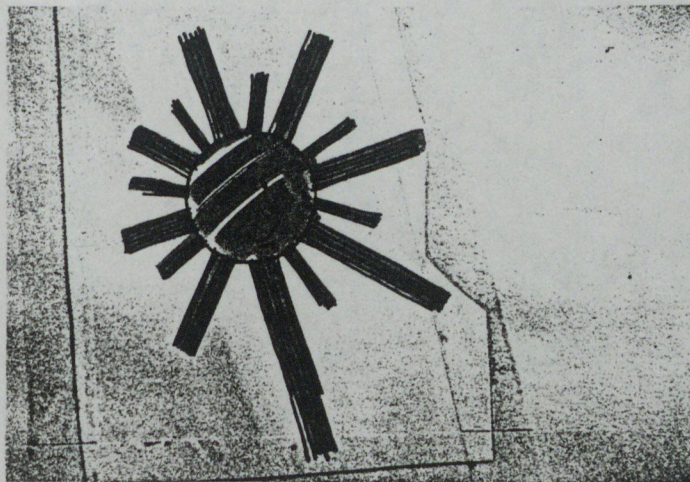
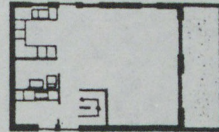
Med indragen glasveranda



Med utanpåliggande glasveranda



Med glasveranda på gavel



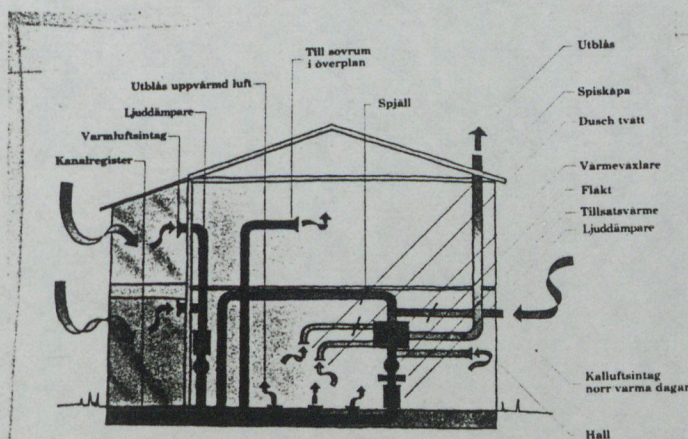
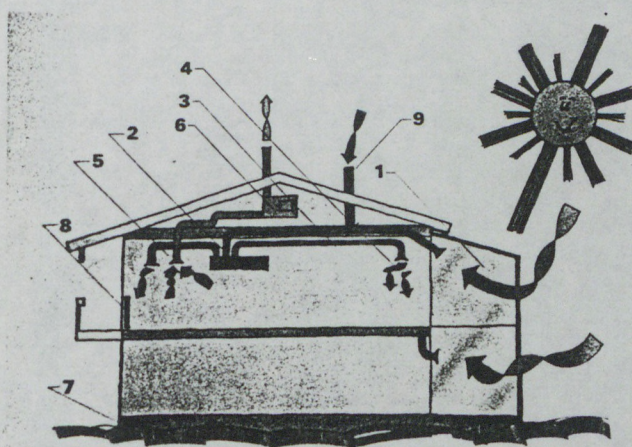
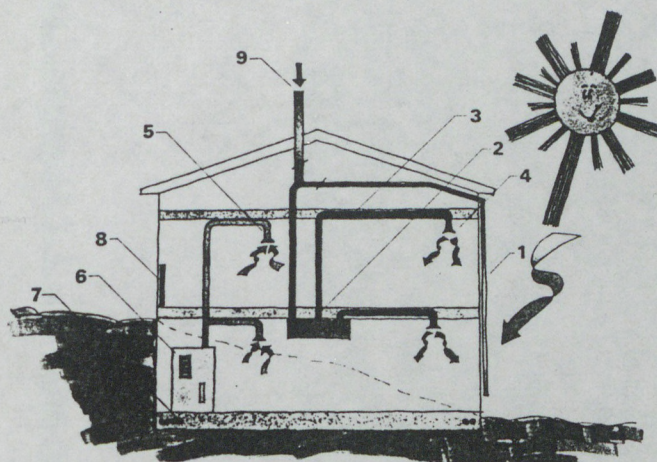
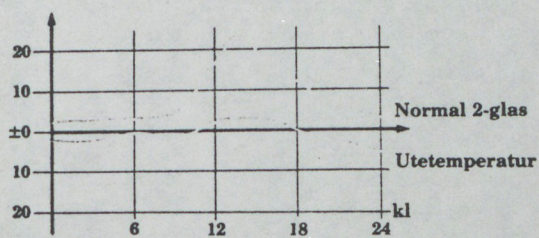


Image 4 :  
3 schémas du principe  
utilisé

### BERÄKNADE TEMPERATURER I SOLRUMMET



Värde den 3/2  
 Soligt och medeltempererat vinterdygn  
 $T$  (medel) ute =  $-1^{\circ}\text{C}$   
 Aktuell solinstrålning = 31,62 kWh  
 (klart dygn 42,2 kWh)

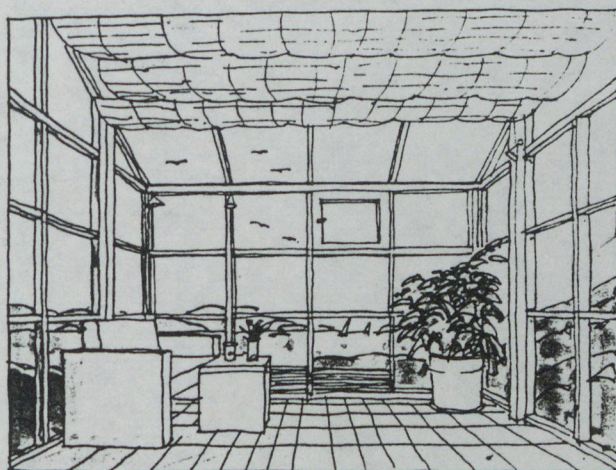
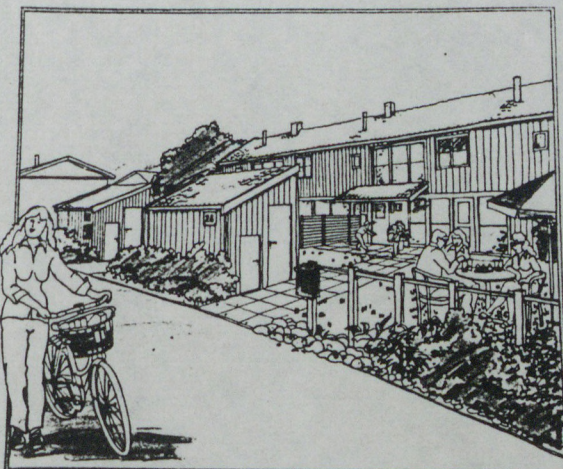
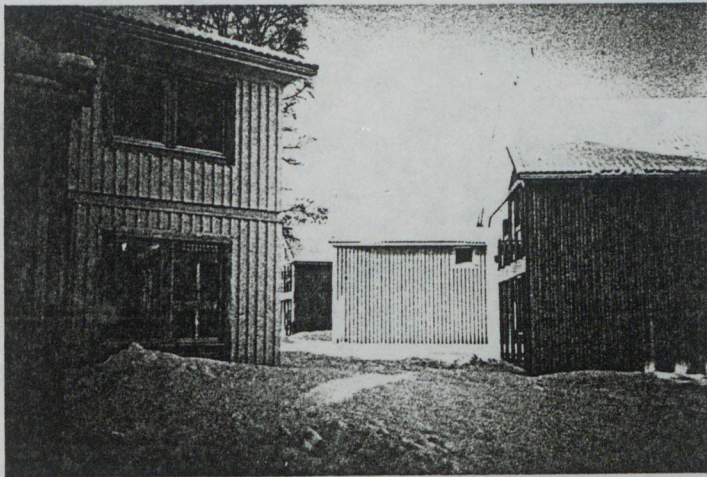


Image 5 :  
 La pièce solaire





Parcours entre les maisons  
du lotissement



3 vues montrant les variantes  
de maisons avec serres

40 - Le soleil en février.

41 - Le soleil de février à nouveau.

42 - Les maisons ne sont qu'en partie peintes en raison de la saison.

Image 1 du site :

Le second projet concerne un bâtiment expérimental utilisant la technologie de l'énergie passive dans un immeuble résidentiel. L'objectif principal est de réduire la consommation d'énergie de 40 à 50 % comparativement aux immeubles d'appartements conçus selon la réglementation de la construction suédoise de 1980, en utilisant la technologie de l'énergie solaire passive, une planification appropriée et des mesures d'ordre architectural et constructif. Une question d'intérêt général est de voir dans quelle mesure les efforts concernant l'environnement intérieur et extérieur peuvent être poursuivis, tout en sériant les exigences imposées par la technologie de l'énergie solaire passive. C'est là que le micro-climat joue un rôle important.

La conception générale des maisons et les solutions techniques ne peuvent être produites séparément. La forme de coopération et d'échanges d'idées implique que les conditions fournies par le "plan d'action régional" approuvé puissent également être évaluées au stade de la conception.

Image 2 :

Le projet a été élaboré par K. KONSULT, le Conseil Municipal de Gothenburg, HSB (l'Association Nationale pour les Economies des locataires et des entreprises du bâtiment), l'Université de Technologie Chalmers et le Collège de l'Université d'Agriculture d'Alnarp. Le projet a été financé par le Conseil National de Recherche en Construction.

En résultat de cette large coopération inter-professionnelle et de la nature du projet très orienté vers la recherche, des idées et des analyses ont été développées parallèlement au travail de conception. Des mesures du vent et une enquête soignée sur le micro-climat et la végétation ont été effectuées conjointement avec des tests en soufflerie des dispositions du premier schéma de plan de la zone d'intervention.

Image 3 :

Les phases du projet pour le site de Stora Ersasberget sont principalement les suivantes :

- analyse énergétique,
- préparation du plan de la zone d'intervention,
- test en soufflerie,
- évaluation climatique,
- étude de la végétation,
- conception,
- construction,
- mesures,
- suivi.



Image 4 :

Le site de Stora Ersasberget est situé près de la mer, au sud ouest de Gothenburg, et est entouré par un paysage où alternent espaces libres et lotissements de maisons. Aucun changement significatif n'y était prévu dans un proche futur. Du point de vue de la recherche et de l'évaluation, il est souhaitable que l'allure du changement soit ici très lent. Le site repose sur une zone sujette à des vents forts du kattegatt qui est à moins d'un kilomètre à l'ouest. Cette position exposée rend le site particulièrement intéressant pour l'étude de l'influence du vent du point de vue de l'énergie et de l'environnement.

Image 5 :

Les brise-vents végétaux ne sont pas seulement utilisés dans les projets de construction expérimentale tel que le Ersasberget, puisque les deux objectifs : réduire les pertes d'énergie et créer un climat plus confortable sont importants dans beaucoup de situations.

Image 6 :

Le site comprend un total de 41 logements dont 32 ont été équipés de balcons entièrement vitrés. Du point de vue de l'environnement, les balcons vitrés offrent des possibilités nouvelles et tout-à-fait différentes pour un mode de vie "extérieur". La partie nord du site de la construction comporte une pente douce face au sud et un plateau orienté est-ouest. Les entrées des logements donnent sur un espace piétonnier qui contient trois petites aires de jeux. Le sol autour des maisons a été laissé autant que faire se peut dans son état naturel.

Image 7 :

Ainsi, comme je l'ai signalé plus tôt, il y a donc un total de 41 logements dont 32 ont des balcons vitrés et 9 maisons-terrasses équipées de capteurs solaires à air.

Les capteurs solaires sont difficiles à positionner sur les immeubles et souvent laids, mais dans cet exemple, les capteurs sont montés sur la façade de l'immeuble de telle manière qu'ils forment partie intégrante de la maison.

Image 8 :

Pendant la majeure partie de l'année, la serre (1) fonctionne comme un capteur solaire à air très simple. Toute la circulation d'air entrant est effectuée à travers la serre où il est pré-chauffé. L'air est ensuite aspiré dans une unité d'approvisionnement d'air (2) où il est encore davantage chauffé, si besoin est. Il est ensuite conduit à travers une série de canalisations dans la dalle-plancher de la maison avant d'être soufflé à l'intérieur de l'habitation (4). Par ce système de conduits, l'énergie peut donc être stockée dans la dalle plancher. L'air extrait de plusieurs habitations (5) est concentré dans une pompe à chaleur située en position centrale (6). Celle-ci chauffe l'eau chaude sanitaire.

Le contenu énergétique de l'air sortant est plus important que le besoin d'eau chaude. Les conduits d'eau chaude entourent la maison entière, deux sur le côté sud et quatre sur le côté nord (7), fournissant le chauffage à l'arrière de la maison.

Les besoins de chauffage complémentaires sont fournis par des convecteurs électriques contrôlés individuellement (6). A certains moments, l'air provenant de la serre peut être trop chaud. Dans ce cas, l'air chaud est mélangé automatiquement avec de l'air froid (9).

Image 9 :

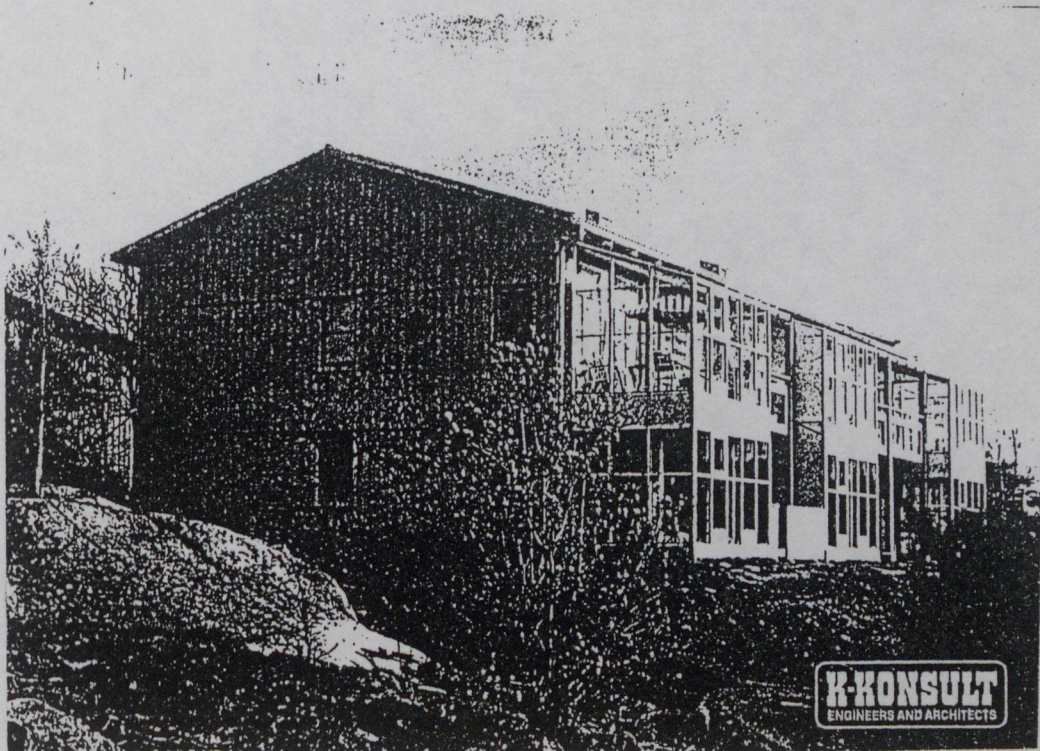
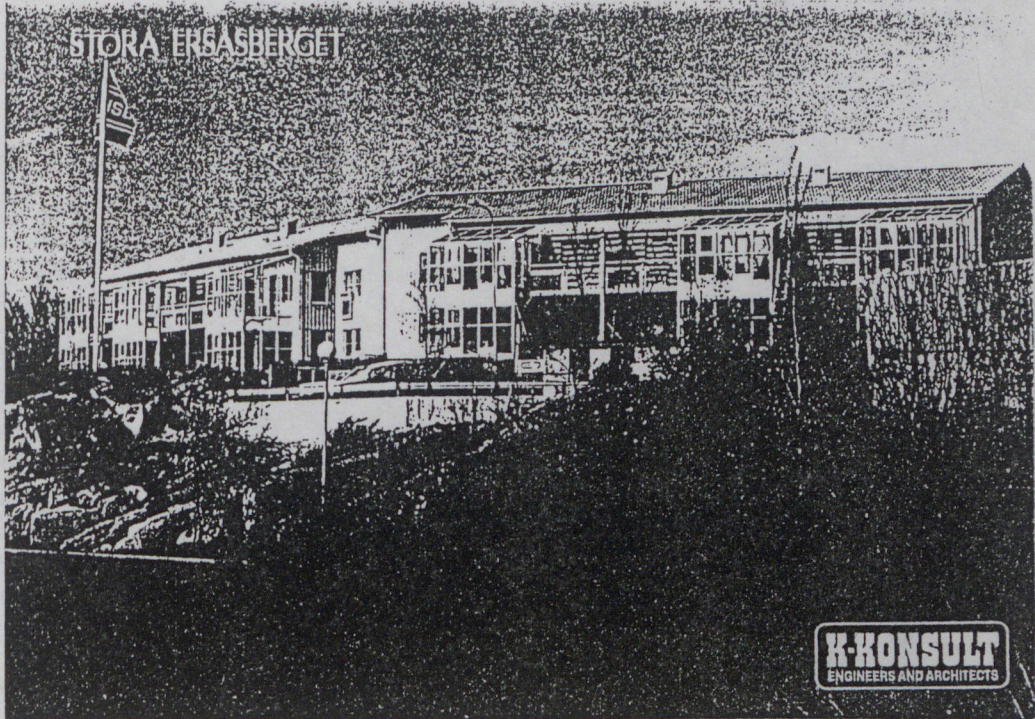
Dans les maisons-terrasses, la serre a été remplacée par un simple capteur solaire à air d'un meilleur rendement. Les logements sont ici plus grands et un système de récupération d'énergie plus efficace a été mis en place.

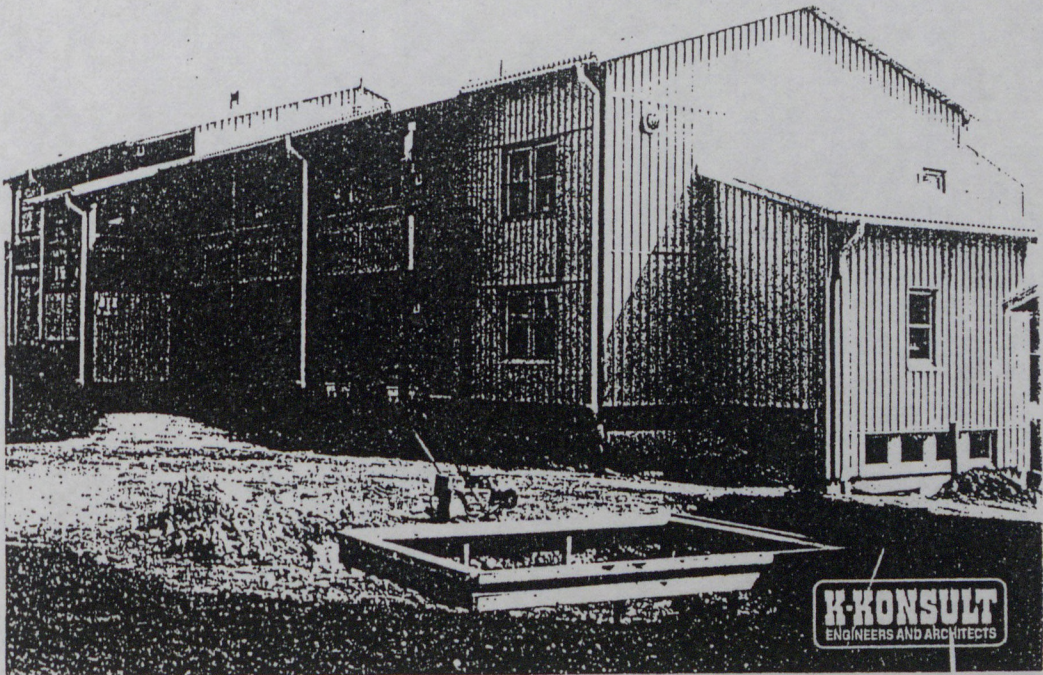
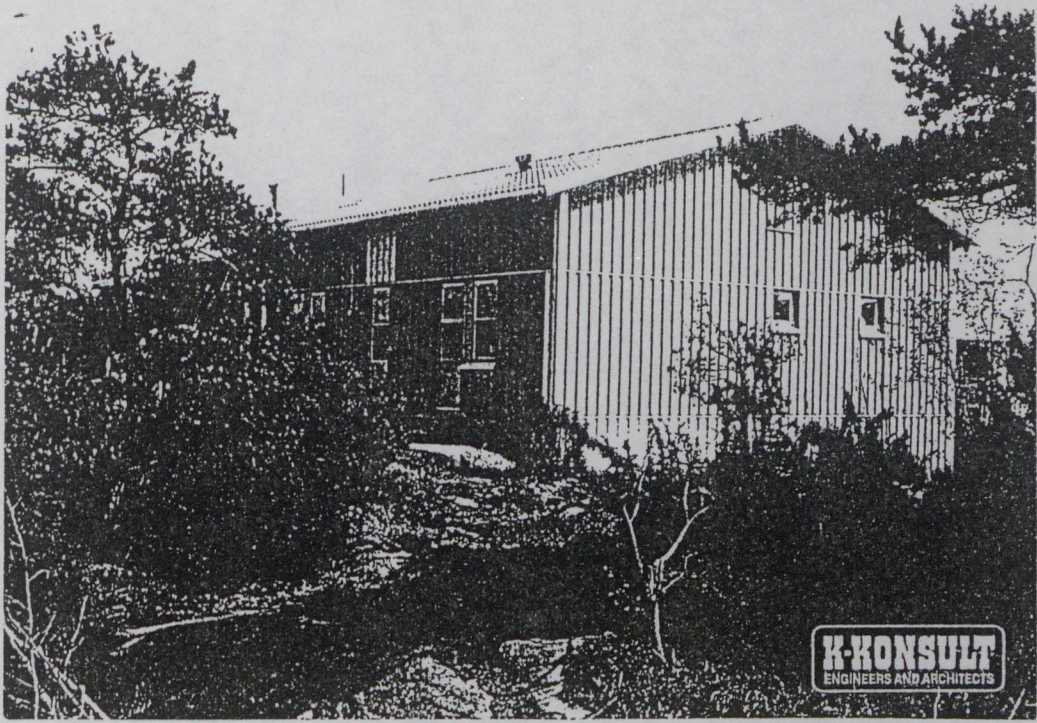
Les systèmes diffèrent de deux manières :

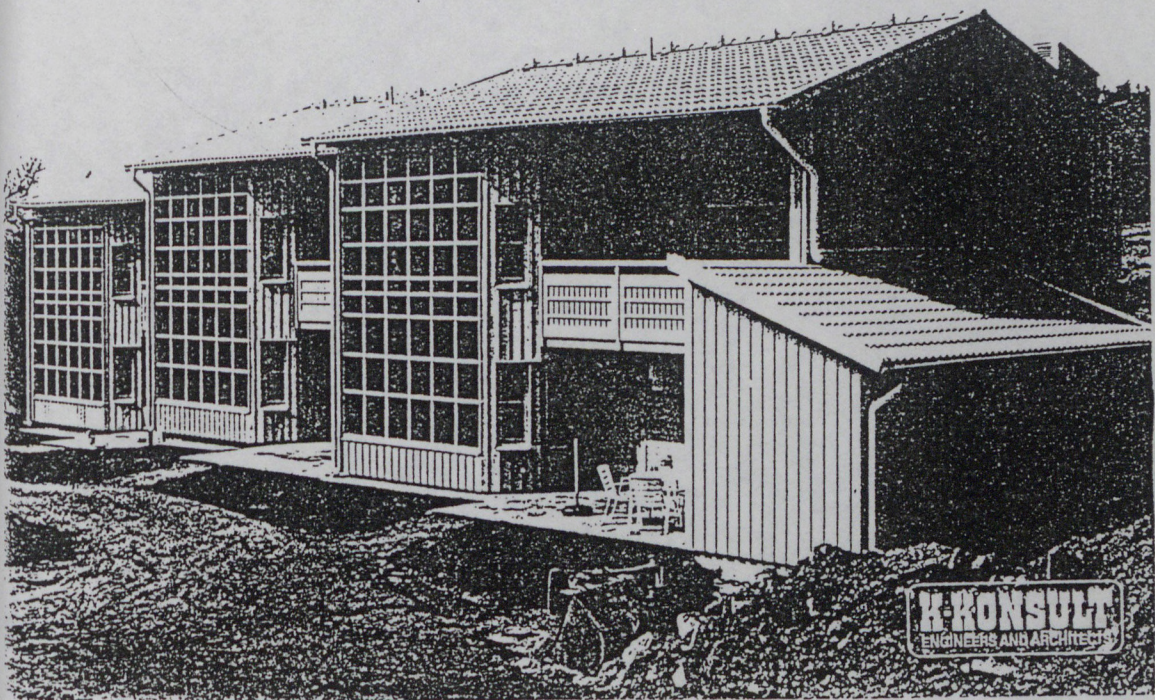
- la serre est remplacée par un simple capteur solaire à air ;
- mise à part l'eau chaude chauffée individuellement dans chaque habitation par une pompe à chaleur, les mêmes systèmes sont utilisés.

Images du site :

- 1 - Le principe du système de gaines dans la dalle de fondation en béton est pour l'essentiel, le même que dans le lotissement de Brasebäcken.
- 2 - Les maisons sont bien adaptées aux conditions du site. Ici, vous pouvez
- 3 - voir l'arrière de l'une des maisons-terrasses équipée d'un capteur solaire à air.
- 4 - Le devant de la maison-terrasse avec balcon et le capteur solaire avant qu'il ne soit ajusté en position.
- 5 - Un capteur à air en position.
- 6 - Le capteur solaire forme partie intégrante de la maison,
- 7 - et a même été équipé de panneaux vitrés qui couvrent les joints des unités de capteurs solaires, ce qui donne un aspect intéressant. En dessous des capteurs se trouvent les entrées des habitations équipées de serres.
- 8 - Le côté de l'entrée et le balcon permettant l'accès aux habitations équipées de serres.
- 9 - Le détail de l'entrée d'une habitation qui est tournée vers la cour calme et abritée.
- 10 - Cette vue de la cour montre deux types d'habitations, appartements avec balcons d'accès et maisons-terrasses.
- 11 - La façade sud n'est pas encore équipée de la serre.
- 12 - La serre est une structure auto-portante utilisant une ossature d'acier montée sur la façade extérieure de la maison.
- 13 - Vue extérieure de la future serre montrant des détails de l'ossature d'acier. Même le toit sera vitré, ce qui n'est pas le cas dans le logement de Brasebäcken. Une protection solaire sera donc nécessaire en toiture pour les jours chauds et ensoleillés.
- 14 - Ici, on peut voir comment le vitrage commence à être ajusté dans la structure acier.
- 15 - Une serre sur trois niveaux.







## CONCEPTION LOCALE EN AUTRICHE

K. SEMSROTH - TECHNISCHE UNIVERSITÄT - VIENNE.

Depuis quelques années, le problème principal de la conception et de l'architecture urbaine a été d'interpréter les limites des ressources écologiques.

Ce problème est relativement nouveau. Certes, le développement des implantations humaines a toujours reposé sur l'espace naturel disponible ; cependant, si ces activités avaient pris en considération l'écologie, nous n'aurions jamais eu les problèmes d'environnement que nous connaissons aujourd'hui.

Dans la mesure où nous consommons plus de 40 % de l'énergie dans la vie quotidienne pour le chauffage, l'eau chaude, ... de nos immeubles, je crois que les architectes et les urbanistes sont appelés à contribuer à réduire ce pourcentage extrêmement élevé.

Il était autrefois possible de construire en usant modérément de l'énergie, et cela grâce à une adaptation soignée aux conditions locales spécifiques. Par exemple, dans le climat maritime des Pays Bas, caractérisé par ses hivers et ses étés doux, les grandes fenêtres prédominent pour des raisons évidentes. A l'inverse, dans le climat continental de l'est de l'Autriche, on construisait avec des murs épais, de petites fenêtres et de petites portes afin de se prémunir du froid extrême de l'hiver et de la température élevée de l'été. Les murs étaient blanchis à la chaux pour réfléchir le soleil.

Dans le passé, on utilisait souvent des volets mobiles comme procédé d'isolation contre la chaleur du jour et le froid de la nuit, à peu près comme le recommandent les programmes énergétiques d'aujourd'hui. Les conditions climatiques locales, avec toutes leurs phases temporaires -les heures du jour et les saisons de l'année-, sont évidentes à chacun par un seul coup d'oeil aux maisons de la région. On peut même dire si une maison est occupée ou non. Des images de maisons ou de villages peuvent montrer de cette manière le rythme naturel de la vie, ainsi que le fait la végétation. Je pense que la persistance de ce rythme est très important pour une vie saine dans la ville également. Mais toutes ces questions sur la rationalisation du chauffage, par exemple, les détails techniques sur ce qui permet une meilleure isolation thermique des fenêtres, des murs et des toits, peuvent prendre effet seulement si la conception de la ville entière a pris en compte la relation complexe qui existe entre elle-même, le climat et l'environnement. Cette prise en compte doit commencer avec la morphologie urbaine, l'implantation et la conception d'une maison -selon qu'elle soit ouverte ou fermée et selon le mode de vie qui est influencé par ces facteurs-.

Autrefois, en Autriche, on prenait beaucoup plus en compte les exigences climatiques. Ces préoccupations se sont évanouies en Autriche, de même que dans les autres pays ; ceci en raison de la révolution industrielle au cours

de laquelle seuls les aspects économiques des constructions jouaient un rôle significatif. C'est seulement dans les dernières années, et à cause de la présente crise de l'énergie, que ces réflexions sont devenues si importantes en Autriche. La solution au problème énergétique peut être examinée de trois manières différentes :

- 1 - Après la seconde guerre mondiale, pendant la phase de reconstruction, de petits groupements avec des maisons préfabriquées ont été introduites. La construction de ces maisons débuta à Vienne en 1953.
- 2 - Des maisons spécialement conçues qui utilisent l'énergie solaire active ou passive. Ces types apparaissent à Vienne en 1974.
- 3 - De petits groupements de maisons de bois, initialement construites; en vue d'un mode de vie alternatif où le problème énergétique était seulement indirectement pris en compte.

Après cette introduction générale, j'aimerais illustrer mon propos par quelques exemples autrichiens de la première catégorie.

Ces exemples sont exclusivement liés au nom de Roland Rainer, l'un des plus célèbres architectes autrichiens. L'idée principale du premier exemple dû à Rainer était d'essayer d'utiliser les rayonnements élevés de chaleur des pentes sud de la région viennoise. Pour la prise en compte des problèmes énergétiques, R. Rainer nous démontra qu'il est toujours essentiel d'orienter les maisons d'une zone d'aménagement vers le sud et qu'il n'est cependant pas nécessaire d'y aménager des fenêtres plus petites. Il fut l'un des premiers architectes en Autriche qui mit en évidence les avantages des pentes méridionales. Outre les "Werkbundsiedlung" viennois de la Veitingergasse, Rainer mit d'abord en oeuvre ses idées dans un petit ensemble de maisons préfabriquées. Peut-être fut-il d'abord inspiré par la maison d'André Lurçat dans la "Werbundsiedlung" qui était nettement orientée vers le sud -vous pouvez le constater dans les illustrations qui suivent : la façade sud de la maison est ouverte et la façade nord est presque fermée. Dans le voisinage de ces constructions, un autre architecte, Hugo Haring, orientait ses maisons de la même manière. La disposition de son lotissement dans la Veitingergasse, derrière le "Werkbundsiedlung" est conçue de manière à ce que les pièces principales de la maison soient orientées vers le grand soleil d'été, seulement atténué par un toit en saillie, tandis que le soleil bas de l'hiver pouvait chauffer les pièces. Pour utiliser cette importante quantité de chaleur, les maisons étaient approvisionnées par un système automatique de chauffage de l'air. Les jours d'hiver ensoleillés, par exemple, le système s'arrêtait automatiquement, la chaleur nécessaire étant fournie par les rayons du soleil.

Cette idée d'utiliser l'énergie solaire passive avec une exposition vers le sud, combinée à des systèmes automatiques de chauffage d'air et, si nécessaire, à un écran protégeant du soleil d'été, constitue le début de la prise en compte des problèmes énergétiques solaires en Autriche.

Trois ans plus tard, en 1956, Rainer construisit un autre ensemble à Vienne sous le nom de "Mauerbergsiedlung". Le terrain était très escarpé. A première vue, il ne semblait pas approprié pour être utilisé comme zone constructible. Mais la pente était orientée vers le sud-ouest et fournissait une vue merveilleuse sur la ville. Ici, Rainer pouvait continuer à mettre en

oeuvre ses idées. Il disposa plus de soixante maisons sur cette pente, sans possibilité d'y accéder en automobile, mais avec des sentiers pédestres et de nombreux escaliers. La pente était si raide que toutes les maisons bénéficiaient d'un point de vue dégagé ; la façade sud fut totalement construite en verre en vue d'un usage optimal de l'énergie solaire passive. La figure 1 montre de quelle manière l'architecte a utilisé le soleil. Dans les maisons à un étage, il a employé des bardages de bois peints en blanc. Dans les maisons à deux étages, le deuxième plancher est placé en retrait et le premier plancher fait une saillie d'un mètre vingt. Afin de contrôler l'efficacité de l'utilisation de l'énergie solaire passive, la moitié des maisons fut équipée de systèmes conventionnels de chauffage de l'eau et l'autre moitié fut dotée de systèmes automatiques de chauffage d'air chaud.

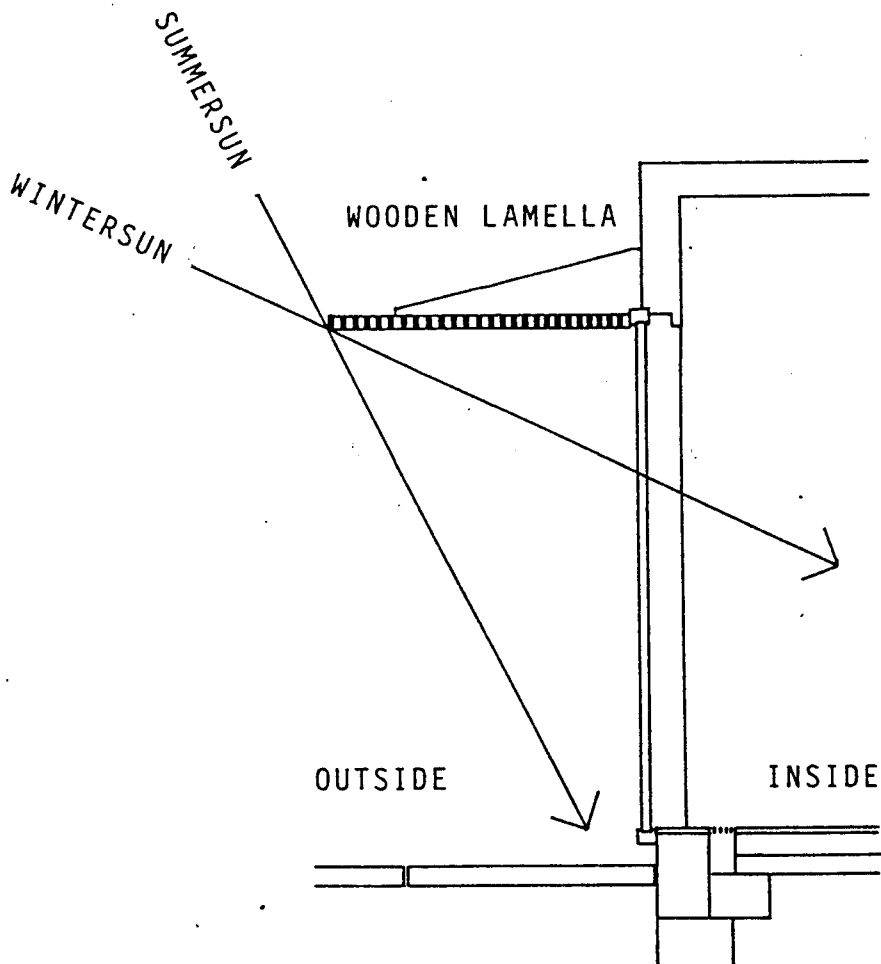


Figure 1 : Principe d'utilisation de l'énergie solaire passive  
(Architecte : Roland RAINER. Lotissement "Mauerbergsiedlung", Vienne)



Toutes les maisons furent construites sur le même modèle. Pendant une durée de 18 années, la consommation d'énergie dans toutes les maisons a été enregistrée. Les résultats de l'expérience montraient que la consommation d'énergie était de plus de 15 % inférieure dans les maisons équipées de systèmes de chauffage d'air par rapport aux maisons équipées de systèmes conventionnels de chauffage à circulation d'eau. Il est intéressant de noter que ces premiers résultats de réduction de la consommation d'énergie dans les zones d'habitations n'ont pas eu de conséquences réelles sur l'urbanisme en Autriche. Mais ils permirent à R. Rainer de développer davantage ses idées.

En 1962, Rainer entreprit la réalisation d'une cité-jardin "Puchenau I" près de la capitale de la Haute Autriche : Linz. La première tranche, en 1962, de "Puchenau I" comprenait 240 appartements. "Puchenau II" démarra en 1978. Cette seconde phase, de 750 appartements, est encore en cours de construction. J'aimerais tout d'abord vous présenter quelques illustrations de cette nouvelle opération. Contrairement à ce qu'il avait fait pour la Veitingergasse et le "Mauerberg", Rainer n'utilise pas le concept de la construction ouverte à "Puchenau". Il emploie un système fermé qui correspond à la manière traditionnelle de construire dans le passé. Les maisons ont été accolées et, par conséquent, il y a seulement deux murs à chauffer. Un élément très important de "Puchenau" est constitué par les murs de clôture qui ont une hauteur de 1,80 mètre. Ces murs protègent les cours et les jardins du vent et du bruit en même temps qu'ils fournissent une intimité aux habitants. A l'intérieur des murs, la température est de 2°C plus élevée et le bruit est moindre que dans l'espace non enclos. Un autre élément important est l'orientation au sud de toutes les habitations. L'architecte a pu développer davantage ses idées concernant les problèmes énergétiques. Aujourd'hui, dans Puchenau I et II" (figure 2), ces maisons sont équipées de systèmes d'énergie solaire actifs et passifs combinés à des systèmes conventionnels de chauffage central d'eau chaude et de chauffage d'air. Je ne peux pas, actuellement, vous communiquer les données exactes parce que la recherche n'est pas encore achevée. J'espère pouvoir le faire dans quelques temps. Après le début de la crise pétrolière dans les années 70, beaucoup de spécialistes ont commencé à travailler sur la question de la réduction des consommations énergétiques. Dans la deuxième partie de mon exposé, j'aimerais vous présenter trois exemples correspondants à cette période.

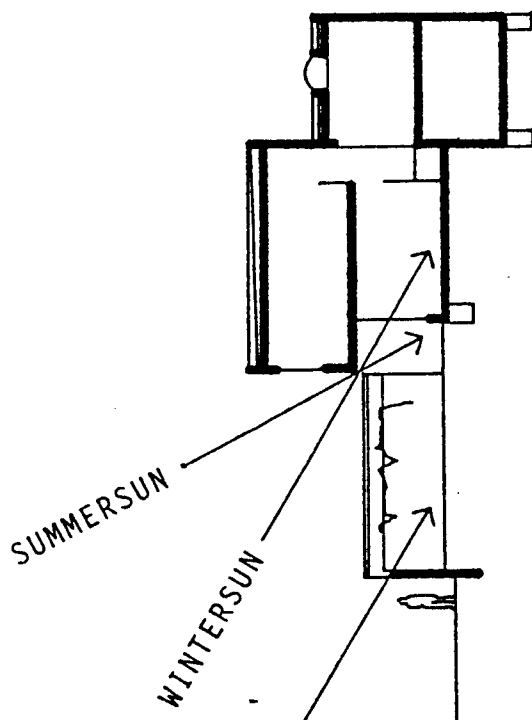


Figure 2 : Principe d'utilisation de l'énergie solaire passive  
(Architecte : R. Rainer : lotissement "Puchenau" - Linz)

En 1975, l'Institut Autrichien de la Recherche en Construction assignait à une équipe interdisciplinaire de spécialistes la tâche de concevoir un complexe résidentiel de maisons solaires (figure 3). L'objectif principal était de produire autant d'énergie que possible pour chauffer un quartier résidentiel. Ce projet est un exemple classique de coopération entre architectes et ingénieurs en énergétique. Au prix d'une conception précise, il a été possible d'aboutir à une optimisation de l'utilisation de l'énergie alternative avec une modification mineure du parti architectural original.

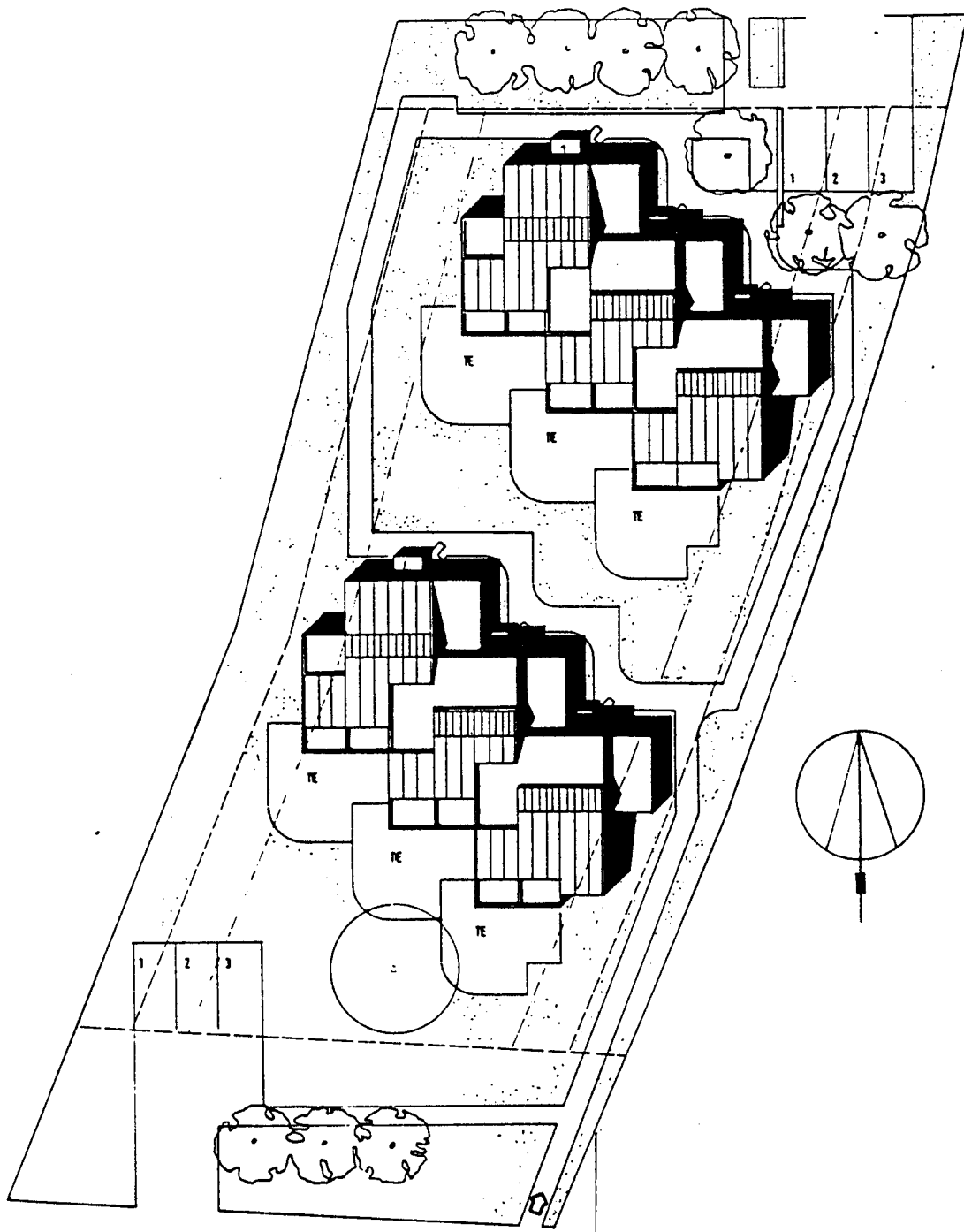


Figure 3 : Plan masse du lotissement : "La maison solaire autrichienne"  
(Architecte : H. WACHBERGER)

Avant le démarrage de la construction, une simulation sous des conditions différentes a été effectuée pour un total de cinq variantes de cinq rangées de maisons. La perte de chaleur possible, la qualité thermique des murs et la forme géométrique des constructions furent analysées. Vérifier la performance de la conception technique solaire avec l'évaluation des quantités de chaleur fut un premier pas vers la simulation solaire. A la suite de quoi, six maisons ont été équipées de capteurs solaires à eau. Pour atteindre les objectifs, on avait besoin de 28 à 33 m<sup>2</sup> de capteurs et d'une chaudière solaire de 500 litres par maison pour la fourniture d'eau chaude. Le degré moyen de couverture des besoins énergétiques pour l'approvisionnement d'eau chaude devait se situer entre 65 et 70 %. De plus, l'une de ces cinq maisons est entièrement chauffée par l'énergie dégagée par les quatre autres. Pour cela, cette maison est équipée d'un réservoir de stockage de 1000 litres pour emmagasiner l'excès de chaleur des autres cuves. Enfin, un ballon d'eau chaude de 3000 litres utilisant le chauffage au gaz est prévu pour fournir l'eau chaude durant les mois connaissant une insolation insuffisante. On compte sur une couverture des besoins de 60 %. A côté de ces maisons solaires, deux maisons identiques sur le plan de la conception et de construction ont été édifiées, mais sans équipement solaire, afin de servir à la comparaison.

Avant que le projet ne démarre, le terrain a été étudié pour évaluer l'influence des conditions météorologiques locales. Il est clair aujourd'hui, dit l'architecte Heddy Wachberger, que le projet, désormais terminé, aurait pu être construit différemment pour profiter de l'énergie solaire passive. Malheureusement, aucune donnée sure, décrivant le potentiel énergétique réel, n'était disponible à l'époque où le projet a été achevé, en 1985.

Un petit groupement dans la banlieue de Vienne constitue un autre exemple. Ici, l'énergie solaire est recueillie par une tour pivotante de capteurs qui approvisionne quatre maisons du lotissement. Mais l'aspect négatif provoqué par la conception malheureuse du dispositif de captage ne justifie pas un tel choix. Il faut ajouter que la fourniture d'énergie n'est inférieure que de 14 % par rapport aux sources d'énergie conventionnelles des autres maisons du lotissement. j'aimerais agrémenter cette partie de ma présentation par un projet de concours élaboré conjointement par l'architecte Hoffmann et l'expert en énergie Pönitz, tous deux de Vienne. Des maisons solaires exposées au sud ont été proposées pour une partie du site du concours (figure 4). Des constructions à double mur pour améliorer l'isolation thermique et des murs d'angles ont été prévus pour les immeubles en forme de T. Conçues pour des apports directs d'énergie solaire, ces serres fournissent également des zones tampons pour la ventilation indirecte des appartements. Un mur trombe intégré à l'arrière de la partie centrale de l'immeuble chauffe les surfaces habitables adjacentes par des émissions successives de chaleur. Les éléments des systèmes d'énergie solaire passive sont bien intégrés à l'architecture contemporaine des immeubles (figure 5).

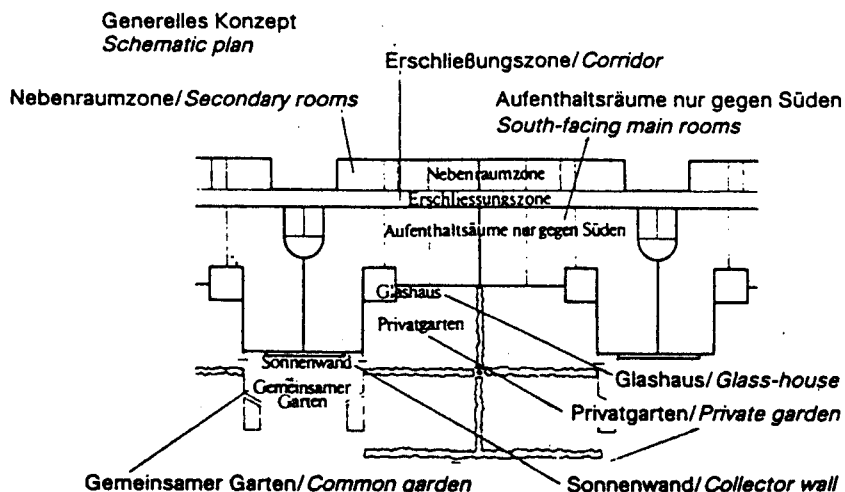


Figure 4 : Plan schématique

Site du concours : Graf et Stif à Vienne (Architecte : E. HOFFMANN)

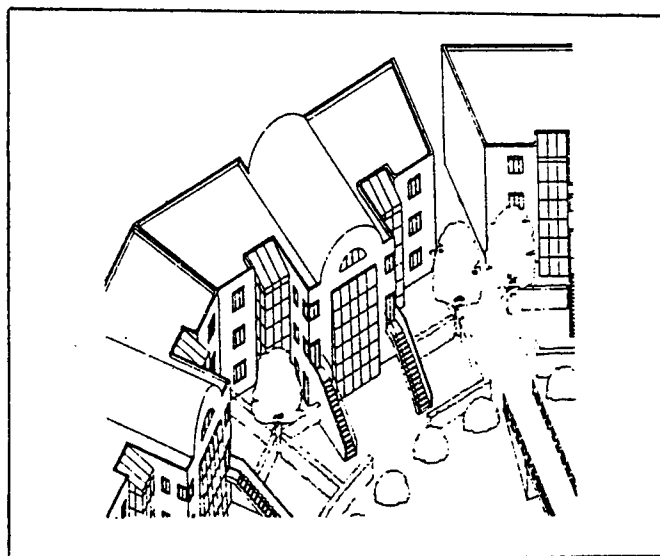


Figure 4 : Axonométrie

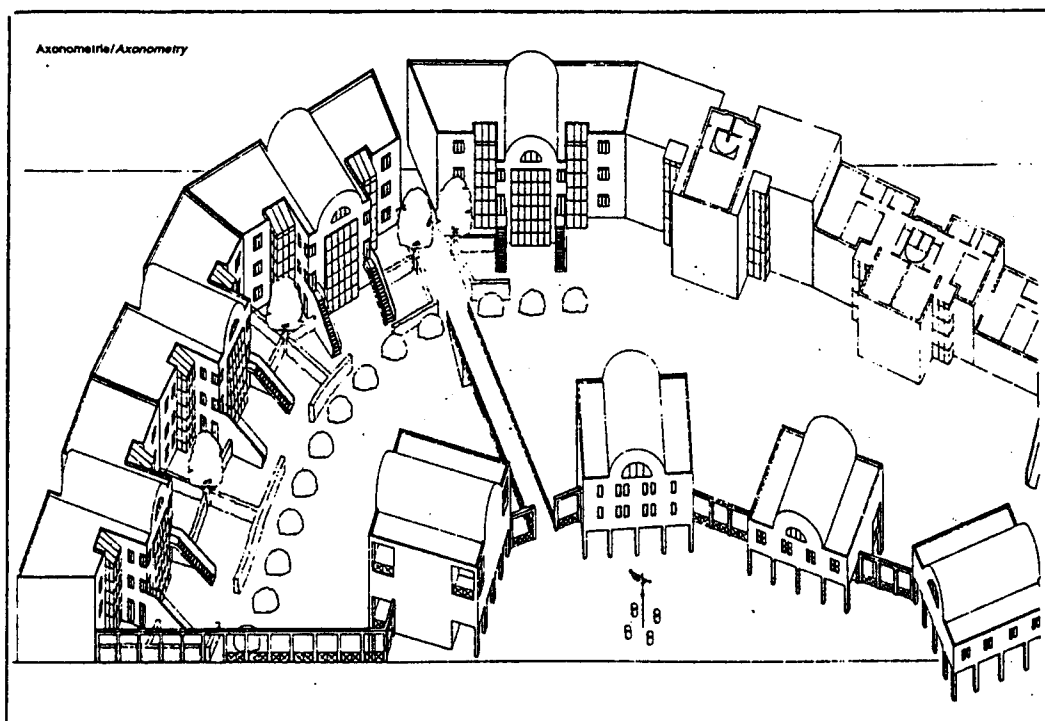


Figure 5 : Axonométrie

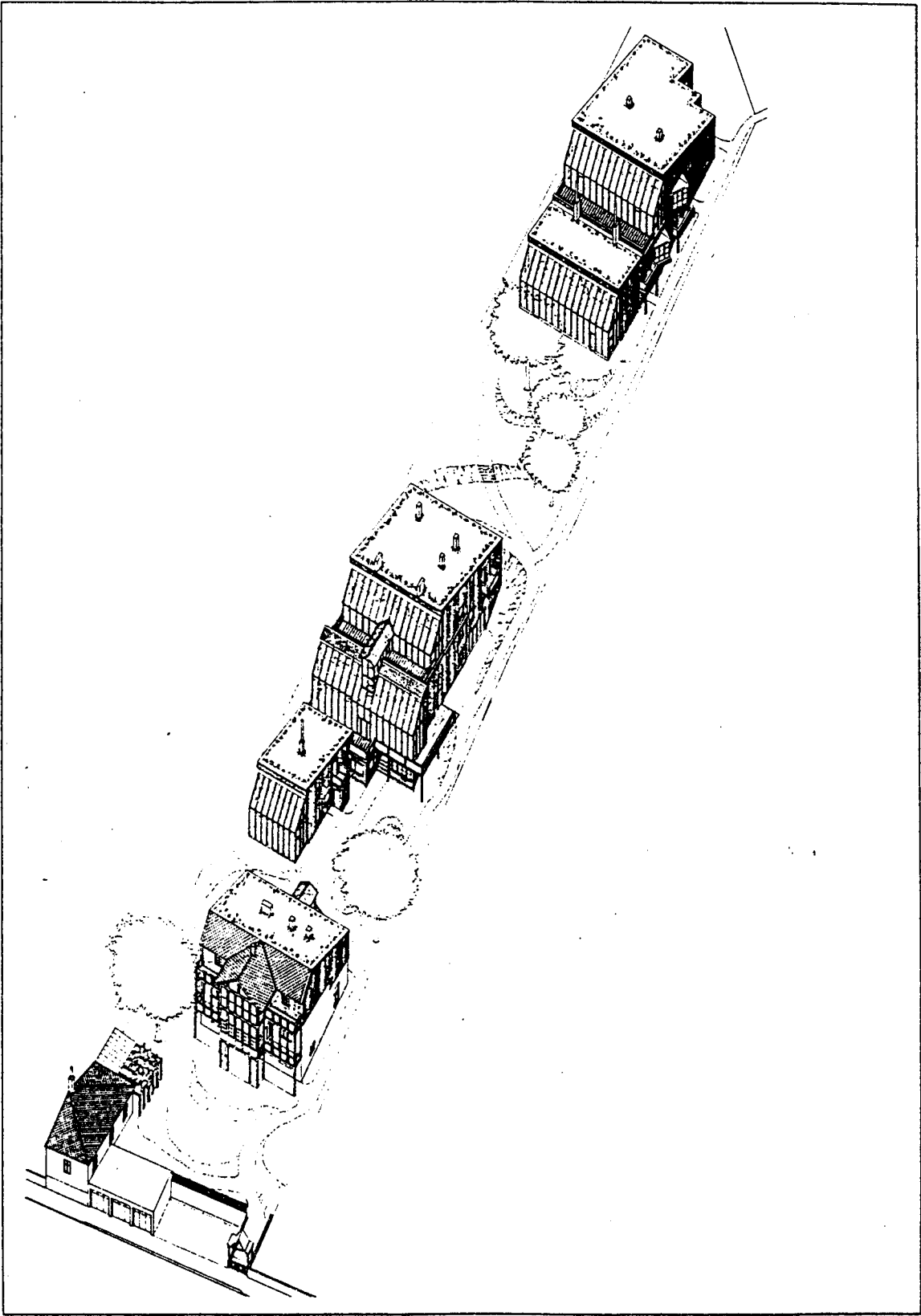


Figure 6 : Plan Masse du lotissement à Purkersdorf - Vienne  
(Architectes : Reinberg et Reisenhuber)

Cette solution prouve, en regard de l'exemple précédent de la tour pivotante, que le problème énergétique peut être pris en considération et résolu, en combinant avec succès l'architecture et la conception urbaine.

Nous espérons sincèrement que ce projet sera bientôt achevé.

Dans la deuxième partie de ma conférence, je voudrais décrire une nouvelle tendance qui se développe en Autriche depuis 1980. Comme vous le verrez, les cas que je décrirai utilisent des composants économiques, mais ils correspondent fondamentalement à de nouvelles formes de mode de vie. De telles tendances ont été observées principalement dans des villages autrichiens. Elles sont nées en réaction contre les manières conventionnelles de construire. Le bois et l'ossature-bois furent redécouverts en tant que matériaux de construction, de même que la tendance au "do it yourself", particulièrement populaire chez les jeunes gens. Ce mouvement est perceptible dans presque toutes les régions d'Autriche, particulièrement dans les provinces de Salzburg, Vorarlberg et de Basse Autriche. Le premier exemple, conçu par l'architecte Brandstatter est situé dans la province de Salzburg, dans le village de Hofgastein et s'appelle "l'Arche de Noé". L'idée principale était de construire un complexe carré de maisons jumelées, de 2 à 3 étages, avec des salles communes pour les contacts sociaux, situées au centre, et un espace habitable moyen de 100 à 110 m<sup>2</sup>.

Sur les images suivantes, vous voyez le plan masse de l'ensemble et plus loin, quelques dessins et photos de ces maisons. Evidemment, la question de l'approvisionnement en énergie était un sujet qui devait être débattu par la communauté entière. A côté de la construction en bois "biologique" des maisons, l'énergie solaire devait être utilisée au moins de manière passive. De grandes vérandas vitrées ont été employées comme accumulateurs de chaleur et comme zones de transition climatique. Apparemment, tous les habitants n'ont pas apprécié l'idée des vérandas vitrées. Mêmes les autres sources d'énergie alternative n'ont pas été bien acceptées. Les capteurs solaires sur le toit ont été éliminés pour des raisons d'esthétique. En outre, cette solution n'était pas judicieuse dans cette région alpine. Le choix de la pompe à chaleur n'était pas non plus possible en raison du niveau de la nappe phréatique.

En résumé, on peut dire que les nouvelles formes de modes de vie alternatives et la manière conventionnelle de construire sont plus importants dans "l'Arche de Noé" que les mesures favorisant les économies d'énergie. Avec mon dernier exemple, je voudrais cependant démontrer qu'il est possible, en Autriche, de concilier le mode de vie alternatif et une construction soucieuse des problèmes énergétiques.

Dans le village autrichien de Purkersdorf, près de Vienne, l'architecte Georg Reinberg a réalisé un petit lotissement de 10 appartements dans les années 83/84 (figure 6). Ceux-ci ont été conçus par les habitants eux-mêmes avec l'assistance de l'architecte et de quelques spécialistes en énergie.

Pour résoudre les problèmes quotidiens dans l'ensemble des logements, les résidents ont formé une sorte de "self-government". Les principes régissant le mode de vie et la construction sont les suivants :

- 1/ Pour chaque individu, une pièce particulière,
- 2/ Pour chaque famille, des pièces usuelles telles que la cuisine, la salle de bain, le séjour, une partie du jardin,

- 3/ Pour quatre familles, une véranda vitrée et une terrasse,
- 4/ Pour dix familles, des espaces communs tels que le sauna, la véranda, le jardin, le jardin potager, l'espace commun ouvert et l'aire de jeux,
- 5/ Des salles communes pour le groupe ou les personnes extérieures au groupe pour organiser des rencontres et des fêtes.

La disposition des éléments a été déterminée par la question : comment vivre avec le soleil ?

Le concept social trouve son prolongement concret dans le concept thermique, où les inter-espaces sociaux sont les zones tampons thermiques. Pour obtenir un niveau d'utilisation solaire relativement élevé, il était nécessaire pour les résidents d'avoir une réelle discussion sur les aspects technologiques de l'énergie solaire passive. Chacun des dix appartements a un espace habitable variant de 130 à 150 m<sup>2</sup>, mis à part l'espace commun de 40 m<sup>2</sup> et la terrasse de 50 m<sup>2</sup>. Tous les appartements sont équipés de serres situées sur la façade sud. Ces serres ont une ossature en bois et des vitrages isolants. Le plancher sert de stockage de chaleur et il est, par conséquent, recouvert d'un carrelage en céramique. Les serres ont plusieurs fonctions.

D'abord, elles servent de collecteurs passifs d'air. Ensuite, les murs, qui sont construits comme des dispositifs de stockage de chaleur, diffusent la chaleur dans les pièces avoisinantes. Tous les immeubles sont orientés vers le sud. Pour récupérer le maximum d'énergie solaire, le principe indispensable est que toutes les maisons soient conçues de manière très compacte. La régulation de la température dans les serres fonctionne grâce à des aérations et il est également possible de recouvrir la partie vitrée de stores amovibles. Les toits des maisons sont couverts d'herbes avec une pente de 13 à 19°. Cette construction permet une récupération biologique de la chaleur. En outre, ce toit spécial constitue une bonne prévention contre le refroidissement dû au vent. Toutes les maisons ont un système conventionnel de chauffage au gaz naturel. La contribution de l'énergie solaire passive est de 30 à 40 %. L'effet du dispositif solaire passif de chauffage a été régulièrement contrôlé après que l'installation soit achevée (figure 7 et 8).

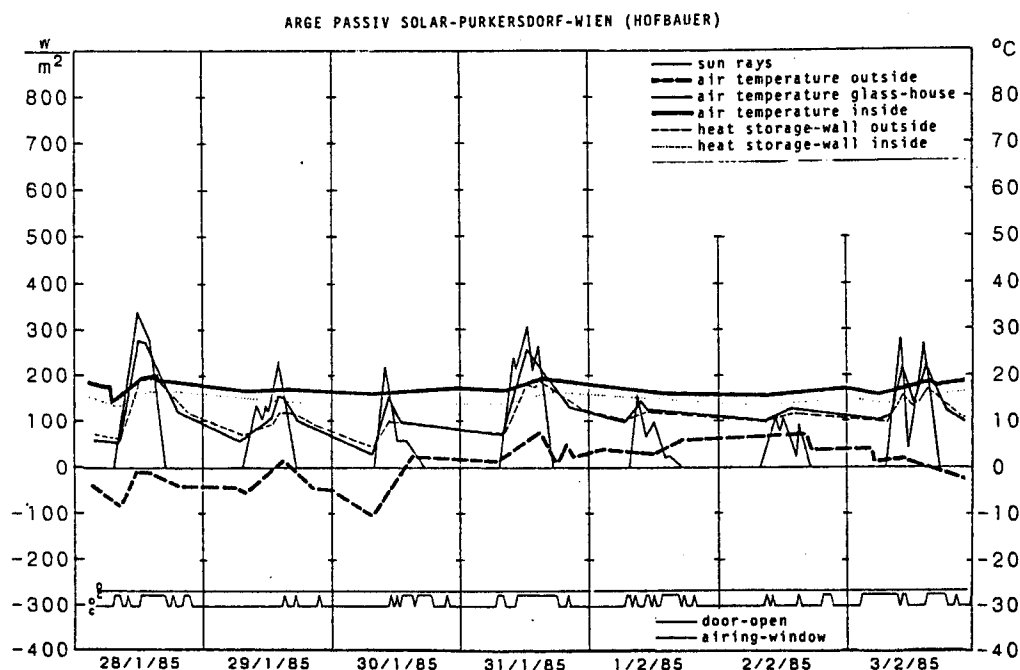


Figure 7 : Mesures diverses

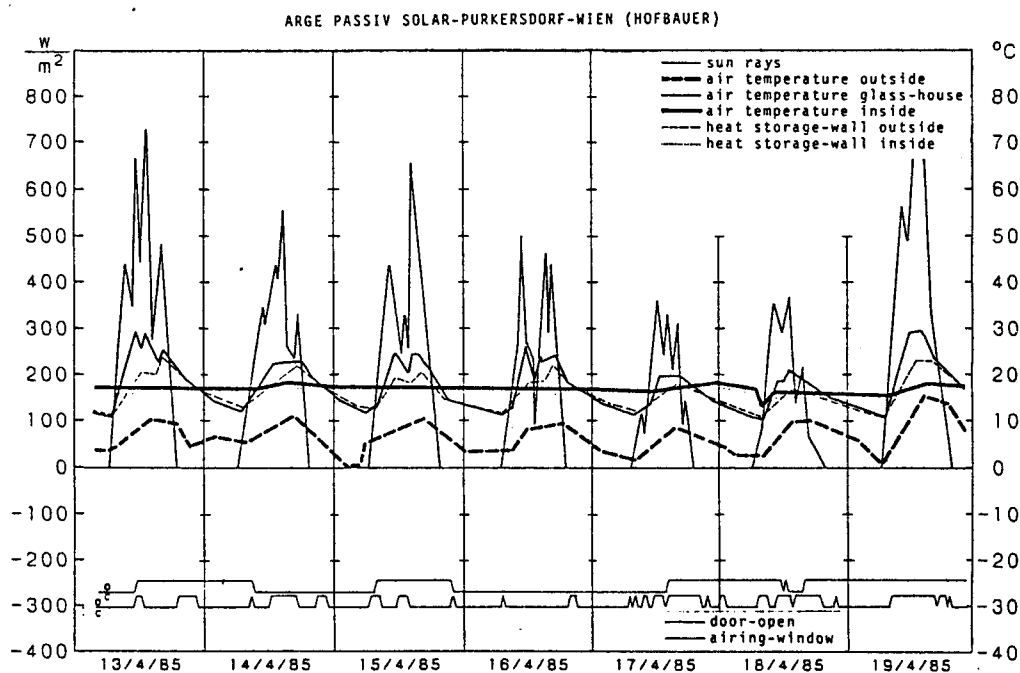


Figure 8 : Mesures diverses

Les résultats de ces contrôles correspondent à diverses mesures :

1/ Mesures extérieures :

- nature des radiations solaires,
- vent dominant,
- force du vent,
- température d'air extérieur,
- humidité atmosphérique.

2/ Mesures intérieures :

- température d'air intérieure,
- température des murs de stockage de chaleur,
- déperditions des fenêtres et des portes.

Les résultats des premiers sondages sont très intéressants parce que le succès de l'utilisation des systèmes d'énergie solaire passive dépend de la manière dont les résidents agissent et participent.

Avec ce dernier et intéressant projet, je voudrais conclure ma conférence. J'espère que j'ai été capable de vous montrer de quelle manière nous essayons de prendre en compte les problèmes énergétiques dans la planification locale et l'architecture en Autriche, mais nous en sommes seulement aux balbutiements.

Merci.



Bibliographie

ALFRED FRUH :

"Solartechnik, Realismus statt Euphorie". In "Wohnbau" Heft 4/84, Wien 1984.

ROBERT KOCH :

"Auf dem Holz-Weg ?" In "Wohnbau" Heft 11-12, Wien 1985.

FRIEDRICH MOSER, KURT PUCHINGER :

"Örtliche Raumplanung und Energieverbrauch", Wien 1983.

ROLAND RAINER :

"Energiekrise, Wohnungswesen und stadtplanung". In "Das Österreichische Sonnenhaus", Wien 1979.

ROLAND RAINER :

"Gartenstadt Puchenu II", Wien 1984.

GUNTER SPIELMANN :

"Das Österreichische Sonnenhaus", Wien 1979.

MICHAEL UND HEDDY WACHBERGER :

"Mit der Sonne bauen. Anwendung passiver Solarenergie e + p Wohnen", München 1983.

"Das Hölzerne Alpendorf", In "Wohnbau", Heft 11-12/85, Wien 1985.

## ÉTUDES DES NUISANCES ENVIRONNEMENTALES D'UN PROJET DE CONSTRUCTION EN SITE SUBURBAIN

M. RENSON - LABORATOIRE DE PHYSIQUE DU BATIMENT -  
UNIVERSITÉ DE LIEGE

### Introduction

L'objet du présent travail est d'analyser les conséquences de l'implantation d'une nouvelle construction dans un site suburbain.

Lorsque l'on désire construire sur un site dense, il est en effet important, voire indispensable, de déterminer préalablement quels seront les impacts du nouveau bâtiment sur son environnement immédiat, ceci de manière à vérifier que l'on ne crée pas de nuisances pour le voisinage.

Nous avons considéré les trois aspects fondamentaux suivants : l'impact visuel, l'impact solaire et l'impact énergétique.

Pour bien mettre en évidence les conséquences entraînées par la construction du projet, nous avons procédé par comparaison de la situation existante avec la situation créée par l'implantation du nouveau bâtiment.

### Description du site existant et du projet de construction

La situation du tissu urbain se présente de la manière suivante (figure 1) : nous sommes sur le territoire de la commune de Comblain-au-Pont. Le propriétaire de la maison située à l'angle du quai de l'Ourthe et de la rue de la Gendarmerie y exerce le commerce de fleurs. Il se propose de construire une annexe à son magasin, qui trouverait sa place dans la zone donnant sur la rue de la Gendarmerie et s'étendrait jusqu'aux limites de la propriété (figure 2.a.). Le bâtiment se présenterait éventuellement sous une deuxième version jugée meilleure (figure 2.b).

Etant donné l'orientation du site, deux voisins risquent d'être perturbés par la nouvelle construction : le premier, qui est propriétaire de la maison mitoyenne sur le quai de l'Ourthe (voisin A), et le second, qui habite la première maison de la rue de la Gendarmerie (voisin B). La construction du nouveau bâtiment aurait en effet pour ces personnes des conséquences dans les trois domaines que nous avons retenus (visuel, solaire et énergétique). Pour évaluer ces effets, nous avons utilisé certains outils informatiques développés au Laboratoire de Physique du Bâtiment de l'Université de LIEGE. Les sorties de ces outils étant graphiques, elles parlent d'elles-mêmes et nous nous contenterons d'y ajouter quelques commentaires.

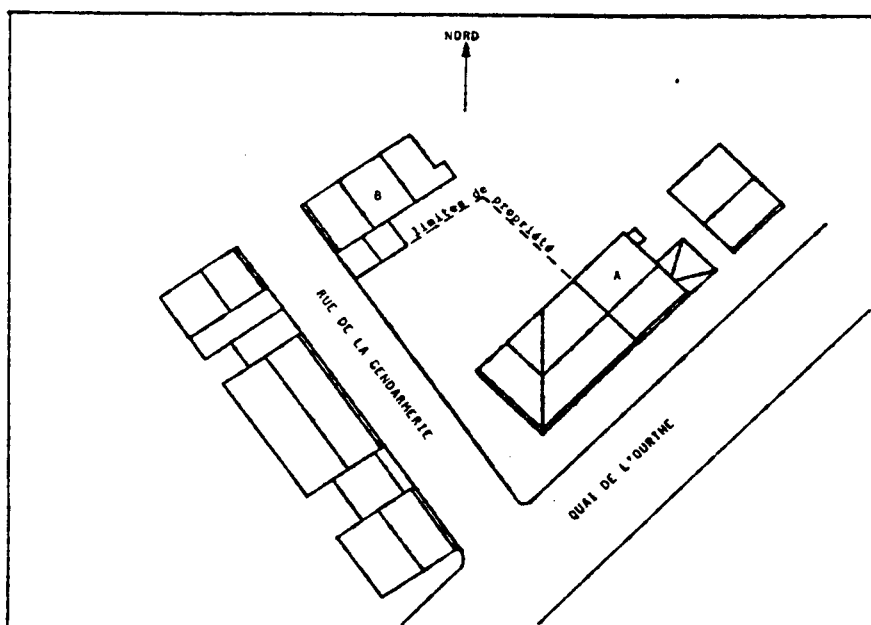


Fig. 1.a. : situation existante : plan d'implantation

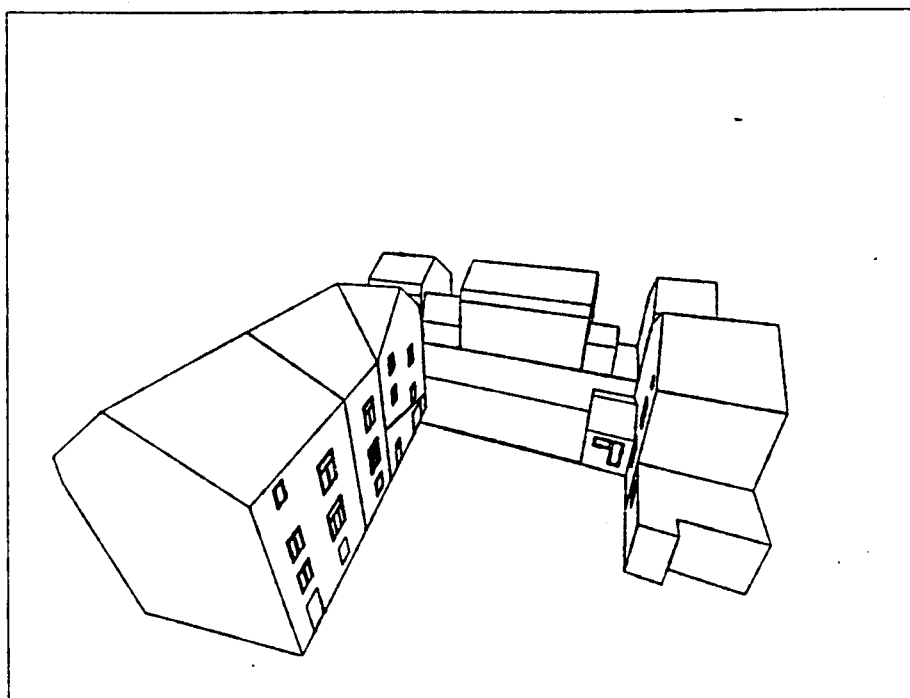


Fig. 1.b. : Situation existante : vue générale

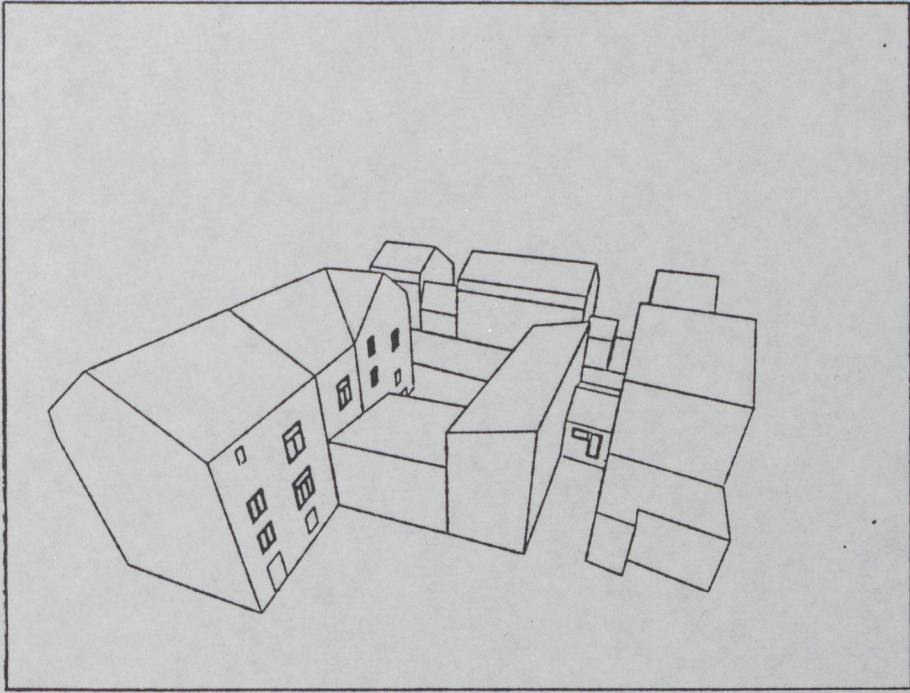


Fig. 2.a. : Première version du projet de construction

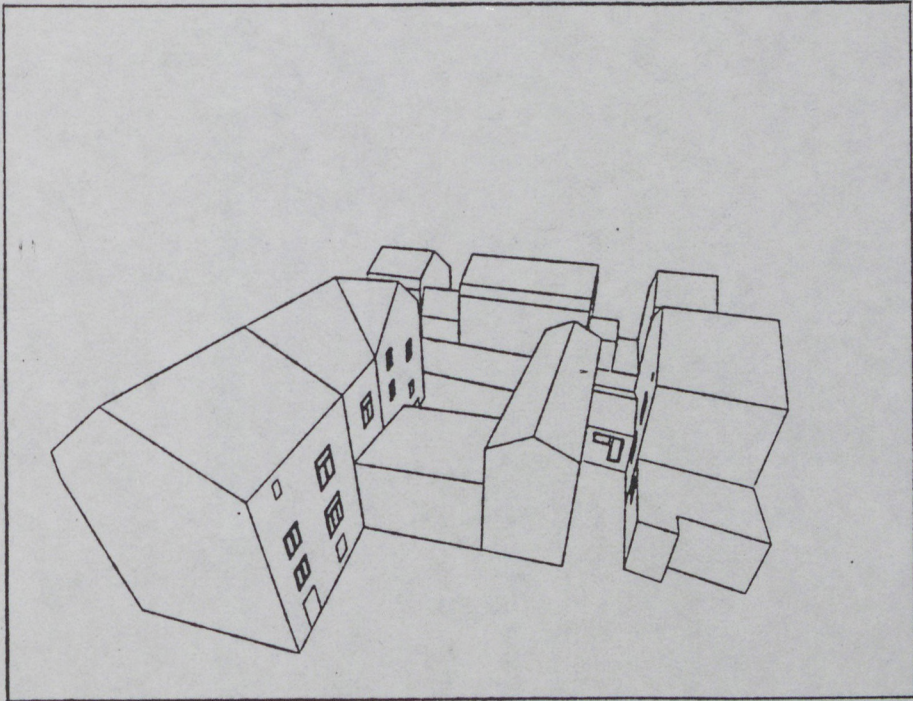


Fig. 2.b. : Deuxième version du projet de construction

### Impact visuel

Il est intéressant d'étudier tout d'abord l'impact esthétique visuel de la nouvelle construction.

Bien que cette opération soit subjective, il est évident que le nouveau bâtiment risque d'introduire une rupture dans la régularité architecturale des constructions existantes, et ceci principalement à partir de la rue de la Gendarmerie (fig. 3, 4 et 5).

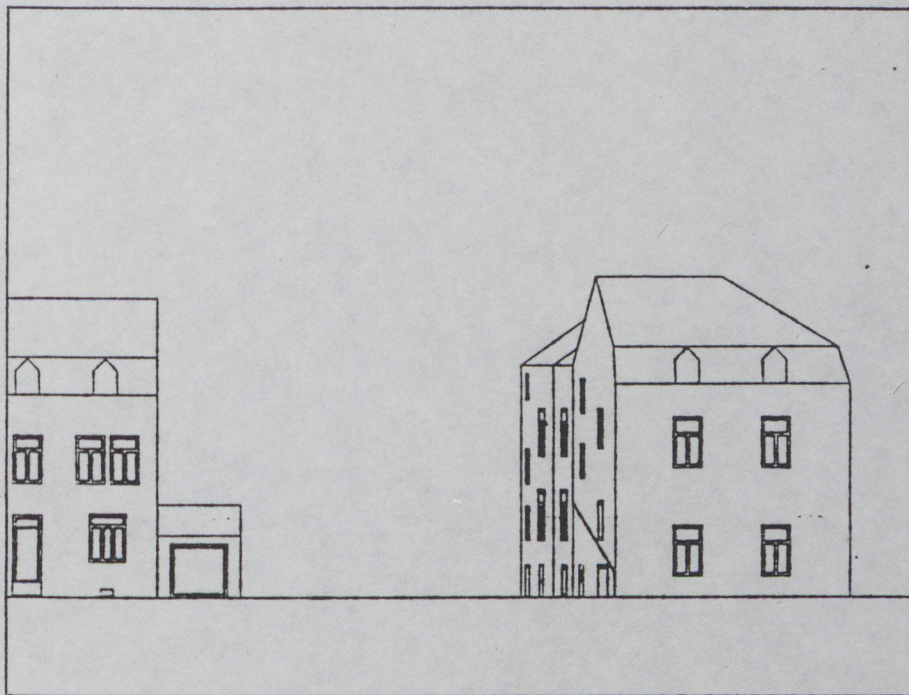


Fig. 3.a. : Façade de la rue de la Gendarmerie : situation existante

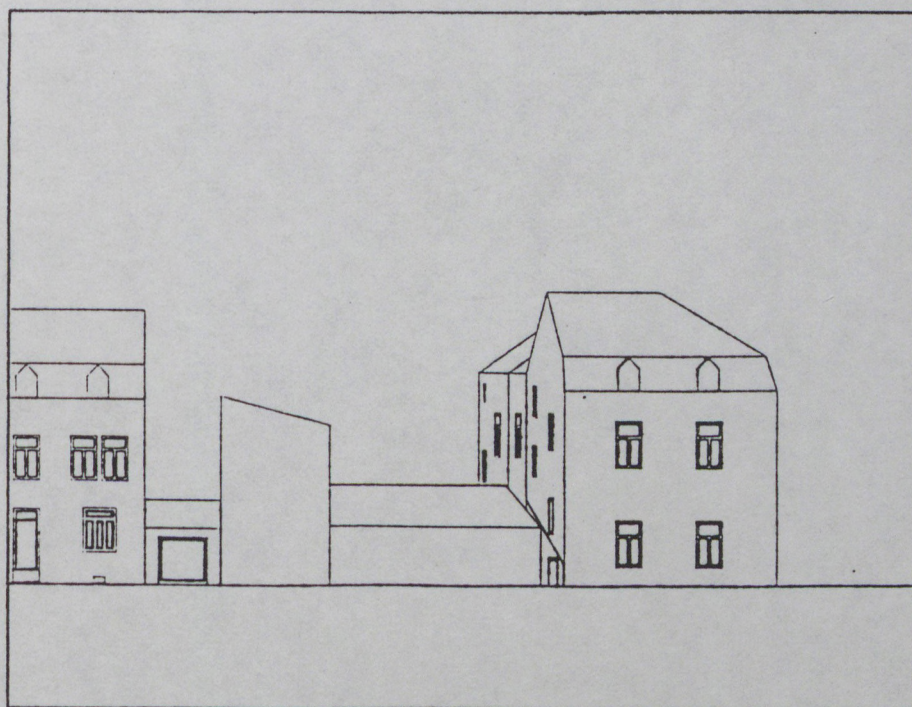


Fig. 3.b. : Façade de la rue de la Gendarmerie : projet 1

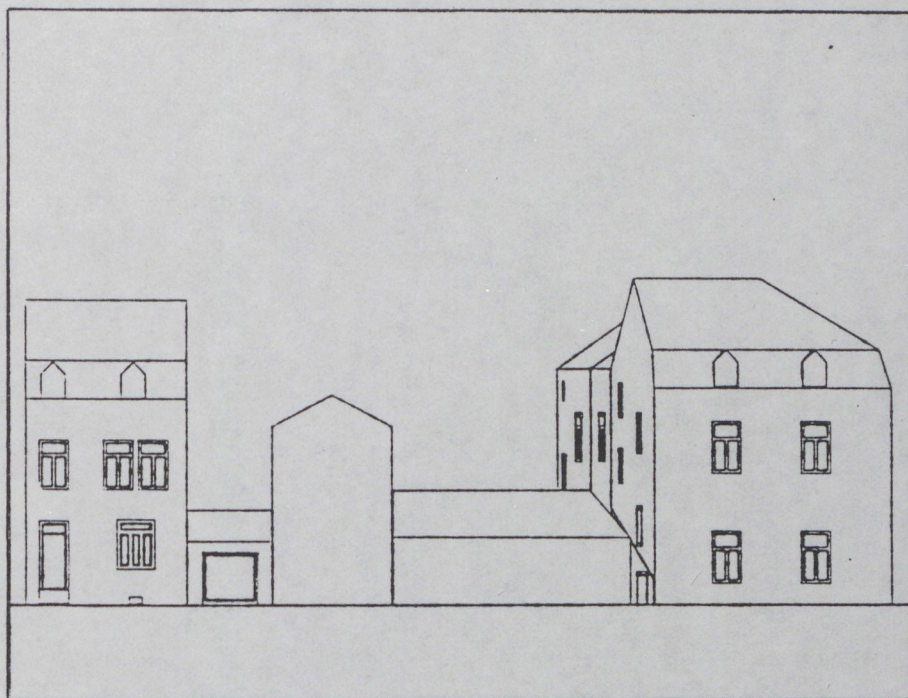


Fig. 3.c. : Façades de la rue de la Gendarmerie : projet 2

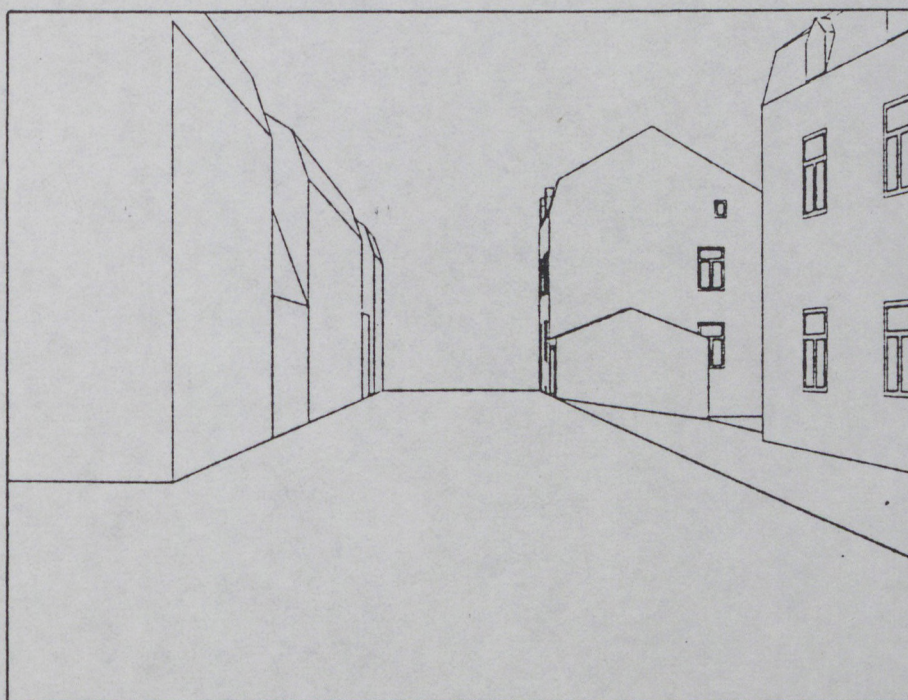


Fig. 4.a. : Vue depuis le quai de l'Ourthe : situation existante

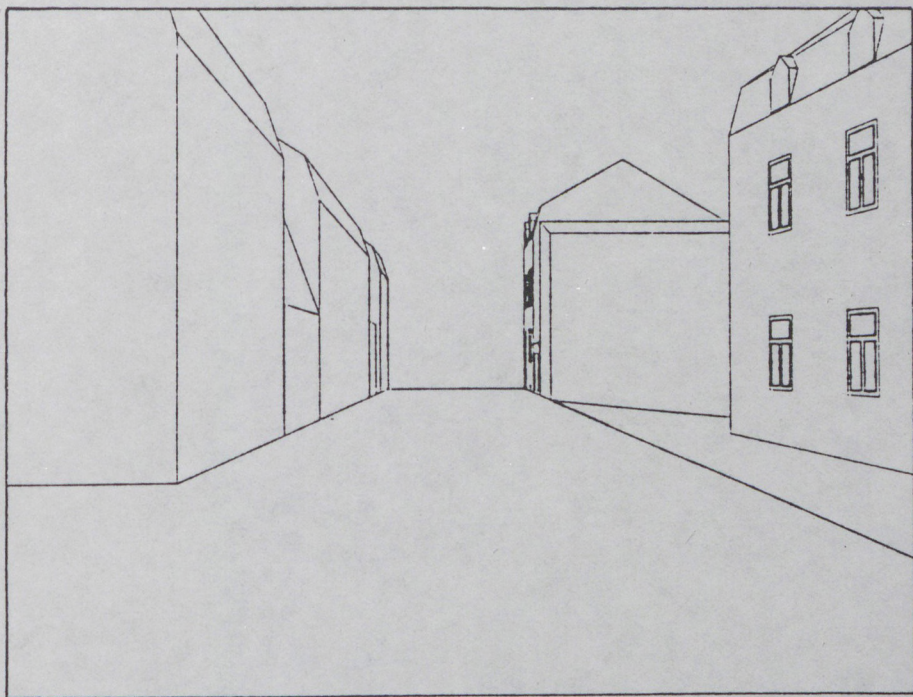


Fig. 4.b. : Vue depuis le quai de l'Ourthe : projet 1

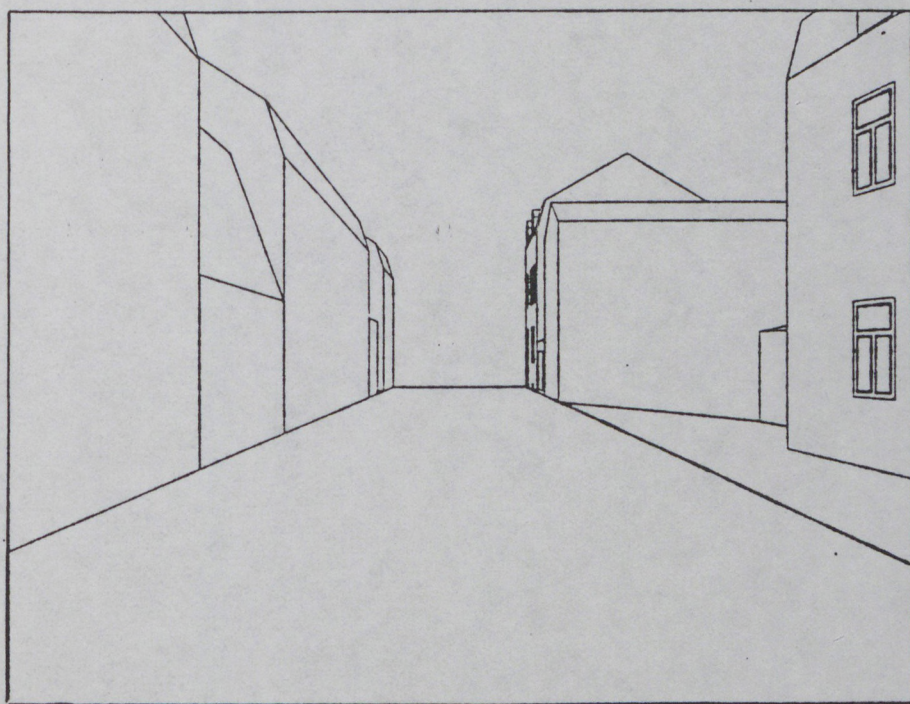


Fig. 4.c. : Vue depuis le quai de l'Ourthe : projet 2

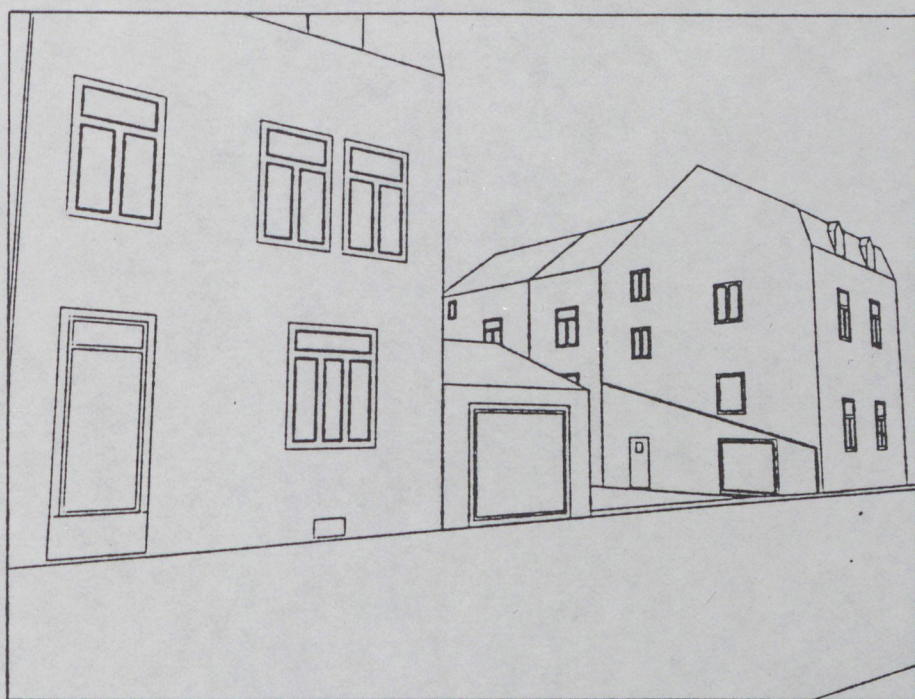


Fig. 5.a. : Vue depuis la rue de la Gendarmerie : situation existante

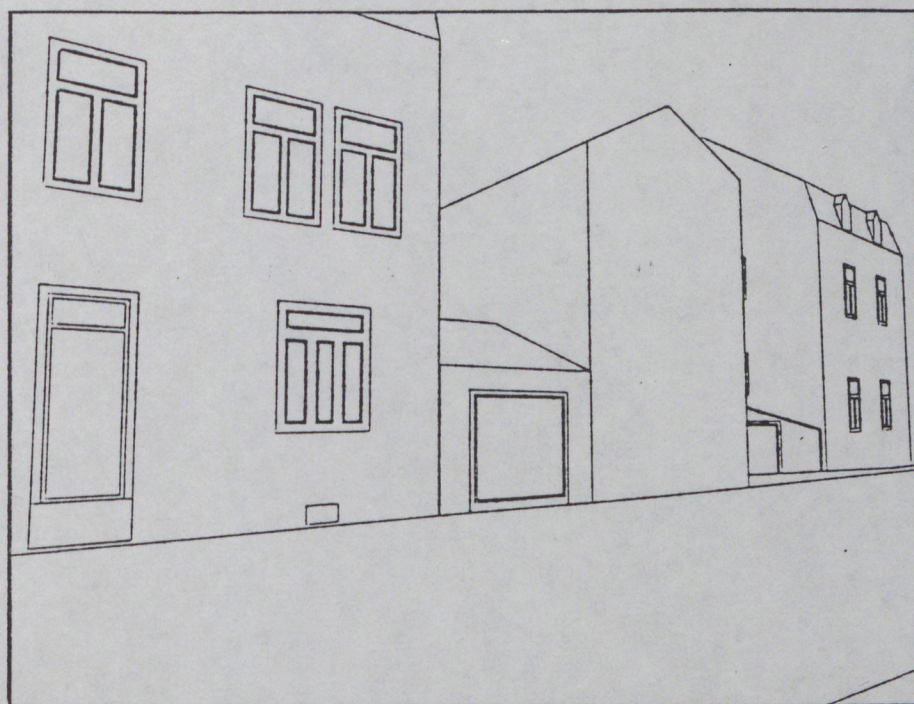


Fig. 5.b. : Vue depuis la rue de la Gendarmerie : projet 2



Par ailleurs, pour les voisins directs, les conséquences sont plus graves. Dans le cas du voisin A, la nouvelle construction "bouche" complètement la vue depuis le jardin, créant ainsi une atmosphère oppressante qui rendra le jardin peu agréable (figures 6 et 7).

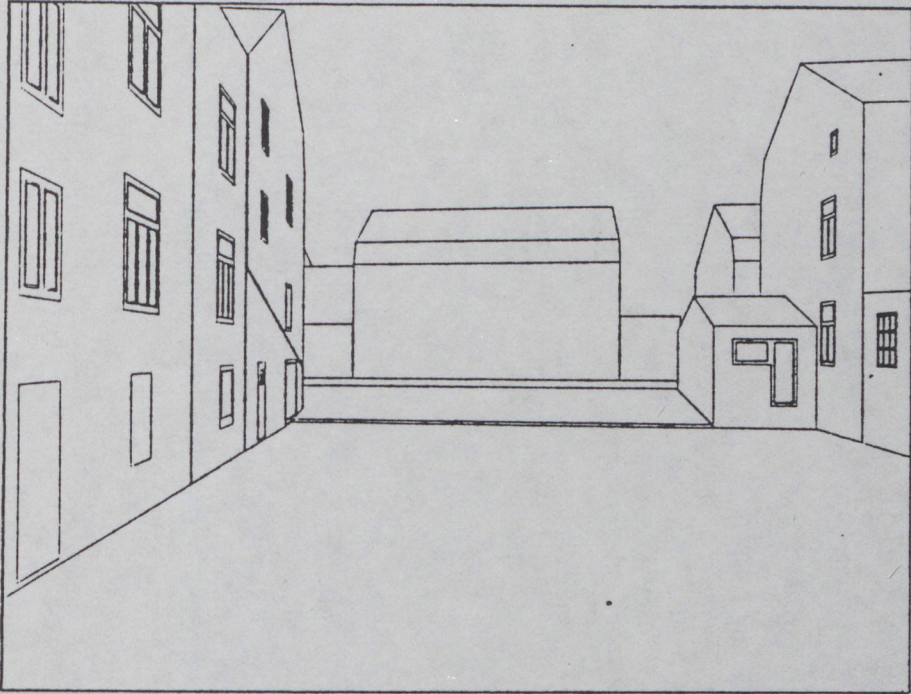


Fig. 6.a. : Vue depuis le jardin du voisin A : situation existante

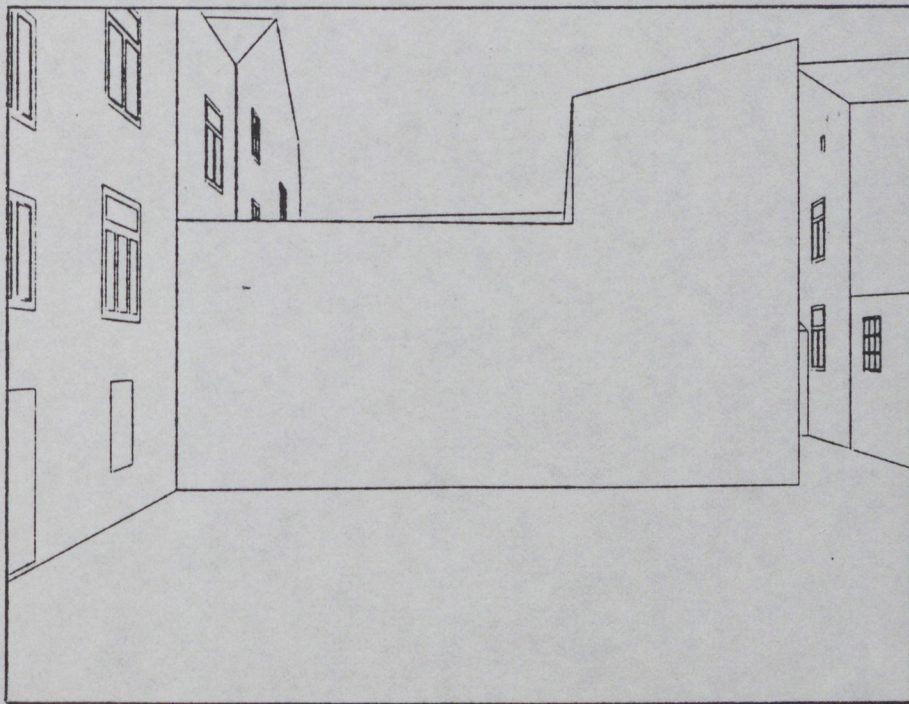


Fig. 6.b. : Vue depuis le jardin du voisin A : projet 1

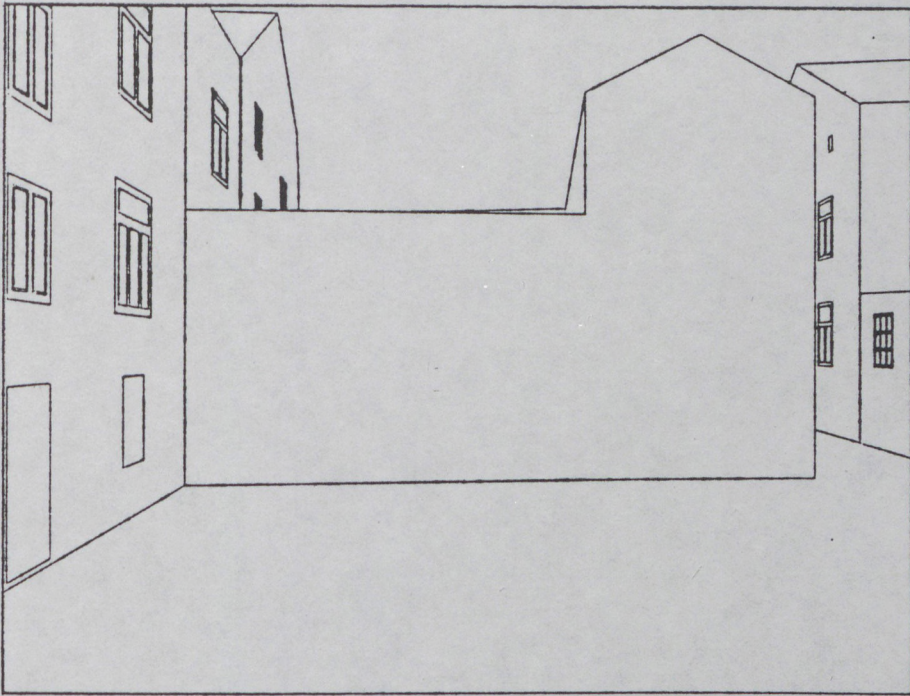


Fig. 6.c. : Vue depuis le jardin du voisin A : projet 2

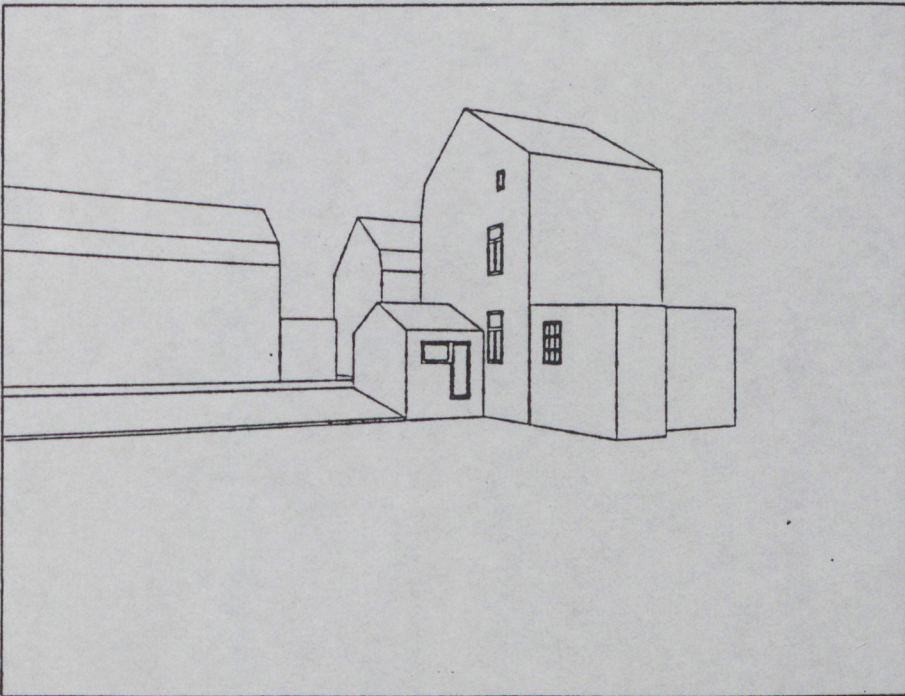


Fig. 7.a. : Vue depuis le jardin du voisin A : situation existante

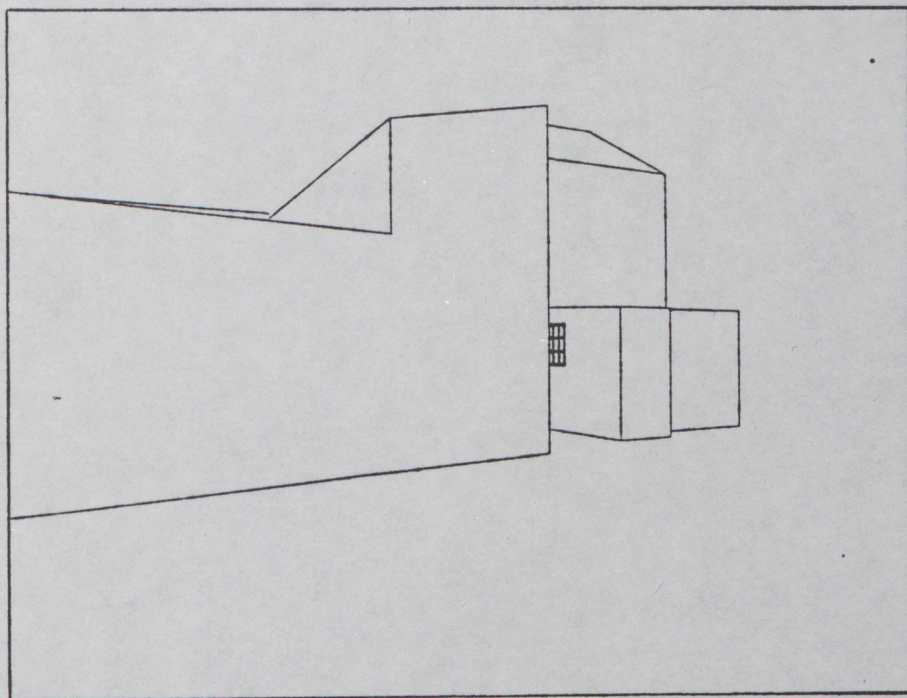


Fig. 7.b. : Vue depuis le jardin du voisin A : projet 1

Pour le voisin B, c'est un mur de 8 mètres de haut qui serait placé à 3.2 mètres de la fenêtre de la salle à manger (figure 8). Il y a donc gênes visuelle et psychologique manifestes qui pourraient à la longue avoir des effets très négatifs sur les individus.

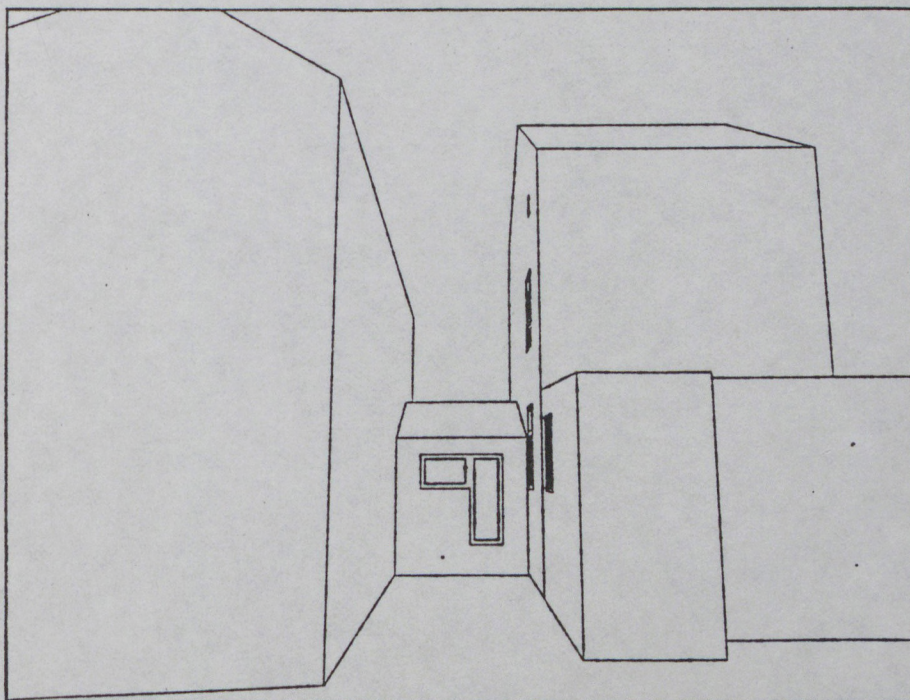


Fig. 8.a. : Vue depuis le jardin du voisin B : projet 2

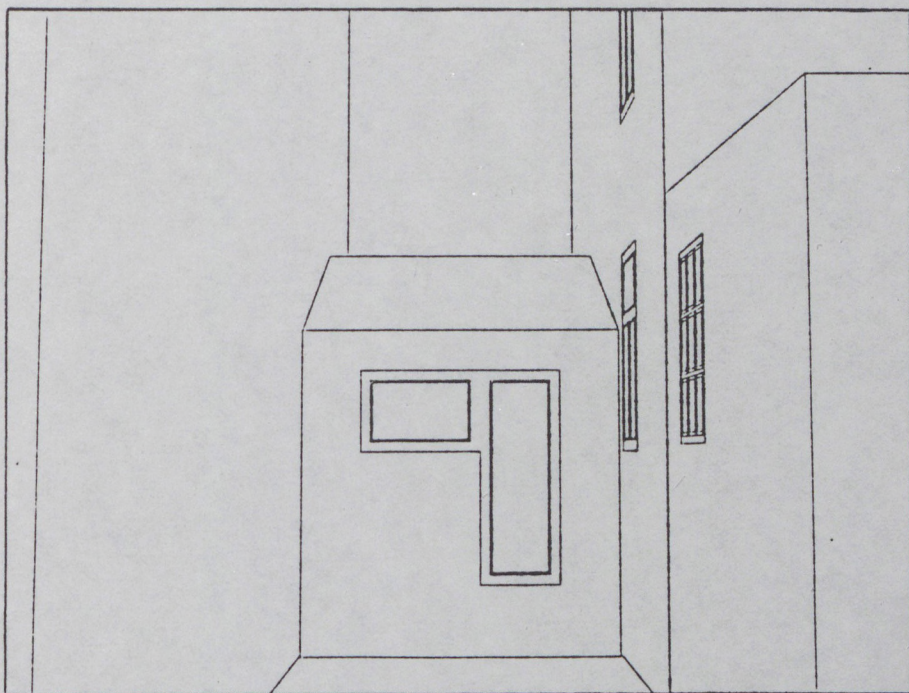
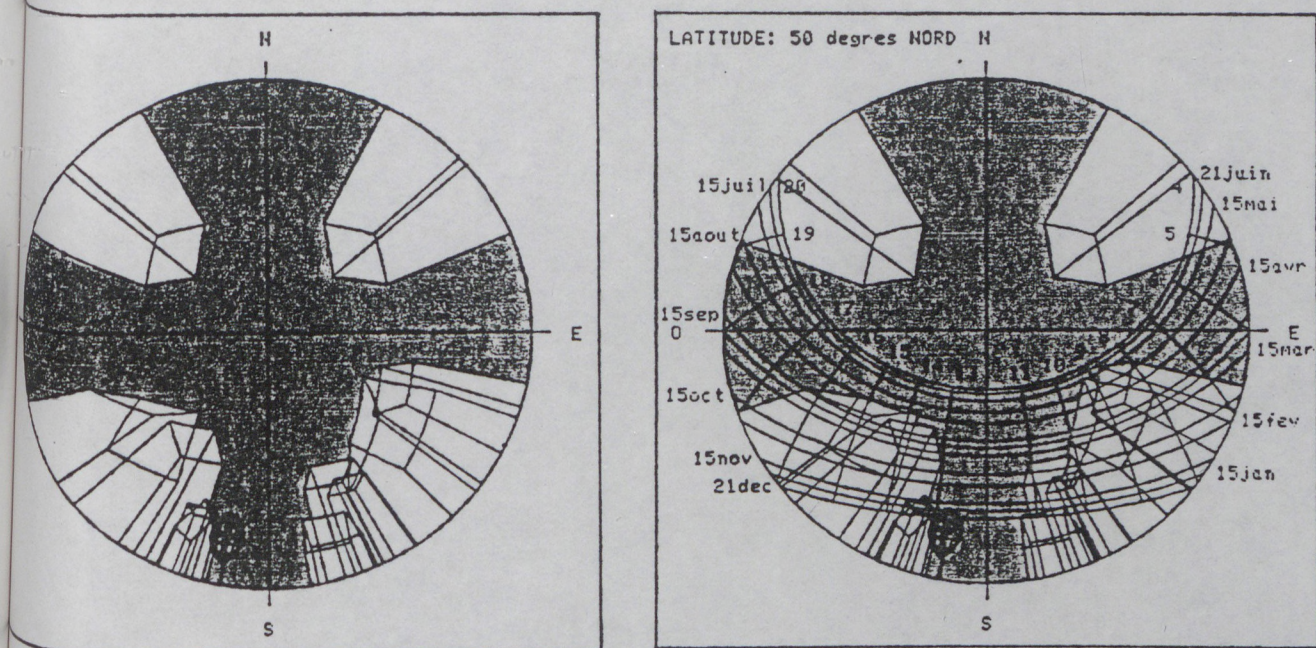


Fig. 8.b. : Vue depuis le jardin du voisin B : projet 2

#### Impact solaire

Si l'impact visuel de la nouvelle construction est une notion subjective qui peut être appréciée différemment suivant les individus, il n'en va pas de même de l'impact solaire.

Pour analyser celui-ci, on dispose en effet de méthodes scientifiques précises qui permettent d'établir un jugement objectif concernant l'ensoleillement disponible en différents points du site. La méthode retenue ici est la méthode des projections stéréographiques. En voici une brève présentation : pour n'importe quel point d'un espace, le terrain et les bâtiments environnants constituent des masques qui cachent une partie du ciel et qui donc modifient l'ensoleillement en ce point. En déterminant les parties de la voûte céleste qui sont vues depuis le point et celles qui sont cachées, on obtient un diagramme qui donne directement une idée de l'ensoleillement au point considéré, et ceci pour n'importe quel moment de l'année (figure 9.a). Il suffit pour cela de superposer sur ce diagramme un diagramme représentant les projections des positions du soleil pour différents jours caractéristiques de l'année (figure 9.b).



a. Masques dûs aux obstacles environnants

b. Superposition d'un diagramme de parcours solaire

Fig. 9 : Principe des projections stéréographiques

Appliquée au cas étudié, cette méthode fournit des résultats qui montrent très clairement combien la nouvelle construction va priver presque totalement de soleil les voisins A et B. Sans même pénétrer à l'intérieur des locaux, on constate que l'ensoleillement sera réduit de manière très importante :

- Au centre du jardin du voisin A (à une hauteur d'observation de 80 cm au-dessus du niveau du sol), l'ensoleillement disponible dans la situation existante est d'à peu près trois heures l'après-midi pendant la majeure partie de l'année (fig. 10.a). Avec la nouvelle construction, l'ensoleillement disponible est réduit à une heure et demie par jour de mai à août (figure 10.b). A noter que la deuxième version du projet ne change absolument rien pour le point considéré (figure 10.c).
- Sur le bord de la fenêtre du salon du voisin A (hauteur : 3 mètres par rapport au niveau du jardin), la situation est pratiquement équivalente : alors que l'on ne dispose déjà que de quelques heures de soleil l'après-midi (figure 11.a), la nouvelle construction réduit à néant l'ensoleillement disponible (figure 11.b). A nouveau, la deuxième version du projet n'apporte ici aucune amélioration (figure 11.c).

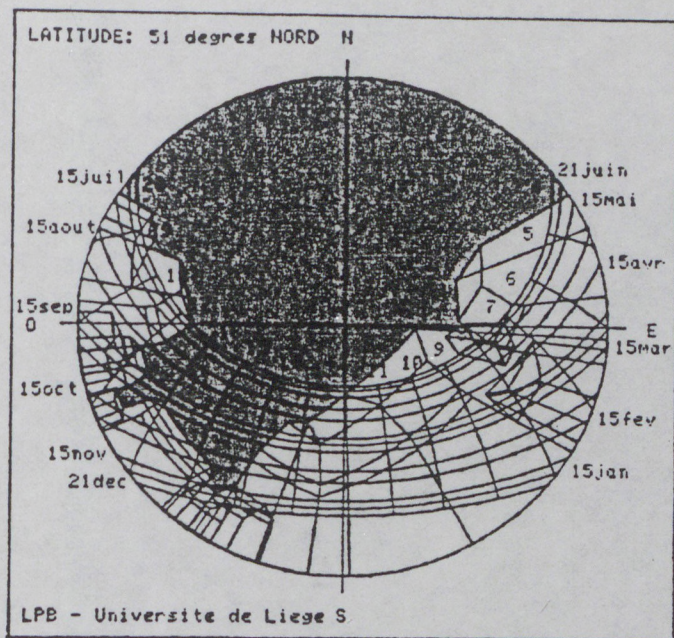


Fig. 10.a. : Ensoleillement au centre du jardin du voisin A :  
situation existante (hauteur d'observation = 0.8 m)

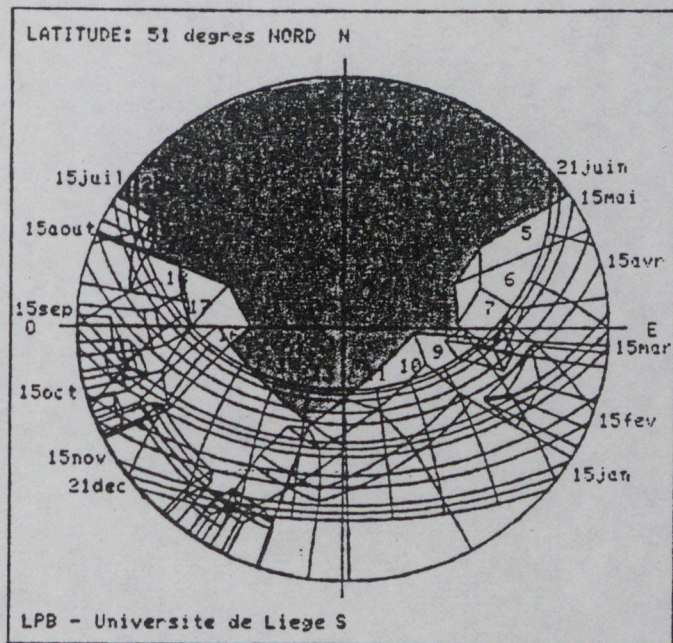


Fig. 10.b. : Ensoleillement au centre du jardin du voisin A :  
projet 1 (hauteur d'observation = 0.8 m)

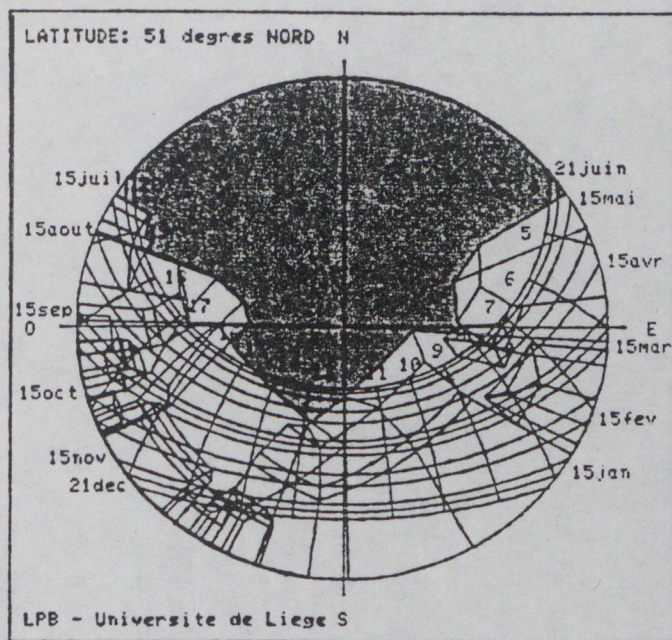


Fig. 10.c : Ensoleillement au centre du jardin du voisin A : projet 2

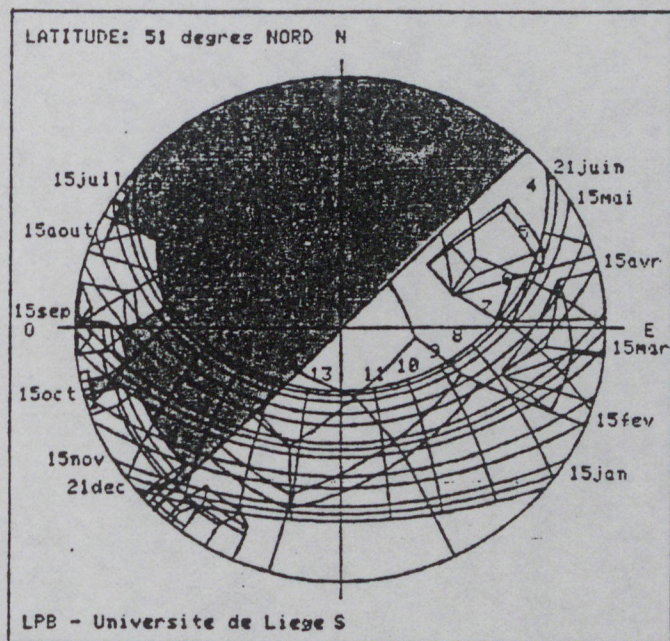


Fig. 11.a : Ensoleillement sur le seuil de la fenêtre du salon du voisin A : situation existante (h = 3 m)

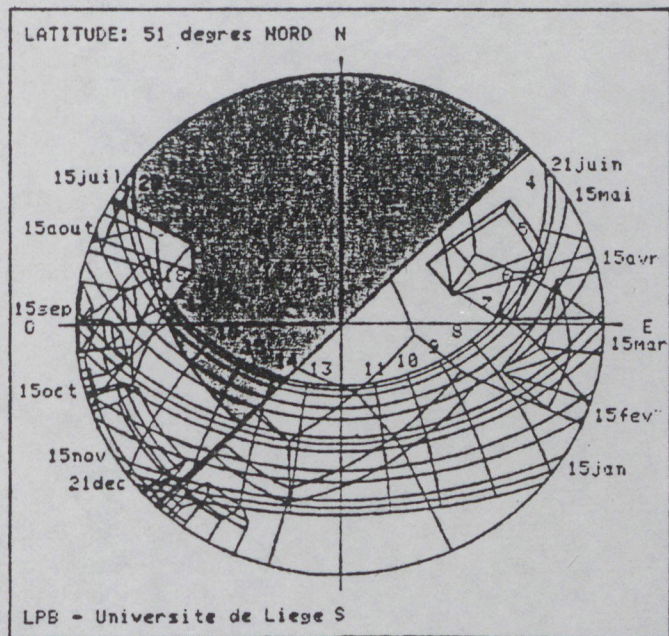


Fig. 11.b : Ensoleillement sur le seuil de la fenêtre du salon du voisin A : projet 1 (h = 3 m)

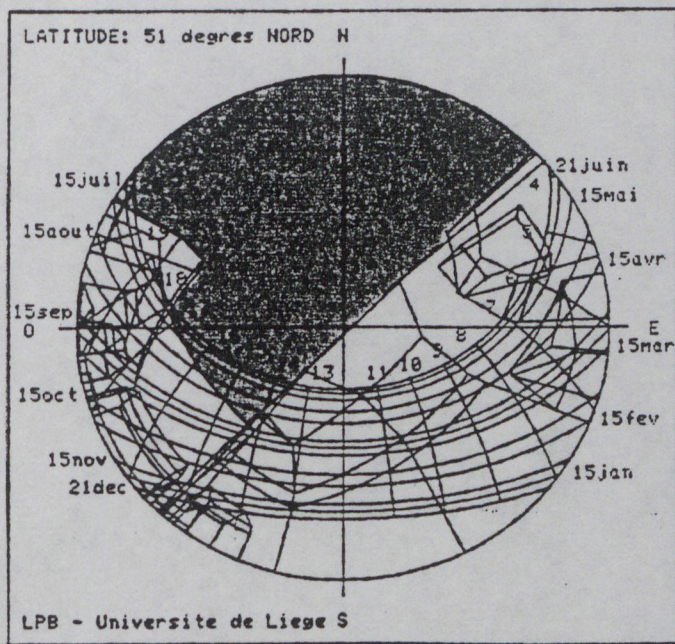


Fig. 11.c. : Ensoleillement sur le seuil de la fenêtre du salon du voisin A : projet 2 (h = 3 m)



- Si l'on observe maintenant ce qui se passe pour le voisin B, on constate que, dans la situation actuelle, l'ensoleillement disponible au bord de la fenêtre de la salle à manger est relativement important (figure 12.a). Il est cependant indispensable, car cette fenêtre est la seule ouverture à apporter la lumière directe du soleil dans le salon. Il faut en effet savoir que l'autre fenêtre de la salle de séjour donne sur la rue de la Gendarmerie et se trouve déjà privée de soleil par les masques des bâtiments situés en face.

On peut craindre que la nouvelle construction produise une suppression complète de l'ensoleillement de la maison (figure 12.b) : partant d'un ensoleillement garanti d'au moins deux heures pendant les mois d'hiver, et de huit heures pendant les mois d'été, on tombe à un ensoleillement disponible de deux heures et demie uniquement en été.

Quand on sait que les réglementations en matière d'hygiène prévoient un ensoleillement minimal journalier de une heure pour tout local habitable pendant toute l'année, on se rend compte que la nouvelle construction rendrait tout simplement la maison du voisin B insalubre.

Ce n'est pas la minime amélioration apportée par la deuxième version du projet qui y changera significativement quelque chose (figure 12.c).

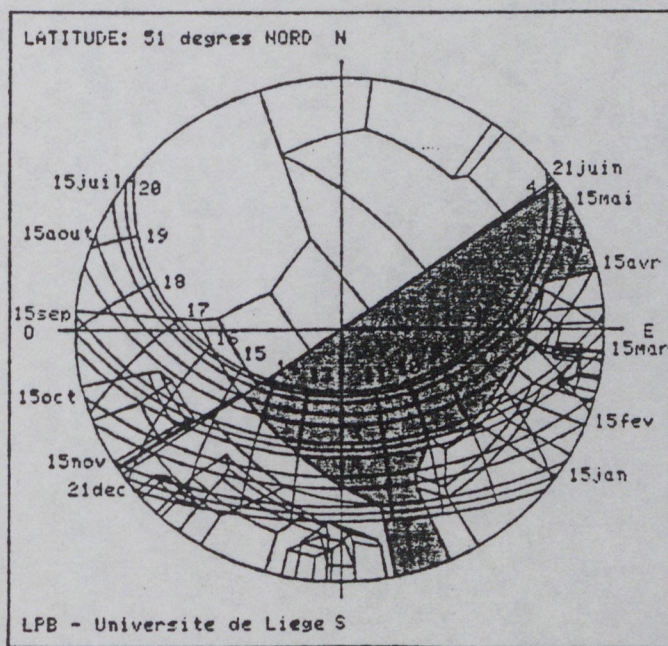


Fig. 12.a. : Ensoleillement sur le seuil de la fenêtre du séjour du voisin B : situation existante (h = 2 m)

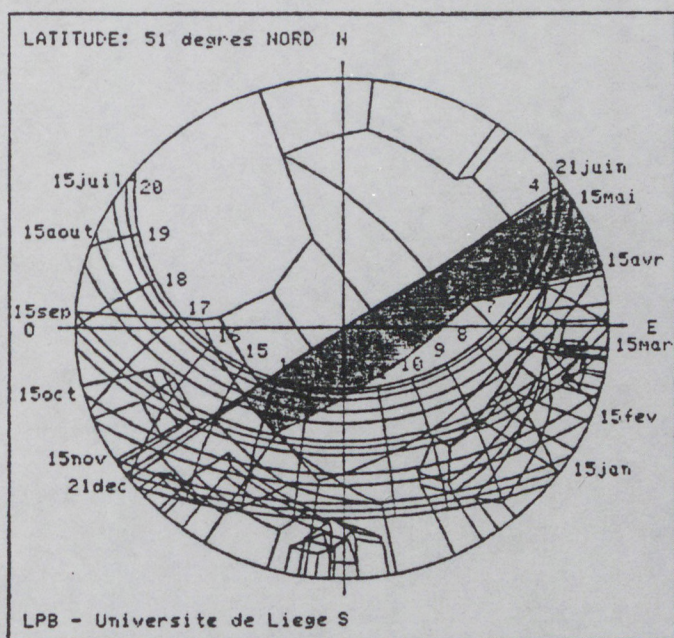


Fig. 12.b. : Ensoleillement sur le seuil de la fenêtre du séjour du voisin B : projet 1 (h = 2 m)

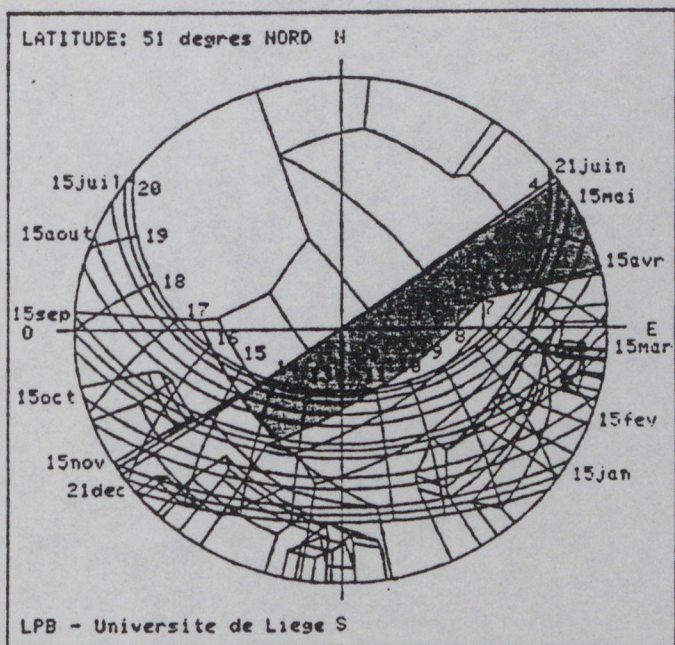


Fig. 12.c. : Ensoleillement sur le seuil de la fenêtre du séjour du voisin B : projet 2 (h = 2 m)

### Impact énergétique

En parallèle avec l'évaluation solaire que nous venons de présenter, nous avons utilisé une autre méthode qui permet de connaître pour les différentes façades d'un bâtiment la quantité d'énergie solaire directe disponible. Cette approche est complémentaire de la précédente dans ce sens que l'on va disposer ici d'une évaluation donnée non plus pour quelques points, mais bien pour des surfaces entières.

Les figures produites par le programme informatique utilisé ici consistent en des perspectives et élévations colorées dont la couleur représente le pourcentage d'énergie solaire directe disponible sur la face considérée : étant donné les ombres portées par les bâtiments environnants, la quantité d'énergie disponible en chaque point d'une façade peut varier de 0 % (si le point est constamment dans l'ombre) à 100 % (si le point est en permanence exposé au soleil). Cette quantité est représentée par une couleur répartie sur une palette de couleurs en fonction du pourcentage : du bleu (0 %) vers le rouge (100 %) en passant par les couleurs intermédiaires (vert : 50 %).

On dispose ici de deux possibilités : soit obtenir le pourcentage de récupération moyen de chaque paroi des maisons (figure 13), ou alors, demander une étude détaillée sur une face, celle-ci étant subdivisée en zones suivant un maillage de dimensions réduites. Pour cette dernière application, notre analyse a porté sur les deux éléments qui nous semblaient être les plus touchés par l'apparition du nouveau bâtiment : le jardin du voisin A et la façade latérale de la maison du voisin B (figures 14 et 15).

Sur la façade donnant les énergies incidentes moyennes (figure 13), on constate une chute générale des pourcentages d'exposition. Ceci traduit simplement l'importance des ombres qui vont être portées par le nouveau bâtiment.

Dans une étude plus détaillée de la façade du voisin B, cette conclusion est encore plus frappante : les zones de la façade où se trouvent les fenêtres des locaux (salle à manger et chambre) se retrouvent complètement dans l'ombre durant la majeure partie de l'année. Cela entraînera, pour le voisin B, non seulement une gêne due au manque d'ensoleillement, mais aussi de plus grandes dépenses en chauffage, étant donné la plus faible exposition de sa maison au soleil pendant les mois d'hiver.

Pour le jardin du voisin A, on constate clairement le passage d'une exposition solaire relativement bonne dans la situation existante (figure 15.a) à une exposition pratiquement nulle due à l'interposition du nouveau bâtiment. A la gêne visuelle évoquée dans le paragraphe 3 viennent donc s'ajouter une gêne solaire et énergétique qui rendront ce lieu tout-à-fait désagréable et compromettant toute détente à l'extérieur en été.

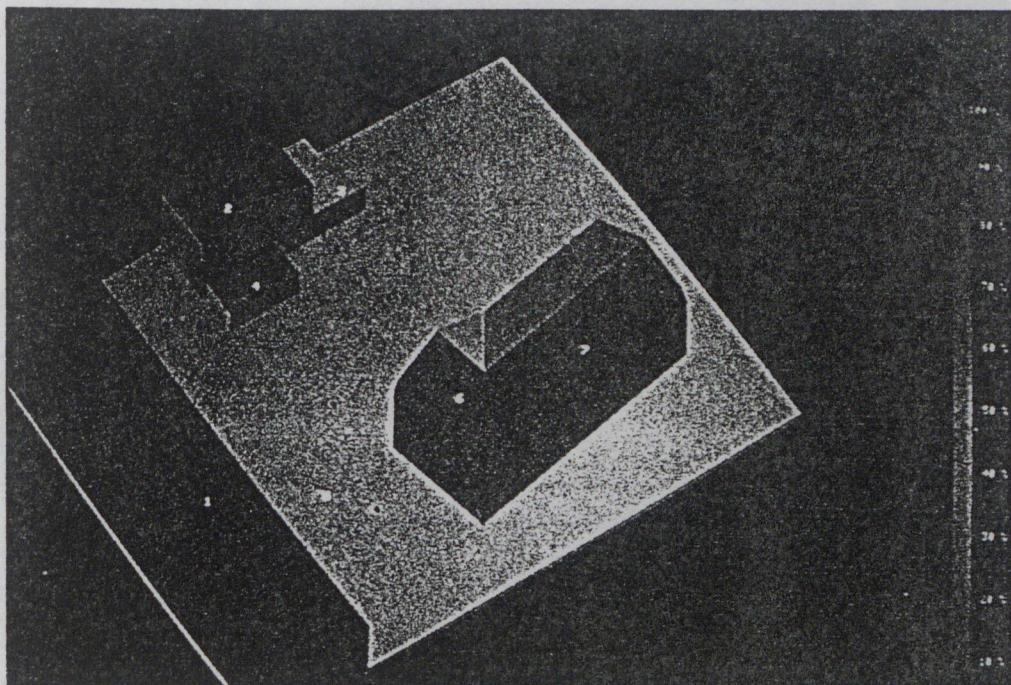


Fig. 13.a. : Energie solaire incidente moyenne (sur toute l'année)  
pour chaque paroi des maisons : situation existante

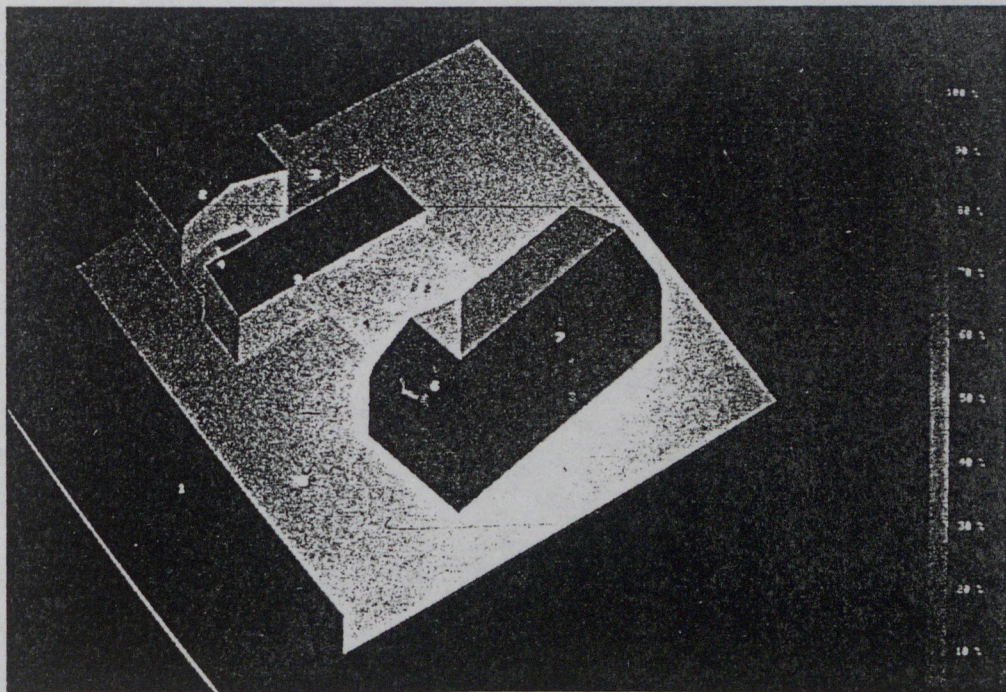


Fig. 13.b. : Energie solaire incidente moyenne (sur toute l'année)  
pour chaque paroi des maisons : projet 1

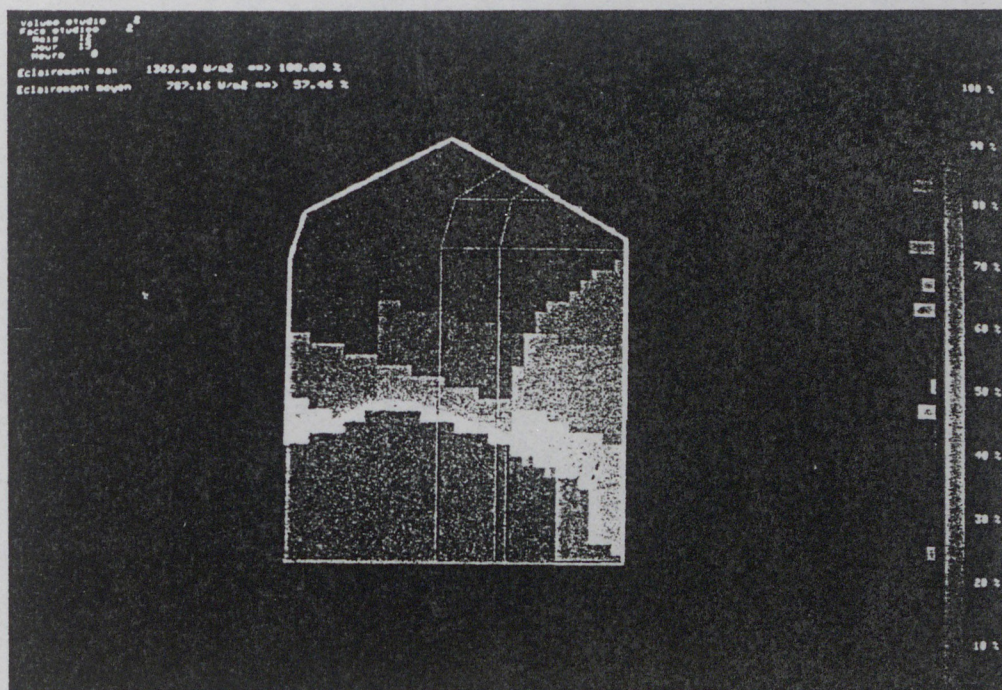


Fig. 14.a. : Etude de la façade latérale de la maison du voisin B  
(les 15 mars et 15 septembre) : situation existante

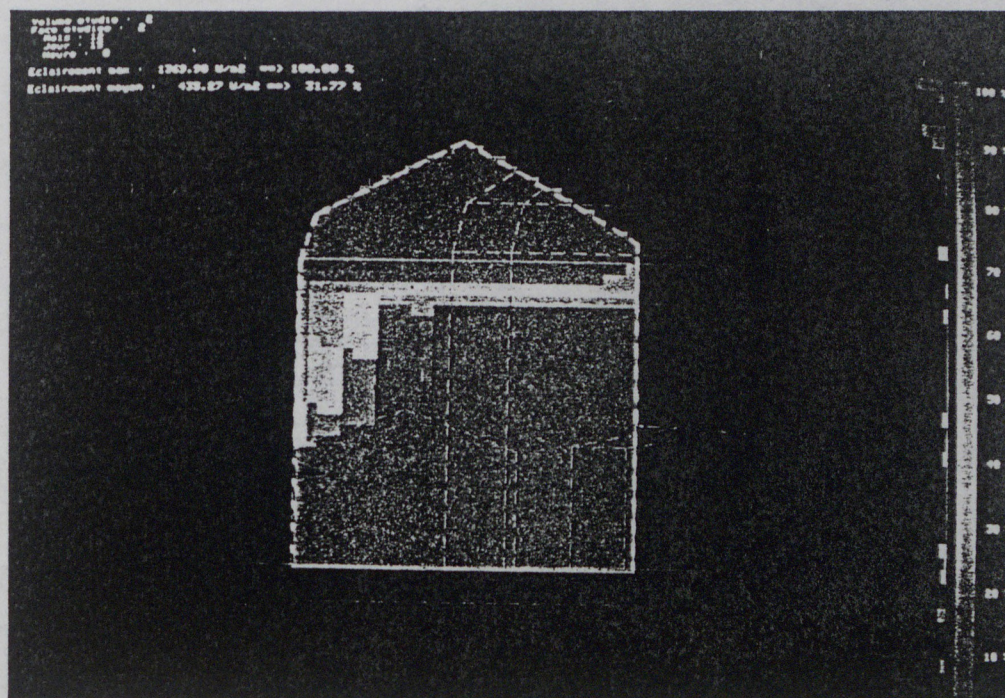


Fig. 14.b. : Etude de la façade latérale de la maison du voisin B  
(les 15 mars et 15 septembre) : projet 1

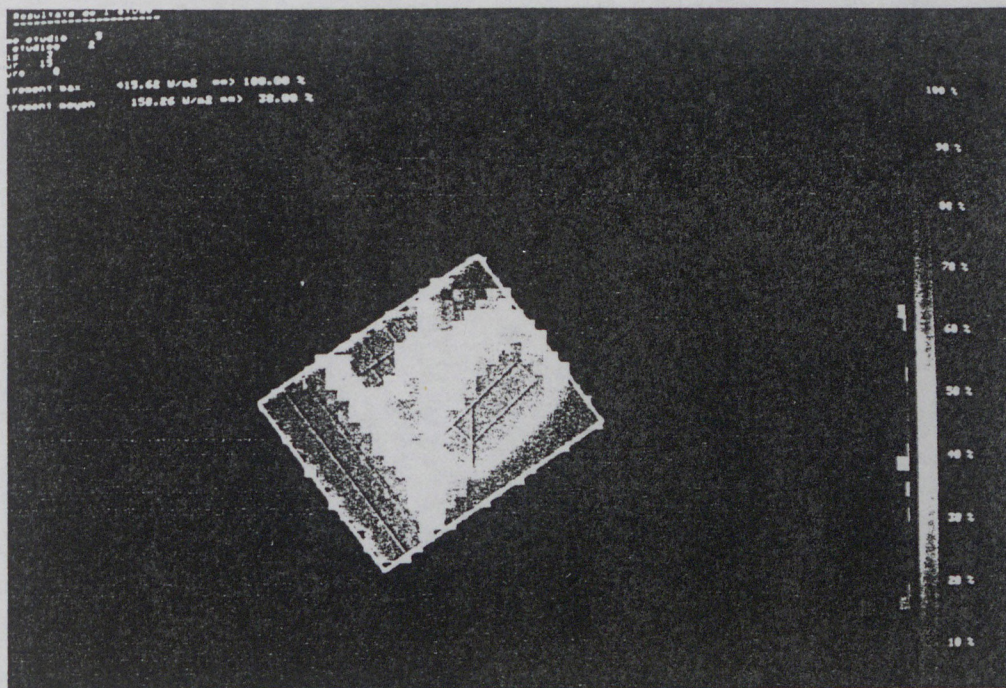


Fig. 15.a. : Energie solaire directe sur le sol (les 15 mars et 15 septembre) : situation existante

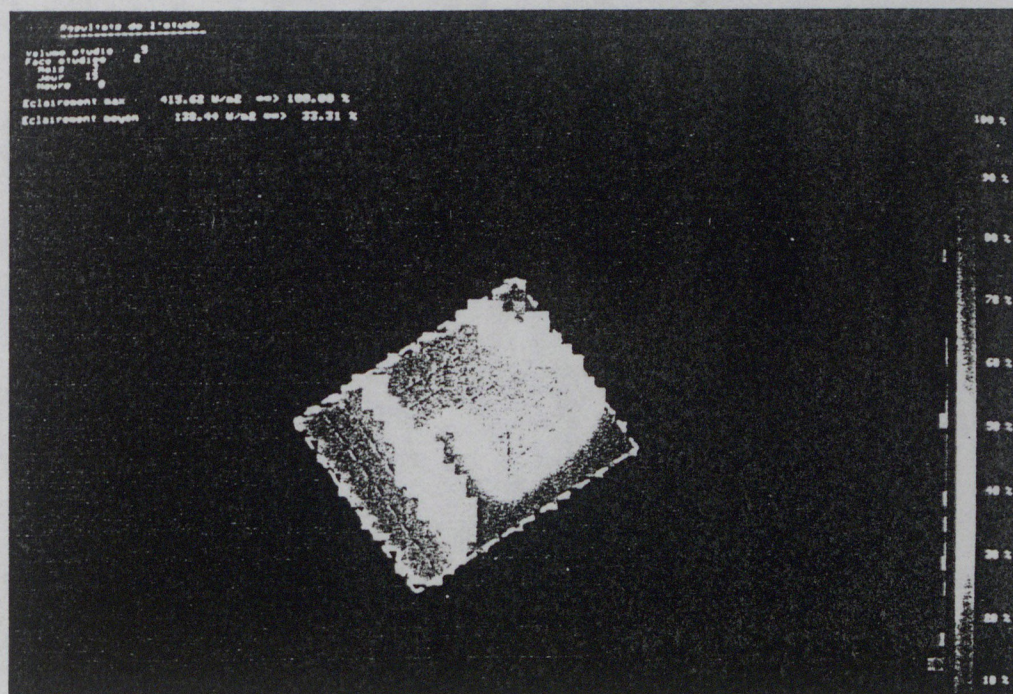


Fig. 15.b. : Energie solaire directe sur le sol (les 15 mars et 15 septembre) : projet 1

### Conclusions

Comme les évaluations visuelles et énergétiques le montrent clairement, le projet de construction, tel qu'il se présente dans sa version actuelle, entraîne des nuisances graves pour les habitants et les constructions voisines. Le préjudice le plus important concerne incontestablement les voisins A et B, qui se verront privés de lumière naturelle et d'énergie solaire dans des proportions considérables.

Tout ceci ne signifie pas qu'il faille absolument rejeter toute construction nouvelle à cet endroit : bien que l'environnement urbain soit des plus contraignants, il existe quand même à nos yeux une possibilité de construction d'un bâtiment. Mais, si l'on veut que les effets négatifs sur le voisinage soient limités, ce bâtiment devrait répondre à des caractéristiques architecturales bien précises :

1. construction dans le prolongement de l'alignement des maisons de la rue de la Gendarmerie, de manière à dégager au maximum l'espace situé à l'arrière ;
2. dans le même but, la profondeur maximale du nouveau bâtiment à partir du trottoir de la rue de la Gendarmerie ne devrait pas excéder 8 mètres ;
3. pour ne pas priver les voisins d'un ensoleillement minimum indispensable, la hauteur maximale du projet ne devrait pas dépasser 3,50 mètres par rapport au niveau de la rue. A cet effet, on pourrait :
  - limiter le nombre de niveaux ;
  - construire en sous-sol, par exemple avec le premier niveau en caves, ou encore en créant des décalages de niveaux vers l'arrière, étant donné la pente du terrain ;
  - adopter des pentes de toiture progressivement décroissantes de l'avant vers l'arrière, de manière à ne pas arrêter les rayons du soleil.

Avec un bâtiment répondant à de tels critères, les gênes sur le voisinage seraient considérablement réduites, et nous sommes persuadés que chacune des parties, tant le maître d'oeuvre que les voisins, pourraient s'en trouver satisfaits.

Commune de Comblain-au-Pont

Demande de permis de bâtir de Monsieur Delperdange, Quai de l'Ourthe, 20.

Etude des nuisances environnementales d'un projet de construction en site suburbain.

A. DUPAGNE, Professeur Ordinaire

M. RENSON, Assistant

#### Conclusion complémentaires

Comparaison de la situation existante avec la 3ème version du projet (décembre 1985).

Globalement, les conclusions qui se dégagait de notre première étude ne sont pas modifiées par le nouveau projet.

#### 1. Impact visuel

- La morphologie générale du projet est assez disparate et en contradiction avec l'architecture traditionnelle environnante :

- volumes trop massifs ;
- élancements des volumes trop différents et mal équilibrés, sans rapport avec les volumes existants ;
- matériaux et couleurs non intégrés.

- Les volumes de construction proposés conduisent à une densification exagérée du lieu.

#### 2. Analyse fonctionnelle

- Si l'on peut comprendre qu'un commerce de fleurs exige des entrepôts et des locaux de travail, il n'implique nullement la construction d'un appartement complet.

- La présence d'un funerarium dans une rue étroite (7,5 m entre façades) débouchant sur une route à grand trafic et dangereux.

- La formation de convois funéraires fréquents va produire des perturbations sérieuses dans cette rue paisible.

#### 3. Analyse d'ensoleillement

##### Jardin du voisin A

La situation est légèrement améliorée en été au niveau de l'occupation du jardin puisqu'on dispose maintenant de plus ou moins 3,30 heures de soleil au lieu de 2,30 heures dans les projets précédents.

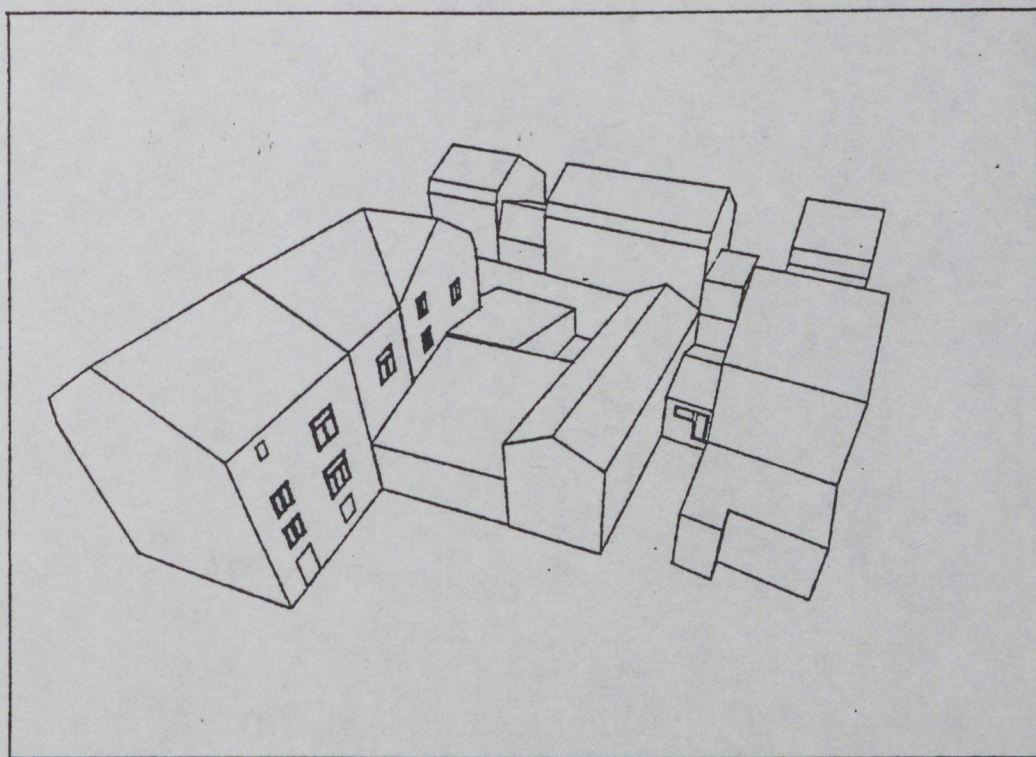
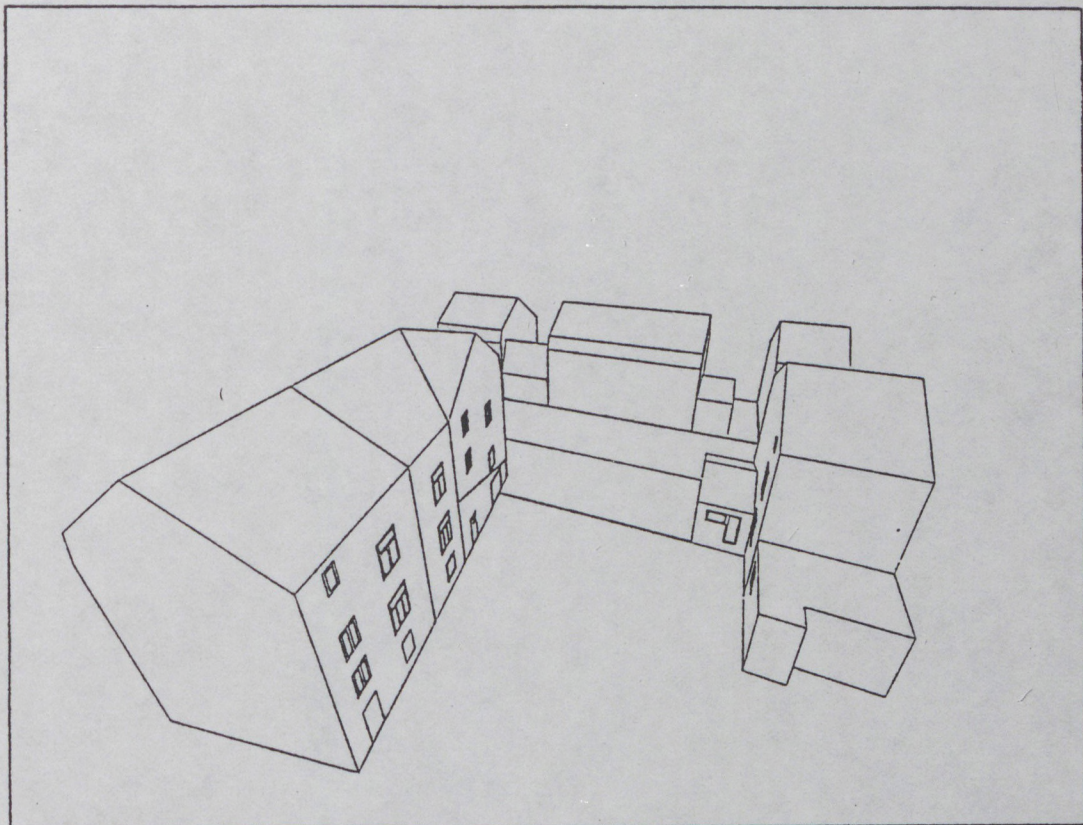
##### Fenêtre du salon du voisin A (3 m/sol jardin)

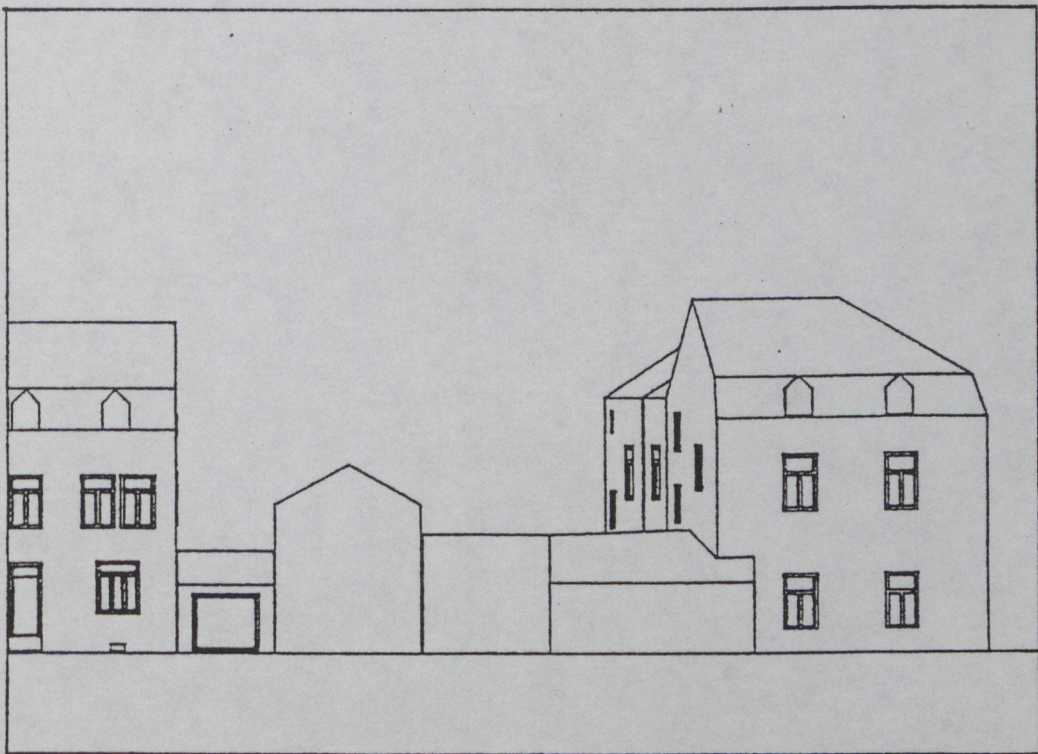
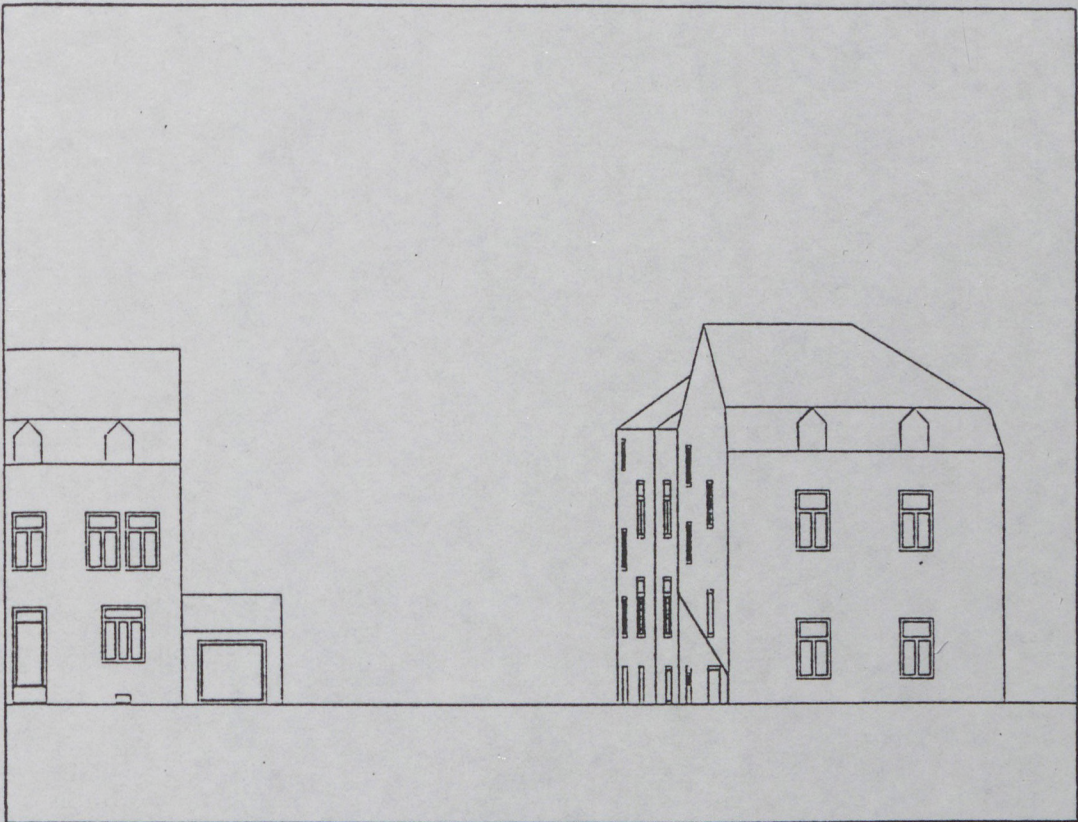
Le nouveau projet ne porte plus d'ombre sur cette fenêtre.

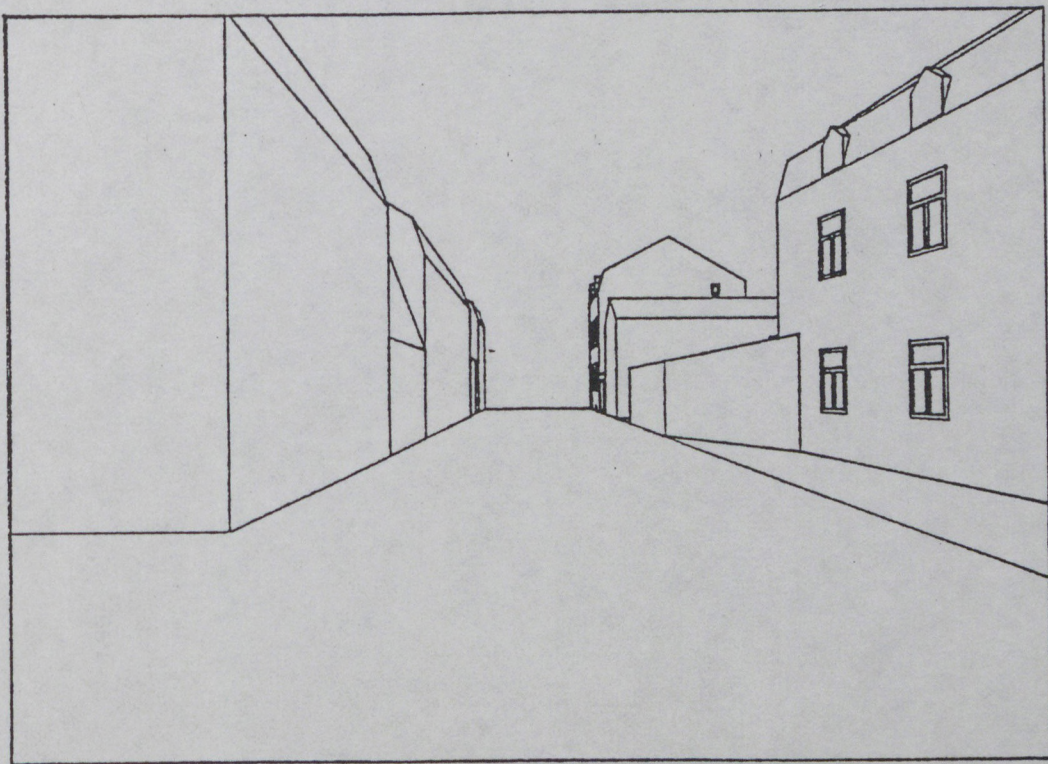
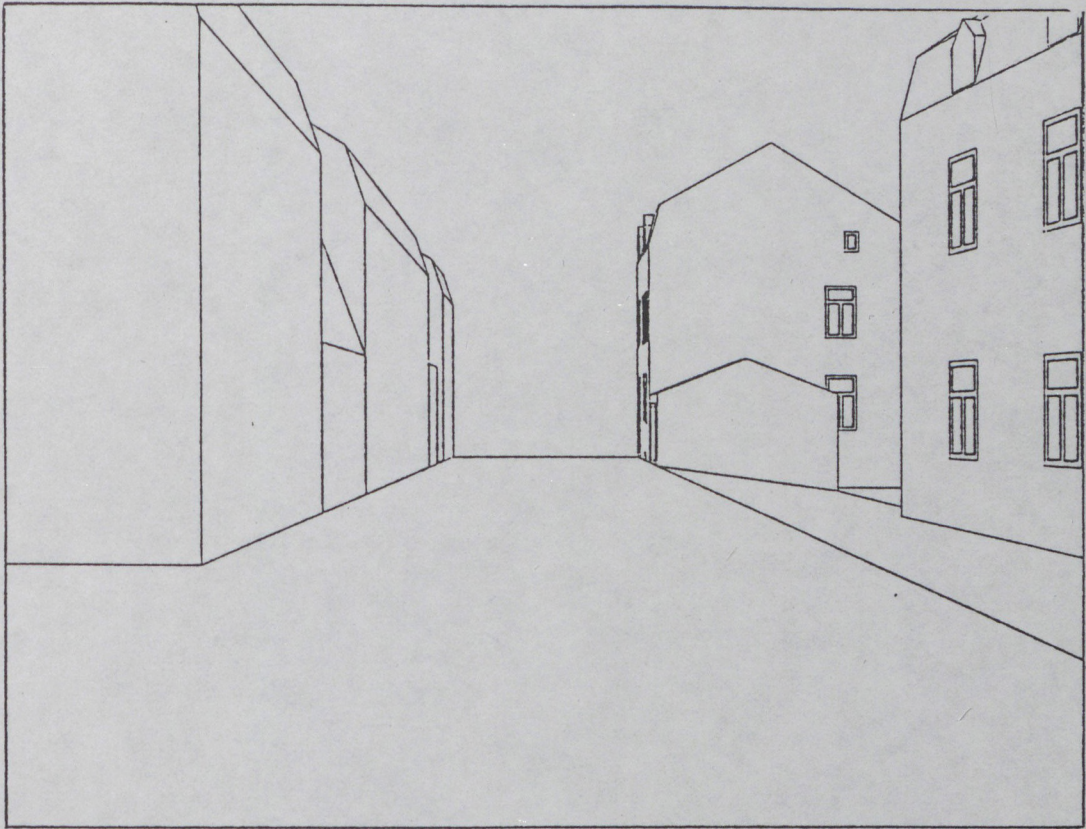


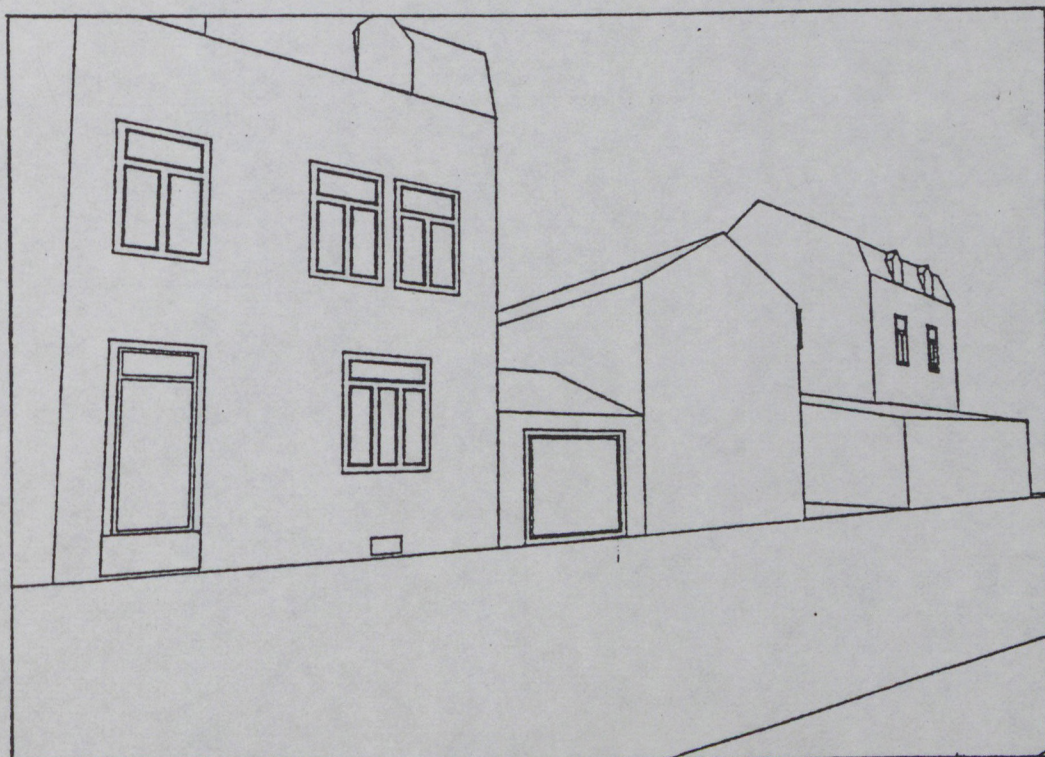
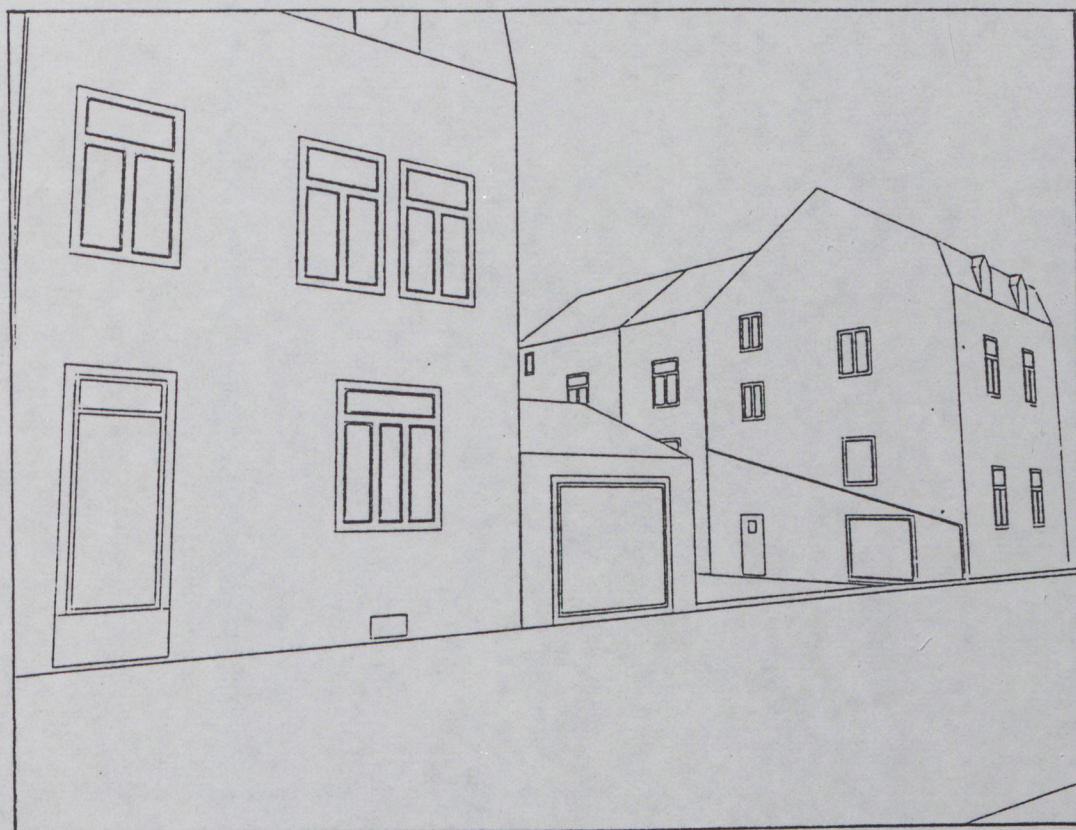
Fenêtre du salon du voisin B (2 m/sol jardin)

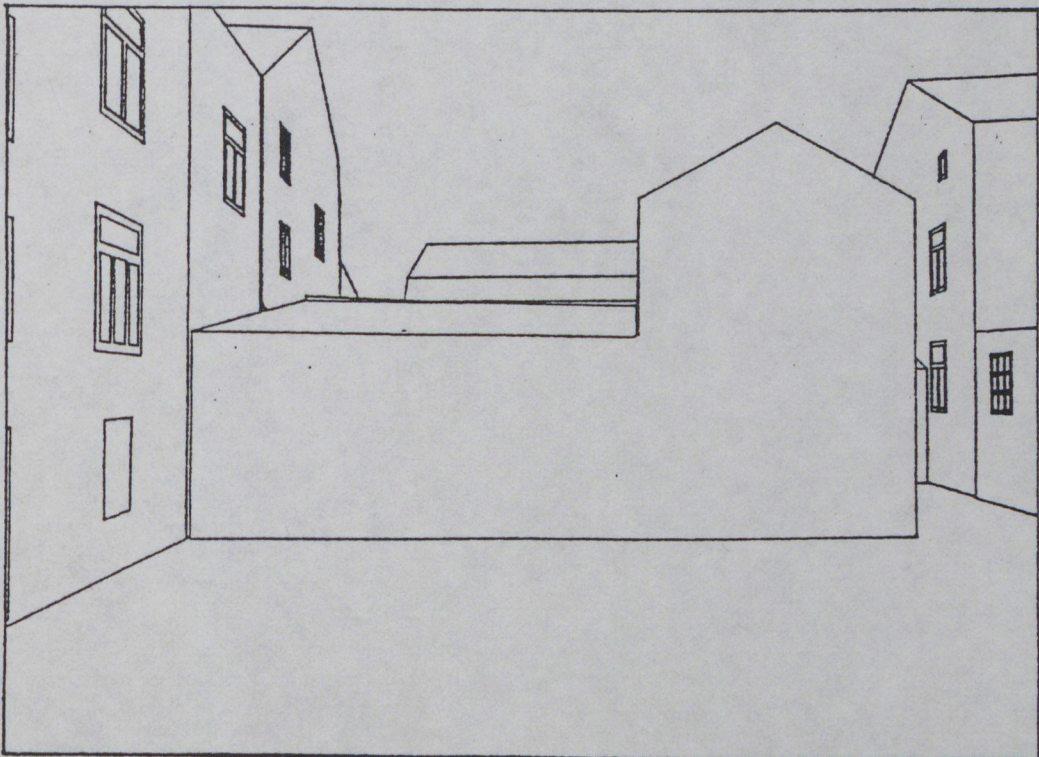
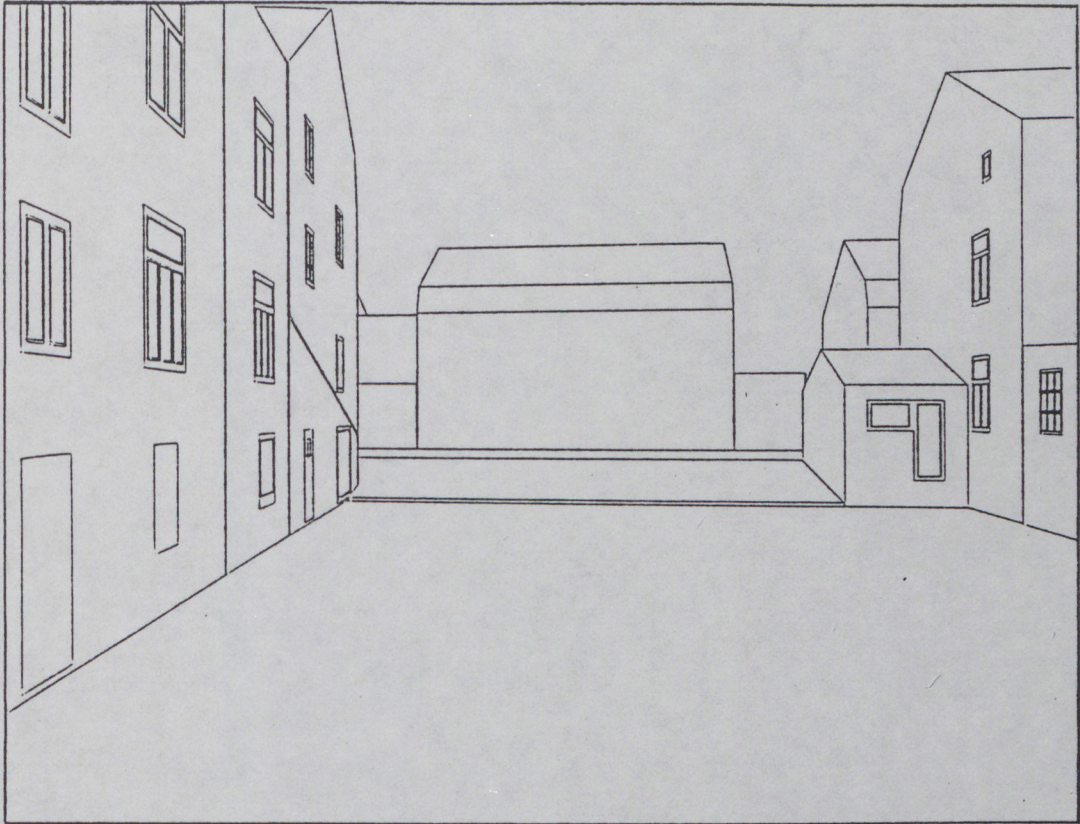
Aucune amélioration sérieuse n'est portée par le nouveau projet qui reste très préjudiciable à ces personnes tant du point de vue du confort que du point de vue énergie de chauffage.

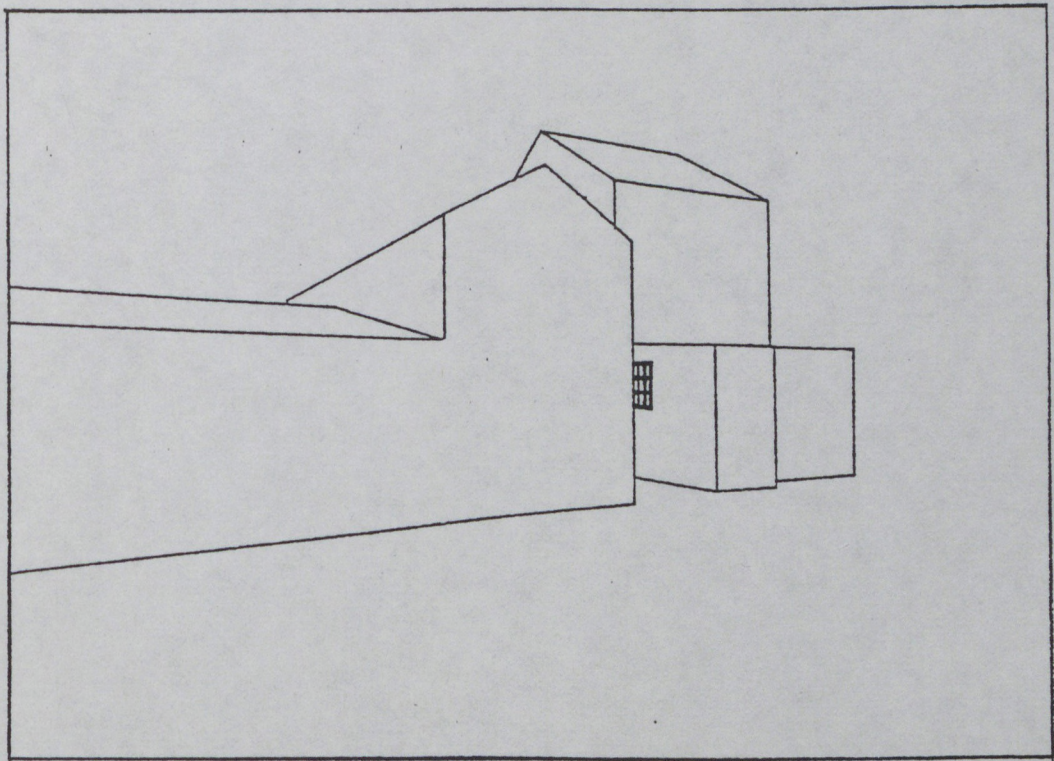
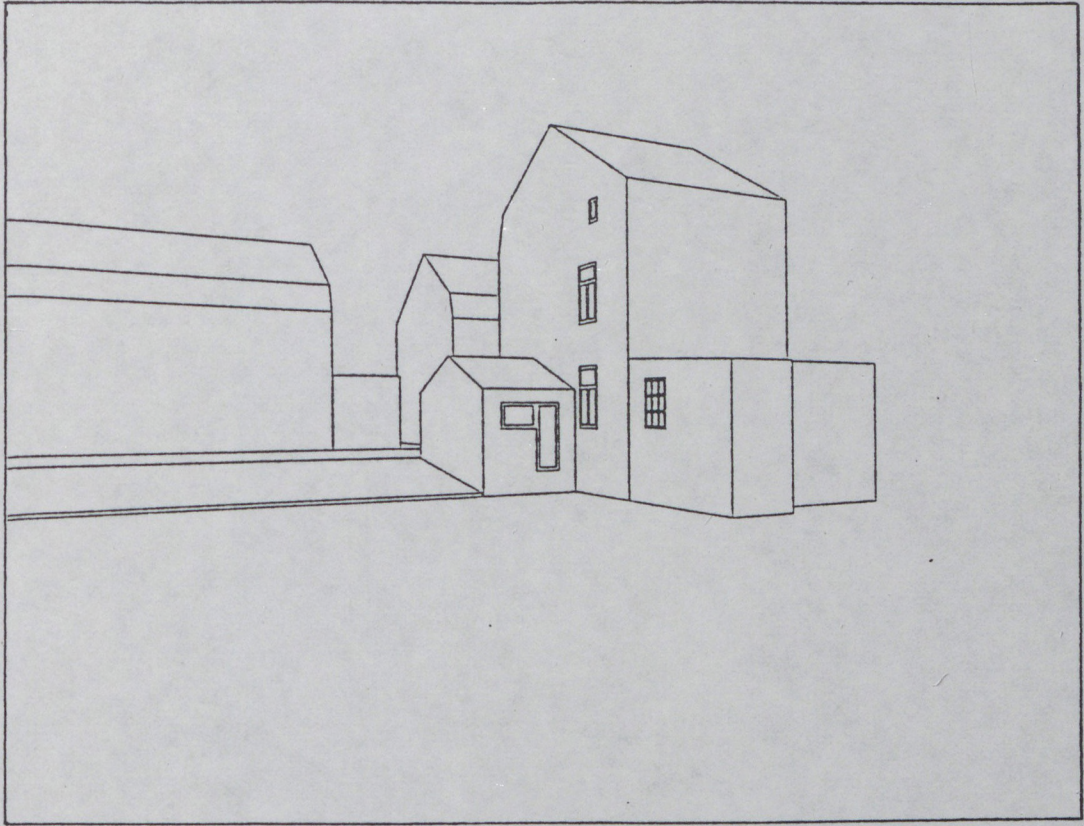


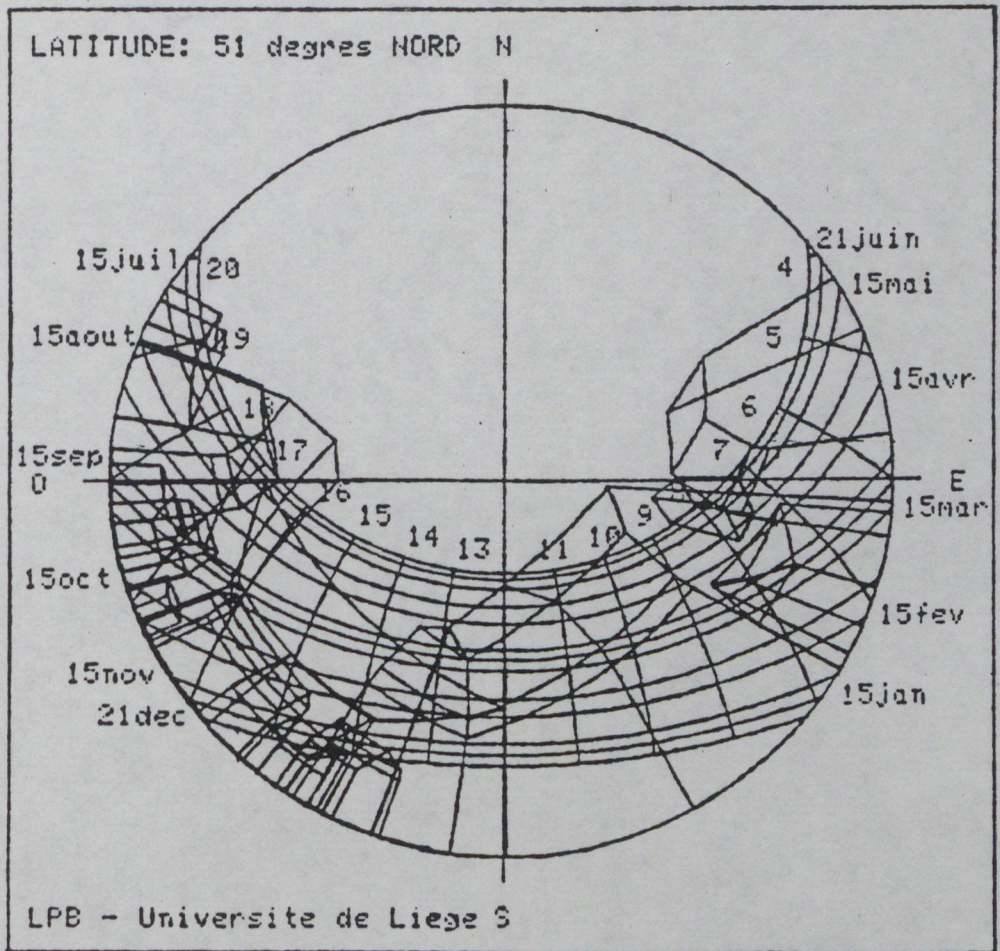
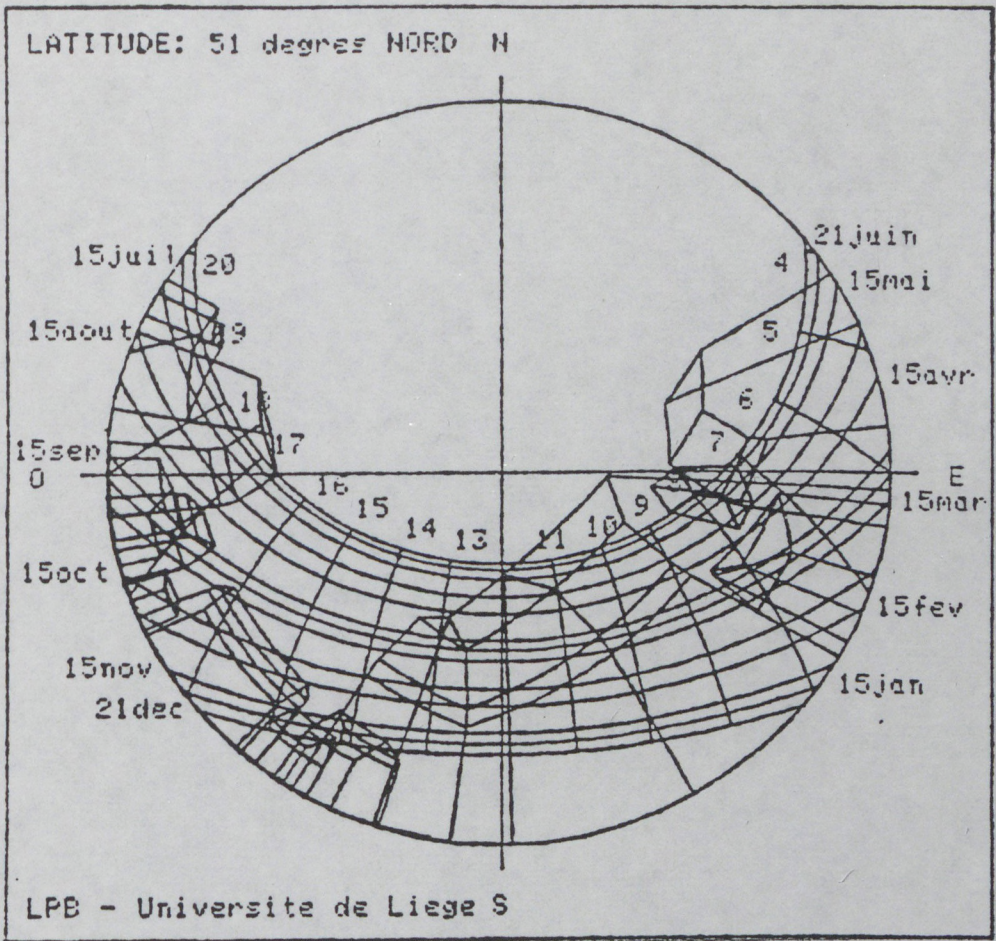




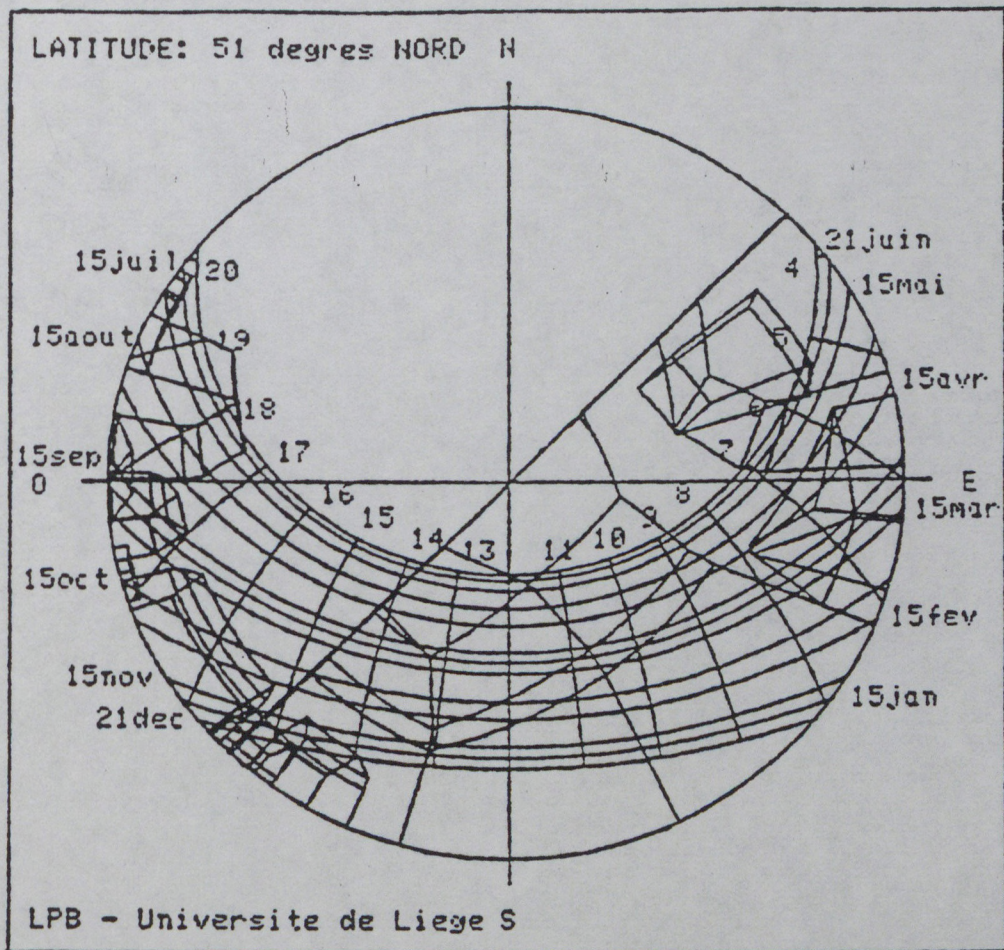
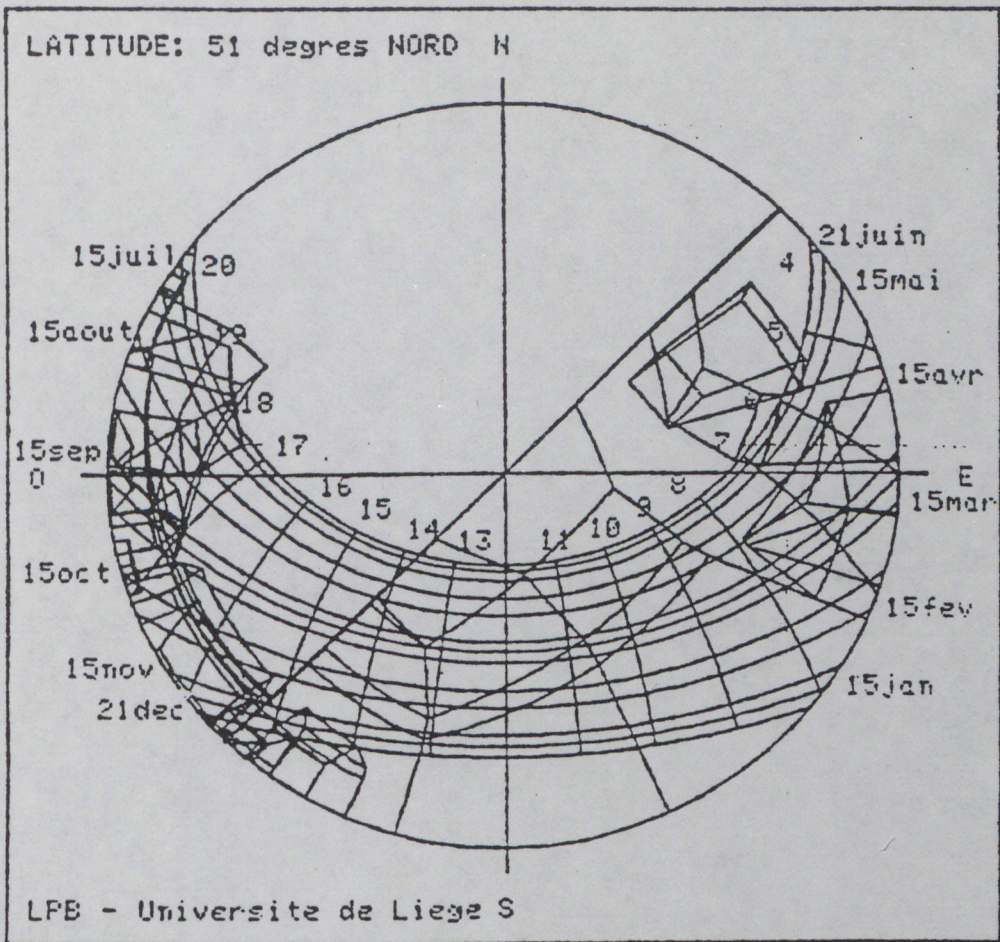


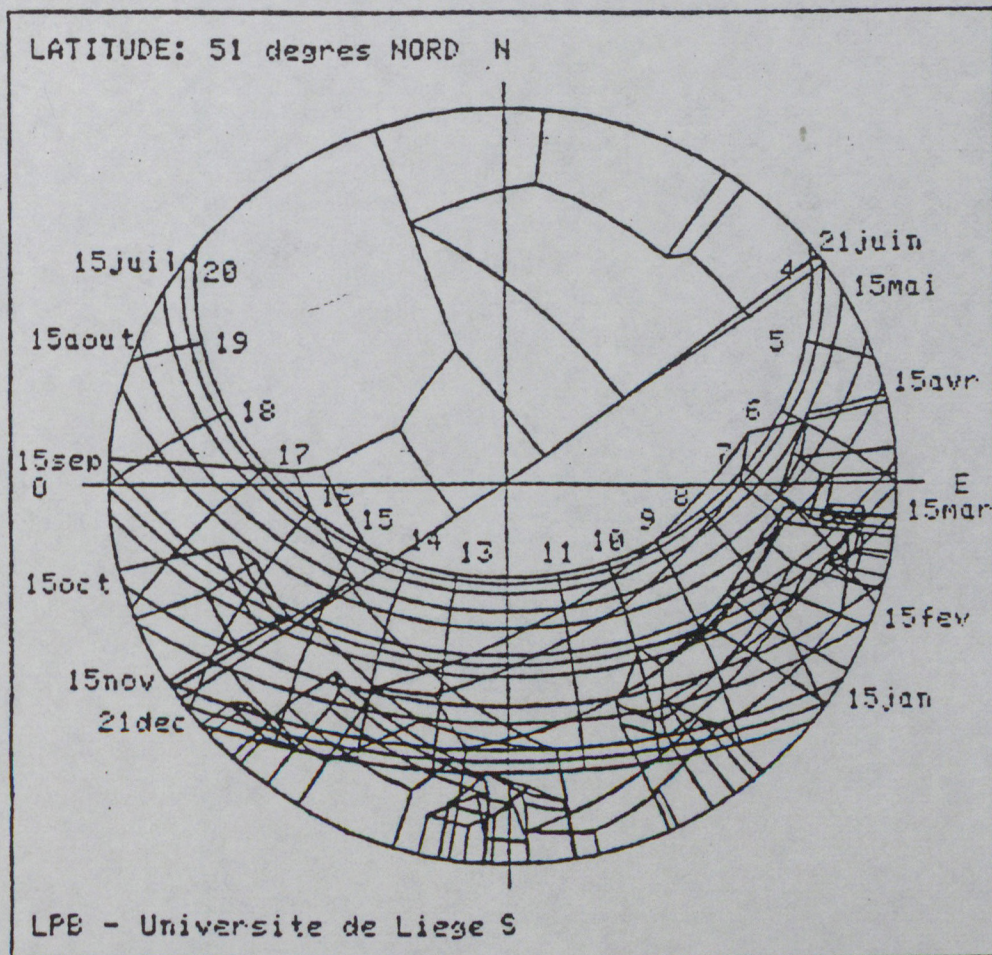
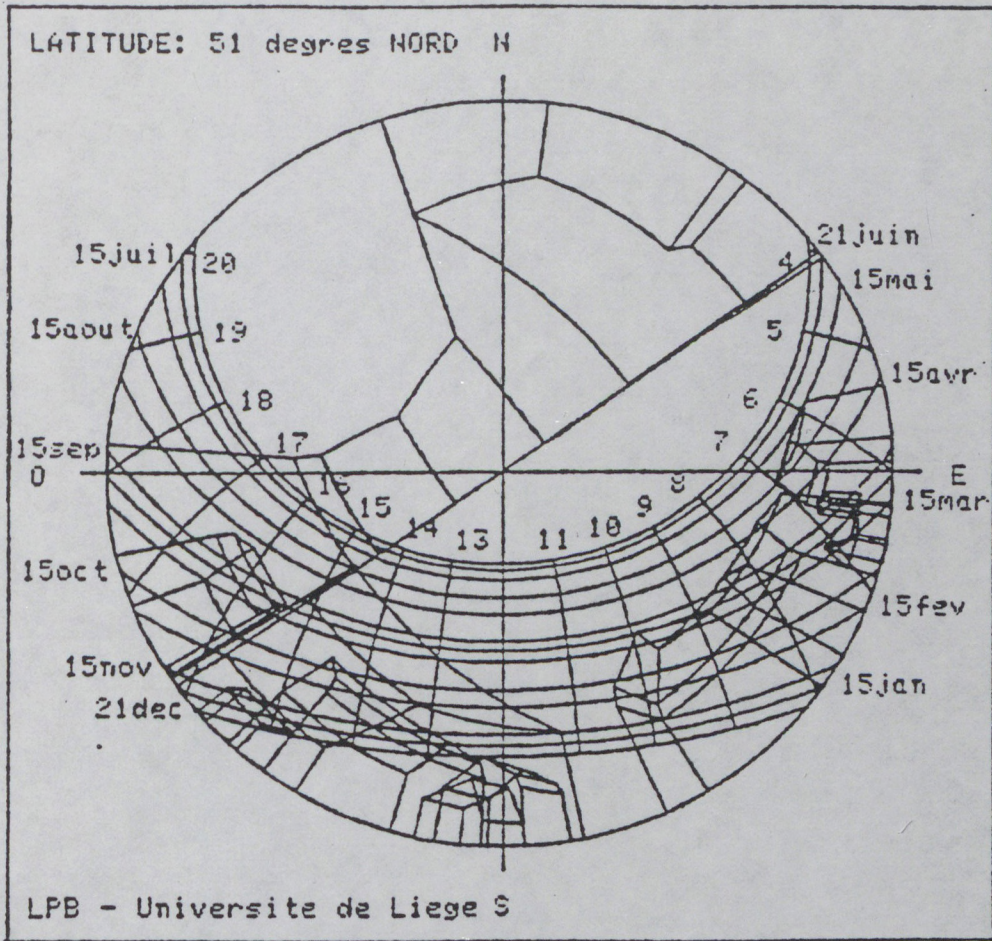












## PROBLÉMATIQUES ÉNERGÉTIQUES ET PROJETS URBAINS AMÉNAGEMENTS URBAINS ET ÉNERGIE

D. LENOIR - S.C.E.T. PARIS

La S.C.E.T. et le réseau des sociétés locales qu'elle anime (environ 200 sociétés d'Aménagement, Sociétés de Gestion d'équipement, Sociétés de Transports, Agences d'Urbanisme...) ont été conduites, dès l'origine de leurs actions, à attribuer une place importante aux aménagements énergétiques et à leur gestion. Sur les 160 réseaux de chaleur existant en France, environ la moitié ont été réalisés dans des opérations de ces sociétés.

Dès 1974, la S.C.E.T. a relancé l'action de son réseau dans le domaine énergétique en prenant une part active aux réflexions conduites au niveau national (Commission Leroy, colloque "La ville et l'Energie", ...), en formant un ensemble de cadres destinés à développer des actions régionales ou locales, enfin en menant à bien de telles actions.

A posteriori, nous pouvons constater que trois démarches ont été conduites simultanément et il est possible d'en tirer des enseignements pour les orientations futures :

- une démarche sectorielle : l'énergie dans l'aménagement,
- un ensemble de démarches opérationnelles,
- une démarche globale : la Ville, le Quartier.

### UNE DEMARCHE SECTORIELLE : L'ENERGIE DANS L'AMENAGEMENT

De cette démarche sont nés plusieurs organismes régionaux ou locaux (Norcal Energie, Rhône-Alpes Energie, Ouest Energie, Aquitaine Energie) et nationaux (SCETECAL, GEOCHALEUR, BIOCHALEUR), créés avec les partenaires intéressés soit dans les régions, soit dans les secteurs d'activité concernés.

Très rapidement, deux grands axes de réflexion et d'action se sont imposés :

- l'inventaire et la mise en valeur des énergies locales :

Les développements les plus notables concernent :

- . les récupérations de chaleur (OM, rejets industriels),
- . la biomasse
- . le solaire

- le diagnostic des services consommateurs d'énergie et l'optimisation de leur fonctionnement :

- . Bus-Energie parcourant les communes pour les diagnostics d'équipements,
- . logiciels d'optimisation (ramassages scolaires, transports urbains, transports départementaux, ordures ménagères...)
- . Amélioration des réseaux, surveillance d'exploitation, télésurveillance (eau, assainissement, chaufferie, éclairage public, transports...)
- . Equipement de chaufferie en multi-énergies

(\*) Le terme "Aménagement" est pris au sens très extensif de l'article 1 de la Loi "Aménagement" du 18 juillet 1985.

### DES DEMARCHES OPERATIONNELLES

A partir de 1978, le rythme d'expansion urbaine s'est fortement ralenti. Les aménageurs ont progressivement investi des domaines qui avaient été négligés auparavant et dont les Collectivités mesurent de plus en plus l'intérêt pour leur développement :

- . Réhabilitation du logement,
- . Réutilisation de bâtiments existants
  - patrimoine historique
  - usines
  - équipements vacants (écoles en centre ville)
- . Utilisation de friches industrielles

Les actions, fondées sur des objectifs qui n'ont rien à voir avec l'énergie ont des répercussions directes dans le domaine énergétique car elles permettent un usage plus rationnel de l'espace urbain, en même temps que des économies sensibles d'investissements et de charges d'exploitation.

### UNE DEMARCHE GLOBALE : LA VILLE, LE QUARTIER

Cependant, la décentralisation et la nouvelle répartition des compétences entre l'Etat et les Collectivités ont renforcé l'extension d'une démarche plus globale s'efforçant d'intégrer les différents aspects du développement urbain : social, économique, culturel, technique...

A ce niveau, les Collectivités, les aménageurs, les maîtres d'oeuvre et les divers acteurs de l'aménagement prennent conscience de toute une série d'enjeux dont la maîtrise suppose :

- . la concertation entre les acteurs, y compris la population, les entreprises, les services intéressés, le choix d'un Programme tenant compte :
  - des fonctions, toujours multiples, de l'aménagement projeté au sein d'un ensemble complexe
  - des attentes des "usagers" actuels et futurs
  - des possibilités financières locales, tant pour l'investissement que pour l'exploitation ultérieure
- . le suivi attentif de la réalisation pour respecter les objectifs du programme
- . la mise en place des moyens de gestion et d'exploitation correspondant au niveau de qualité souhaité pour le fonctionnement
- . le contrôle des résultats et la prise de décision en temps opportun pour corriger les dérives d'usage non souhaitées (changement de population, dégradation, insécurité...)

### QUELQUES ENSEIGNEMENTS

Des trois démarches précédentes :

- la première, consacrée à l'énergie, a permis de mettre en place des outils (méthodes, techniques, financements, montages) générateurs de maîtrise de l'énergie mais sa limite est tracée par les conditions économiques internationales qui fixent la rentabilité des actions possibles ;

- La seconde, qui s'attache à un meilleur usage du patrimoine urbain a des objectifs qui ne sont pas énergétiques et, à ce titre, dépend essentiellement de la volonté et des possibilités locales ; ses retombées énergétiques sont notables.
- La troisième, qui traite de projets urbains, englobe les deux autres démarches et présente l'intérêt maximum car elle seule permet :
  - . la conception la mieux adaptée des opérations, tant du point de vue investissement que fonctionnement ;
  - . l'usage effectif optimum des investissements effectués ;
  - . l'entretien et la bonne exploitation.

La sanction finale est, de nos jours, celle de l'"usager" (habitant, chef d'entreprise, touriste, consommateur...) qui choisit son quartier, ses commerces... qu'un maillon de la chaîne.

#### PROGRAMME-CONCEPTION-REALISATION-GESTION-EXPLOITATION

soit défaillant et les gaspillages apparaissent dans des proportions parfois considérables (10 à 20 % de logements vacants = autant de gaspillage énergétique, social, économique...)

## ARCHITECTURE URBAINE BIO-CLIMATIQUE APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE D'UN PROCESSUS DE PROJETATION R. REMON ET F. NICOLAS - ARCHITECTES

Notre objet : la maîtrise rationnelle de la contradiction fondamentale entre héliocentrisme (orientation préférentielle au Sud) et intégration à un tissu urbain (forme urbaine) dont le tracé est, en général, indifférent aux quatre points cardinaux.

En effet, nous savons que, typologiquement, l'architecture bioclimatique est en rapport dialectique avec le Sud (pour simplifier), alors que l'architecture urbaine est en rapport dialectique avec une morphologie urbaine : par exemple, lorsque vous regardez un plan d'étage courant d'une Cité Radieuse de Le Corbusier, vous savez où se trouve le Sud, mais vous ne savez pas où se trouve la rue ; à l'inverse, lorsque vous regardez un plan d'étage courant d'un immeuble haussmannien, vous savez où se trouve la rue, mais vous ne savez pas où est le Sud.

Prise telle que, cette contradiction semble irréductible : nous pouvons pratiquement dire que, jusqu'à présent, sa prise en compte s'est toujours traduite, ou par la domination d'un des deux termes sur l'autre (cas des exemples précédents, ou par l'intégration des deux ordres au moyen d'un procédé formel qui évite à celle-ci d'être exprimée (l'architecture baroque par exemple).

Pourtant, une problématique analogue a déjà montré les richesses des modifications structurelles de l'espace architectural engendrées par la prise en compte simultanée de deux ordres contradictoires : c'est le cas d'Ispahan, et en particulier de l'espace Meidan-é Shah : l'intersection de deux espaces autonomes : l'espace urbain (le caravansérail et ses prolongements dans le bazar) et l'espace religieux (les mosquées, toutes orientées vers la Mecque), engendre des déformations dont le traitement formel sublime la contradiction ; nous disons qu'il y a articulation.

En nous appuyant sur la capacité du concept architectural de FACADE EPAISSE(\*) (et son extension sur toute l'épaisseur du bâtiment) à intégrer, ou articuler, les exigences du concept technique d'enveloppe bioclimatique nous avons cherché à définir les modifications structurelles de l'espace architectural suggérées par cette nouvelle approche.

Nous avons pour cela étudié deux figures types que l'on peut considérer comme deux pôles de l'architecture urbaine :

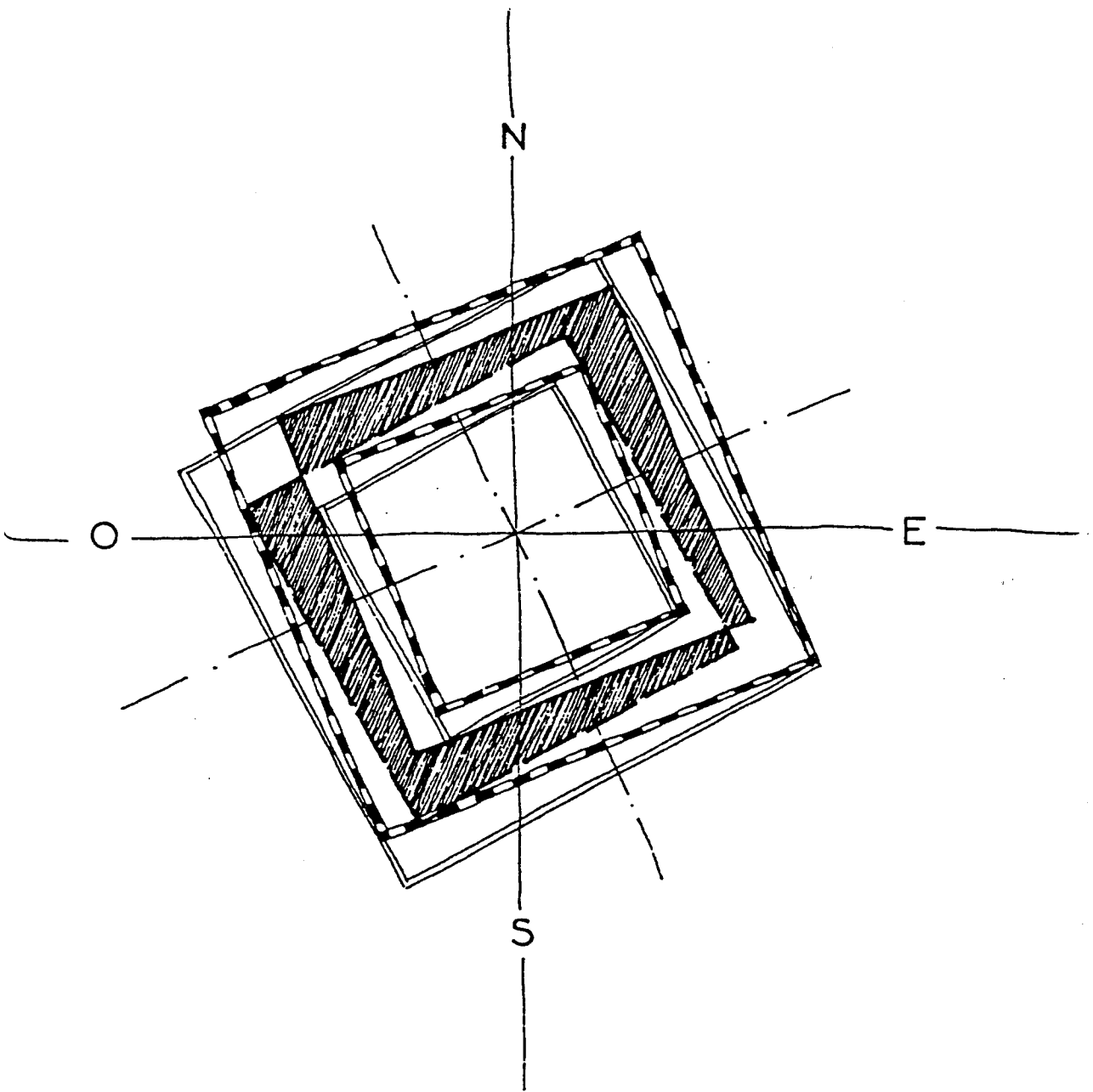
- la ligne (rue, mail, avenue)
- le carré (place et flot).

Après avoir fait tourner ces deux figures de 22,5° en 22,5°, nous avons retenu le cas laissant apparaître le plus de situations différentes : une place dont les axes sont décalés de 22,5° par rapport aux quatre points cardinaux. L'introduction d'une dissymétrie par rapport à l'axe Nord-Sud induit, en effet, une qualification différentielle des quatre côtés ; le

(\*) Recherche Plan Construction 1978 - LA FACADE EPAISSE par Michel REMON.

rapport entre la dimension intérieure de la place et la hauteur des bâtiments a été fixé à 4, c'est à dire  $L = 4H$ .

La prise en compte superposée des deux ordres urbain et bioclimatique a induit un certain nombre de déformations de la figure de référence, par stratification en "couches spécifiques" (le délitement des façades (contenant) engendre la décomposition de la profondeur de l'espace interne (contenu)).



### STRATIFICATION PAROI VITREE/PAROI OPAQUE

Dans ce schéma générique, les façades sont constituées par la superposition d'une paroi vitrée et d'une paroi opaque ; toutes les combinaisons de cette superposition sont possibles (y compris la coïncidence). Pourtant, ces deux termes ne sont pas à proprement parler symétriques (la paroi vitrée ne pouvant exister seule). Nous avons donc étudié leur rapport sous l'angle de leur autonomie relative :

- De PALLADIO, pour qui la paroi vitrée en tant que telle n'a pas d'importance, la force de l'architecture étant ailleurs ; la présence des vides des baies n'est qu'un des termes du façonnage de la matière ; la dominante est l'opaque.
- A MIES VAN DER ROHE, qui voulait pousser à l'extrême les qualités de transparence du verre pour en faire la vitrine de la structure porteuse.
- En passant par RIETVELT qui compose par assemblages de parois (totalement) vitrées et de parois (totalement) opaques, leur donnant une sorte d'équivalence ; l'une apporte la lumière, l'autre l'ombre (maison Schröder).

### STRATIFICATION EN PROFONDEUR

Le schéma générique laisse également apparaître à l'intérieur du bâtiment un certain nombre de strates. En ayant pris comme hypothèse que tous les séjours sont insolés, c'est à dire en contact avec une façade captante (hypothèse bioclimatique), et qu'ils donnent tous sur la place (hypothèse urbaine), nous avons en plus mis en évidence une épaisseur différentielle de chacun des quatre côtés du carré. Cette variation d'épaisseur, que nous appelons stratification en profondeur, est une réaction directe (ou déformation) d'une figure donnée à la problématique de la double orientation. L'analyse d'exemples choisis dans le patrimoine architectural nous a permis de mettre en évidence concrètement, visuellement, cette notion de stratification en profondeur. Nous voyons qu'une multitude de causes sont à l'origine de la plus ou moins grande profondeur en coupe d'un bâtiment :

- de la maison "vitrine" de David WRIGHT, archétype de la maison solaire à gains directs,
- à la maison bourgeoise de V. HORTA, archétype de la maison urbaine : le travail de l'architecte sur la profondeur (cf. la manière de conduire, de canaliser la lumière dans le bâtiment) compense l'étroitesse de la parcelle.

### ETUDE THERMIQUE

Parallèlement à cette analyse architecturale, nous avons fait une étude thermique ; en partant d'un constat que, en tissu urbain, tous les logements ne peuvent bénéficier d'apports optimaux, la question qui se pose est de savoir si l'optimal énergétique global est obtenu par un nivellement des différents apports solaires, ou au contraire par un contraste maximum



(logements très favorisés et logements très défavorisés), ce qui amplifierait la contradiction liée à notre problématique.

Le nombre de réponses à cette question étant quasiment infini, nous avons choisi un certain nombre de cas types pour déterminer les tendances, le choix d'un cas particulier permettant ensuite d'évaluer plus précisément l'influence des différents paramètres sur les bilans. L'étude porte sur les coupes en creux des figures types étudiées précédemment :

- la rue
- l'avenue
- la place
- influence des aspects de surface sur les bilans
- influence des effets de masque sur les énergies reçues.

On peut noter que l'introduction des effets de coin sur la place modifie les répartitions des énergies reçues sur une même façade. Par contre, les bilans globaux sur l'ensemble de la place restent identiques quel que soit l'orientation de celle-ci.

#### PROJET

La mise en évidence des modifications structurelles et des concepts suggérés par notre approche analytique passe par une phase de pro jet tation. La superposition du schéma générique précité avec les résultats des études architecturales et thermiques a induit l'armature formelle du projet. Celle-ci s'organise autour d'une "fibre neutre", lieu de résolution de la contradiction (d'articulation) à l'intérieur du logement (problématique de la stratification en profondeur) :

- un gabarit d'épaisseur constante est mis en place à l'intérieur de la fibre neutre sur les quatre côtés ; ce gabarit contient tous les séjours (hypothèse urbaine).
- une variation d'épaisseur sur les quatre côtés est créée à l'intérieur de la fibre neutre, permettant à tous les séjours d'être insolés (hypothèse bioclimatique), tout en donnant une certaine compacité au bâtiment.
- deux parois sont mises en oeuvre (problématique paroi vitrée/paroi opaque) :
  - . le "mur mécanique", paroi légère, sans inertie, de type mur rideau, à dominante transparente ; cette paroi agit comme filtre, maîtrisant l'ensoleillement et assurant la fonction de captage sur les parois insolées.
  - . le "mur-mur", paroi lourde, à forte inertie, à fonction porteuse. C'est une paroi à dominante opaque lorsqu'elle est mise en oeuvre seule, et à dominante transparente lorsqu'elle se situe en arrière du mur mécanique (sur les façades insolées).

L'étude thermique nous a par ailleurs conduits à ouvrir la place à l'angle ESE, les logements y étant défavorisés sur leurs deux façades, et à désigner l'angle ONO comme point d'articulation des deux types de paroi (chan-

gement du mode de superposition). Il en résulte la préfiguration schématisée du traitement des façades intérieures à la place illustrée par la figure suivante.

Forts de ces outils, l'introduction d'un programme réaliste (une centaine de logements avec les répartitions et surfaces habituelles) nous a ensuite permis de montrer d'une part, les déformations (enrichissantes) entraînées par notre démarche (et remettant en cause les modèles typologiques classiques), et d'autre part, de vérifier la validité et la potentialité des concepts et schémas élaborés précédemment.

#### LECTURE DU PROJET

- Plans des logements : toute la problématique, et en particulier la variation d'épaisseur des bâtiments qu'elle a entraînée suivant l'orientation, a induit des plans d'appartements spécifiques sur les quatre côtés de la place et sur les cinq niveaux. On retrouve, malgré cela, une entité commune, le bloc séjour-cuisine, donnant sur la place et se répétant dans un mouvement tournant d'un côté à l'autre. La stratification en profondeur est lisible en plan (décalage d'une demi trame) et en coupe (décalage de niveau), favorisant doublement la pénétration du soleil dans le cas des séjours traversants.

- Fibre neutre : elle s'affirme comme la colonne vertébrale du projet :

- . lieu central du logement,
- . élément porteur,
- . lieu de circulation des fluides.

Par sa transparence variable selon les côtés, elle agit comme diaphragme sur l'éclairement des séjours.

- Façades : elles sont résultantes de l'articulation d'un couple de parois de nature et de rôle différents :

- . le mur mécanique est traité comme une grille ; c'est une façade légère suspendue à une structure porteuse ; elle contient tous les dispositifs nécessaires au captage et au contrôle de l'ensoleillement.
- . le mur-mur est traité comme une plaque percée de petites ouvertures. C'est un mur dont il ne subsiste qu'une armature lorsqu'il se situe derrière le mur mécanique.

- Potentialités thermiques : du point de vue des économies d'énergie, on peut dire que :

- . l'organisation des plans de cellule permet de modifier la proportion des surfaces transparentes sans risques majeurs pour le confort,
- . la compacité globale du projet est bonne bien que tous les logements soient traversants,
- . l'étude d'un cas défavorable montre qu'avec des surfaces vitrées normales (règles du 1/6ème), on obtient un coefficient B de l'ordre de 0,10 (W.m-3.K-1), soit une réduction des 3/4 des besoins en chauffage.

- . En résumé, on peut dire que la prise en compte tout au long de la phase de projetation de la problématique bioclimatique (et la remise en question de quelques vieux réflexes) nous a permis de répondre aux exigences de la nouvelle réglementation thermique sans en faire une contrainte supplémentaire.

#### EN GUISE DE CONCLUSION

Les modifications structurelles produites sur le projet par notre démarche montrent, s'il en est encore besoin, qu'on ne répond pas en architecture aux problèmes énergétiques et climatiques par des prothèses. Autrement dit, ce n'est pas (seulement) la carrosserie du bâtiment qui doit réagir, mais sa matière même, sa chair.

## ÉTUDE DE CLIMATISATION DE LA GALERIE VITTORIO EMANUELE II À MILAN

B. MERELLO - FACULTÉ D'ARCHITECTURE DE MILAN

### INTRODUCTION

Le projet de climatisation de la Galerie Vittorio Emanuele répond à la volonté de la Municipalité de Milan de rendre utilisable l'espace public, surtout en hiver, ceci en ôtant les vérandas vitrées construites par les propriétaires des restaurants et des cafés qui s'ouvrent sur la galerie.

L'ENEA (\*) et la Municipalité financent l'étude.

Font partie de l'équipe de recherche :

- La société TEKNE (société d'engineering de Milan) : responsable de l'avant-projet et de l'analyse des coûts et bénéfices des choix techniques.

- La Faculté d'Architecture de Milan (Dipartimento di Programmazione, Progettazione e Produzione Edilizia) : responsable du programme de simulation du comportement thermique en régime variable et bilan thermique.

G. SCUDO	Architecte, coordinateur
L. GIANNINI	Physicien
M. MASSETTI	Architecte
B. MERELLO	Architecte

- E. BATTISTI, architecte, responsable de l'organisation du relevé architectural ; spécifications et supervision du projet d'architecture.

- Municipalité de Milan : relevé des données thermophysiques et modélisation.

- ENEA (section FARE e PROMEP) : mesures sur le micro-climat.

- D. MALOSTI, Physicien, suivi de la recherche.

### DESCRIPTION GENERALE

La Galerie Vittorio Emanuele II à Milan, conçue par l'architecte MENGONI au XIXème siècle, relie deux zones très importantes du centre de la ville : la place du Théâtre de la Scala et la place du Dôme.

Ce grand espace, en forme de croix, est lieu d'importantes fonctions de commerces et de trafic piétonnier. Il constitue aujourd'hui le coeur du système piétonnier central de Milan.

L'utilisation de cet espace est toutefois limitée pendant l'hiver à cause du climat assez rude de Milan et des conditions défavorables de vitesse

(\*) Comité National pour le Développement de l'Energie Nucléaire et des Energies Alternatives.

de l'air qui se produisent à l'intérieur de la galerie. (Il faut noter que les accès de la galerie sont complètement ouverts).

Pour cette raison, au cours de ces dernières années, les locaux publics ont occupé une partie de l'espace avec des vérandas qui, en l'état actuel, dénaturent complètement les caractéristiques architecturales de cet important monument.

Le but principal de la recherche, et surtout de sa perspective opérationnelle, est de rendre à l'espace urbain sa fonction entière, tout en favorisant les activités sociales et commerciales et le déroulement de certains événements publics qui, aujourd'hui, ont lieu seulement pendant les mois :

Tout cela ne sera pas réalisé au moyen de l'emploi d'énergie traditionnelle, mais plutôt en utilisant les dispersions thermiques des bâtiments et les énergies renouvelables (rayonnement solaire).

#### OBJECTIFS ET CONTRAINTES

L'objectif général de la recherche est la détermination du type de climatisation envisageable pour un espace couvert de grande hauteur.

En première hypothèse, on pourrait envisager une couche climatisée d'environ 2,50 mètres de hauteur, telles que :

- soit assuré un niveau de confort thermique correspondant aux activités prévues : stationnement, manifestations artistiques, culturelles et de spectacles, restaurants, cafés.;
- soit possible l'utilisation des énergies renouvelables et des apports gratuits par rapport aux contraintes culturelles, normatives et économiques.

Les objectifs spécifiques sont :

- la détermination des conditions de confort thermo-hygrométrique, tant en hiver qu'en été, par rapport aux zones de stationnement et à celles de passage ;
- l'emploi de partis architecturaux qui ne changent pas trop les caractéristiques et cela pour des périodes limites (cloisons transparentes mobiles pour les entrées de la galerie, etc...).

#### PROJET

Le programme général du projet est articulé en différentes phases pour différents niveaux d'analyse :

- analyse du micro-climat actuel de la galerie et du micro-climat modifié (ENEA) ;
- simulation et analyse du comportement thermique dans l'état actuel (Faculté d'Architecture) ;

- mise au point de solutions techniques spécifiques pour le système de cloisons mobiles, de climatisation, etc... (TEKNE, Battisti) ;
- simulation du comportement thermique avec différentes propositions de climatisation de l'espace (Faculté d'Architecture) .
- comparaison des résultats et des hypothèses de projet (TEKNE, Battisti et Faculté d'Architecture).

Ces phases sont les suivantes :

- 1 - analyse de l'état actuel
- 2 - simulation de la dynamique micro-climatique de la galerie
- 3 - étude des solutions techniques des cloisons mobiles, des ouvertures de ventilation, du système d'isolation thermique de la toiture vitrée, des installations pour la climatisation
- 4 - analyse des coûts et des bénéfices.

Notes :

Les cloisonnement mobiles des entrées de la galerie pourraient être réalisés soit en vitrage traditionnel, soit en structure tendue ou gonflable, soit en structure du type de celle du stade de Monaco (Frei OTTO).

Pour ce qui concerne l'isolation de la toiture vitrée, il s'agirait tout simplement de doubler les vitrages par une deuxième couche transparente.

Il se pose aussi un problème de fermeture des ouvertures de ventilation qui existent en partie haute de la galerie. Pour cela, on prévoit des vasisas métalliques ouvrables en été.

ETUDES PRELIMINAIRES POUR LA SIMULATION DU COMPORTEMENT  
THERMIQUE DE LA GALERIE

Les premières études qui ont été faites sur l'analyse du comportement thermique de la galerie, ont suivi une démarche assez simple, ayant pris en compte comme méthode de calcul celle, déjà très connue et suffisamment testée, du réseau thermique analogue au réseau électrique.

Cette approche du problème repose sur les lois de conservation de l'énergie.

Pour chaque zone homogène (noeud) et dans l'intervalle de temps  $t-t_1$ , on peut écrire :

$$\text{ENERGIE ACCUMULEE} = \text{ENERGIE PRODUITE} - \text{ENERGIE ECHANGEE AVEC LES NOEUDS RELIES}$$

Chaque noeud représente une zone du système qui peut être considérée, avec une bonne approximation, isotherme.

Les hypothèses de base sont :

- La température de l'air est uniforme dans tout le volume.
- L'échange énergétique entre les murs et l'air est instantané et homogène.

Il est alors possible d'exprimer la relation 1, pour chaque noeud, de la façon suivante :

$$\sum_{j=1}^N G_{ij} (T_i - T_j) + (C_i / \Delta t) * (T_i - T_i') = \Phi_i^i; \quad i = 1 \dots N_u \quad 2$$

où :

$G_{ij}$  est la conductance entre les noeuds  $i$  et  $j$

$T_i$  et  $T_j$  sont les températures des noeuds  $i$  et  $j$  à l'instant  $t$

$C_i$  est la capacité thermique du noeud  $i$

$\Delta t$  est le pas de temps

$T_i'$  est la température du noeud  $i$  à l'instant  $t + \Delta t$

$\Phi_i^i$  est l'énergie produite dans le noeud  $i$

$N$  est le nombre total de noeud

$N_u$  est le nombre de noeuds à température inconnue

Cette méthode a l'avantage de pouvoir être appliquée à des systèmes complexes, non linéaires et non-stationnaires qui ne peuvent être traités avec d'autres méthodes de calcul.

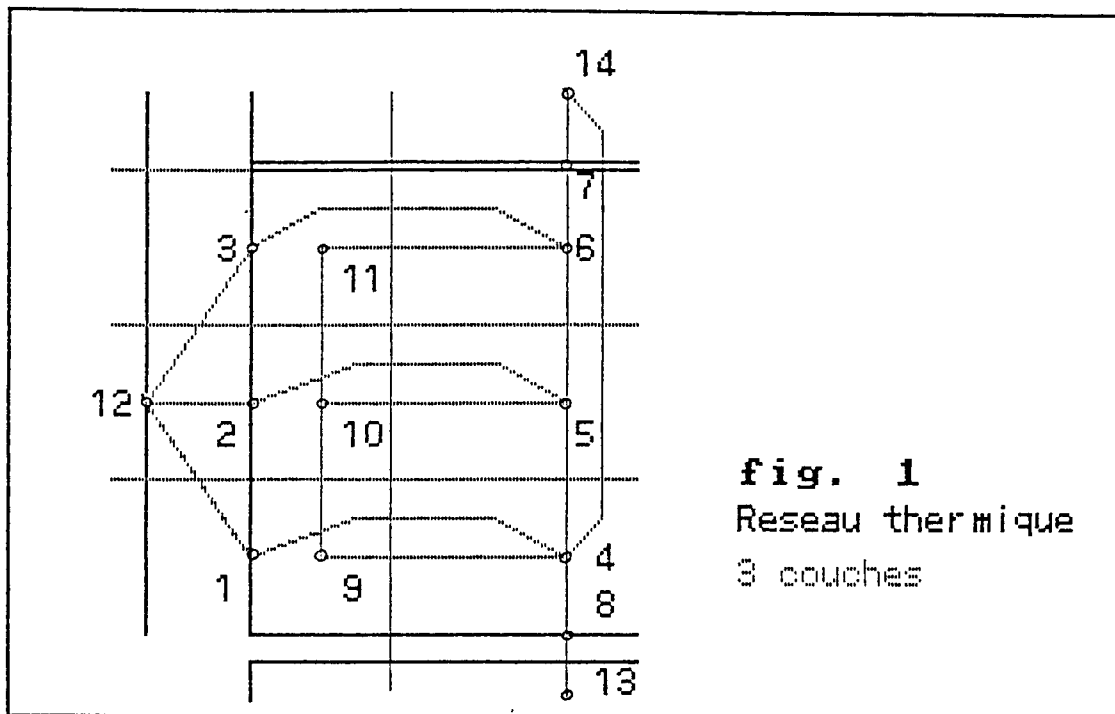
Une première simulation a été faite considérant l'air de la galerie comme un seul noeud, ne tenant donc pas compte du phénomène de la stratification de l'air et par conséquent, de tous les phénomènes complexes liés à la convection.

Une deuxième étude de simulation nous a amené un peu plus loin.

Nous avons utilisé les hypothèses de base de la recherche faite par le Plan Construction en 1982 (A.U.A. Recherche 1982 - "Rues Couvertes"), pour simuler un espace avec couverture vitrée.

L'espace considéré ne correspond pas, pour le moment, à celui de la galerie de Milan : nous avons, en effet, simulé le comportement thermique en régime varié d'une galerie de 12 mètres de hauteur, découpant l'air en trois couches horizontales.

La figure 1 représente la modélisation de notre système.



**fig. 1**  
 Réseau thermique  
 3 couches

On a adopté :

$T_{12}$  = température de la surface interne des murs (fixe =  $19^{\circ}\text{C}$ )

$T_{13}$  = température du sous-sol (fixe =  $8^{\circ}\text{C}$ )

$T_{14}$  = température moyenne de l'air extérieur =  $5^{\circ}\text{C}$   
 (le programme calcule la température à chaque pas de temps)

Coefficient K de transmission des murs =  $1/\text{Wm}^2\text{K}$

Surface de mur intéressée par une couche =  $4 \text{ m}^2$

Coefficient d'échange convectif mur-air =  $3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Volume d'air de chaque couche :  $20 \text{ m}^3$

Conductance équivalente pour 5 renouvellements d'air par heure =  $5 \cdot 20 \cdot 0.36$   
 =  $36 \text{ Wh/K}$



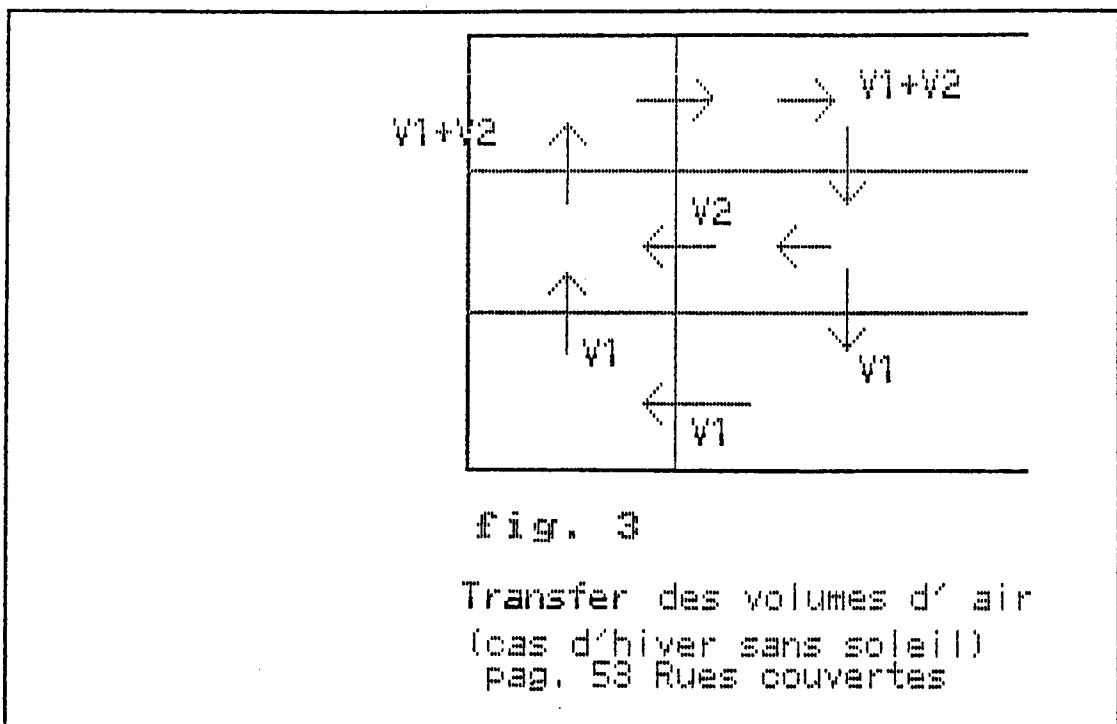
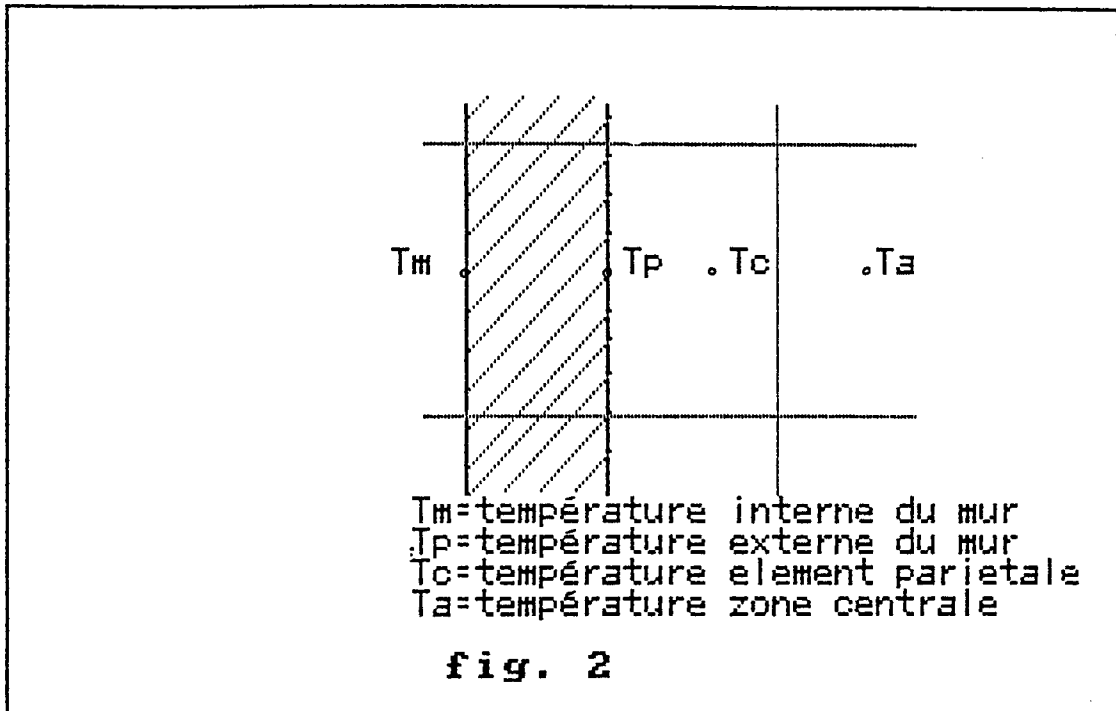
## Capacité des noeuds :

Noeud	Wh/K
1	418
2	418
3	418
4	7
5	7
6	7
7	négligeable
8	1670
9	négligeable
10	négligeable
11	négligeable
12	1255
13	7

## Conductance :

Noeuds	Wh/K
1 - 4	12
2 - 5	12
3 - 6	12
1 - 12	4
2 - 12	4
3 - 12	4
4 - 8	16
8 - 13	16
6 - 7	16
7 - 14	230
4 - 9	-24
9 - 10	-24
4 - 5	24

En accord avec la recherche "Rues couvertes", on a représenté les températures comme en figure 2 et le transfert des volumes d'air comme en figure 3.



La figure 3b nous montre le bilan dans l'élément pariétal de la première couche.

On peut noter que :

$$\Phi_1 = \rho_{cp} V_1 * (T_{c_1} - T_{a_1}) \quad 3$$

dont il découle que la conductance entre le noeud central et le noeud pariétal est :

$$G_1 = \rho_{cp} V_1 = \Phi_1 / (t_{c_1} - t_{a_1}) \quad 4$$

Pour une couche  $i$ , le bilan est :

$$V_i = (\Phi_i - \rho_{cp} \sum_1^{i-1} V_e) * (t_{c_i} - t_{c_{i-1}}) / (\rho_{cp} (t_{c_i} - t_{a_i})) \quad 5$$

dont il suit que la conductance entre le noeud central et le noeud pariétal pour une couche  $i$  est :

$$G_i = V_i \rho_{cp} = \Phi_i - \sum_1^i G_{i,i-1} (T_{c_i} - T_{c_{i-1}}) / (T_{c_i} - T_{a_i}) \quad 6$$

Les résultats de cette première simulation montrent un bon accord apparent avec la théorie de la stratification (voir fig. 4).

Il n'en est pas de même pour les premiers essais de simulation à dix couches sur 30 mètres de hauteur (hauteur de la galerie de Milan). Il est peut être nécessaire de réduire le pas de temps utilisé pour la simulation à trois couches et introduire des fonctions de contrôle sur le transfert des volumes d'air.

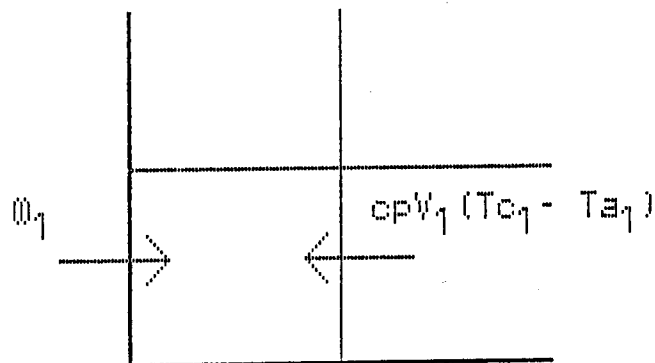
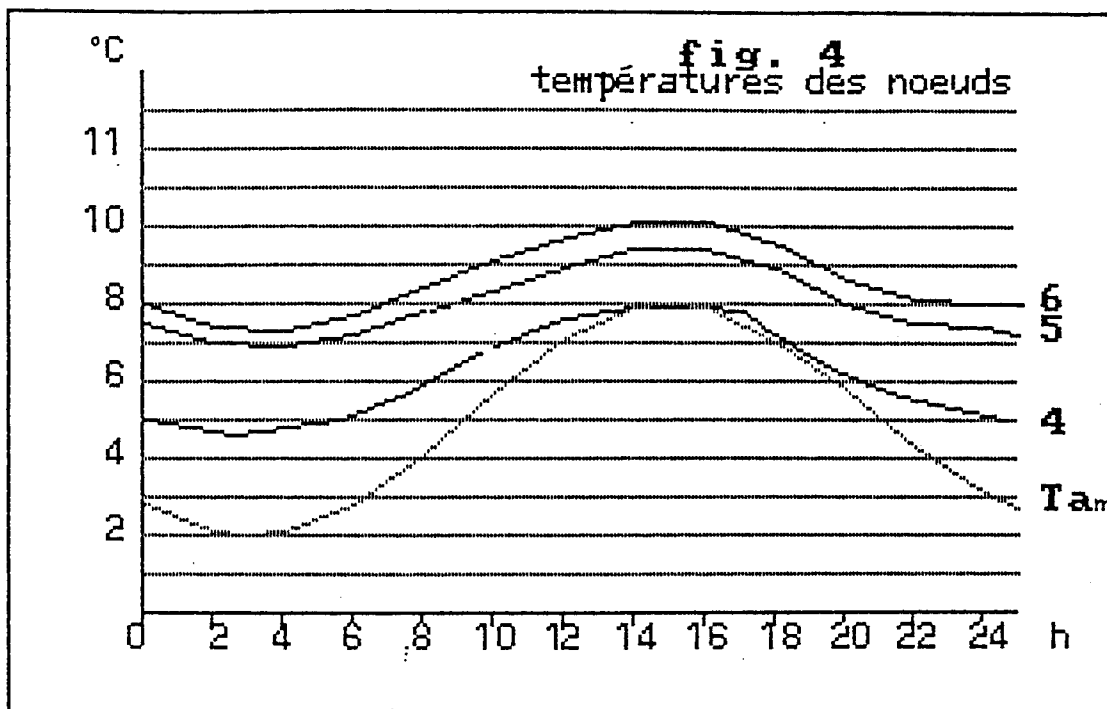


fig. 3b

Bilan du premier élément  
pariétal

(voir "Rues couvertes")



#### BIBLIOGRAPHIE

- J. HIX : "The glass house", Cambridge, The Mit Press, 1974
- J.F. GEIST : "Passagen", Munchen, Prestel, 1969
- L. MARCHETTI : "La Galleria di Milano", Milano, 1967
- G. BARIGAZZI : "Cento anni in Galleria", Citta di Milano, 1967
- J.M. DIXON : "Student Street", Progressive Architecture, Février 1974
- F. GUTHEIM : "A livable winter city", Progressive Architecture, Février 1979
- R.G. SAXON : "The great indoors", Architectural Review, March 1979
- L. MATTEOLI, G. PERETTI : "Green house for urban renewal and energy saving, the glazed city", Windows in Building Design and Maintenance, Goteborg, Sweden, June 1984
- "Rues couvertes, recherche sur les propriétés climatiques et thermiques, acoustiques, sociales, architecturales et urbaines des espaces collectifs couverts avec des matériaux à effets de serre" A.U.A. Recherche, 1982, Direction de l'Architecture, Plan Construction
- J. GLASSEL : "Urban sunspaces - Ecology of atria and arcades for northern climates cities", Mit Press, 1981
- Progetto Energia - Comune di Napoli, Legge 285, sottotema al Al Settore Civile : "Ipotesi di ristrutturazioni energetiche nel centro storico"
- B. MERELLO, G.C. ROSSI, G. SCUDO : "The integration of Beeta (Built Environment Energy Test and Analysis) - Simulation code", Solar Word Congress Perth, August 1983, Pergamon Press

## CONTROLE CLIMATIQUE DE L'ESPACE SOCIAL

B. CULIAT ET R. ERSKINE - STOCKHOLM

Le thème de cette communication pourrait être perçu comme l'affirmation que le climat est un facteur déterminant de la forme urbaine, et que le développement urbain varie d'une zone climatique "extrême" à une autre.

En fait, bien que l'on puisse trouver des exemples d'une telle variation pour étayer la théorie du "déterminisme de l'environnement", le contraire peut et a été démontré avec tout autant de succès. Il existe une abondance d'exemples de constructions de la Renaissance ou du Classicisme, de modèles de tracés de rues sur des plans orthogonaux réguliers ou en étoile de type haussmanien, etc... dans les régions tropicales comme dans les régions sub-arctiques.

La ville occidentale est constituée, avec quelques variantes, d'un certain nombre d'éléments ou de types : la rue et le square, le monument et le palais, l'îlot formé d'immeubles entourant des cours, etc... Ces éléments ont été organisés en réponse aux besoins de défense, à la structure du pouvoir, au niveau de technologie, aux précédents historiques, ...

Le développement urbain, phénomène relativement récent, a principalement suivi, en Scandinavie, les modèles d'urbanisation de l'Europe continentale : la cité médiévale entourée de murailles, le néo-classicisme de la Renaissance, l'explosion de la métropole industrielle... D'un autre côté, étant un élément fondamental de l'environnement naturel, le climat est l'un des paramètres de toute conception architecturale et urbaine. Plus le climat est extrême, plus il devient nécessaire d'y répondre.

A partir de cela, on pourrait croire que les communautés arctiques constituent de bons exemples de conception urbaine répondant aux exigences climatiques. Au contraire, de telles communautés font le plus souvent des efforts prodigieux pour conserver les courants culturels dominants "plus au sud : orientation illogique des fenêtres, habitation uni-familiale isolée énergétiquement mal adaptée, tracés de rues recueillant les amoncellements de neige des immeubles élevés, etc... Le modèle urbain semble être déterminé en dépit plutôt qu'en raison du climat. Les objectifs et images culturels du "Village global" de Mac Luhan sont généraux et dépassent les variations locales de l'environnement naturel.

Les régions du globe à climat froid sont actuellement également les régions aux économies hautement développées. D'une manière typique, l'influence du climat et, en général, de l'environnement naturel, a eu tendance à être ignoré. Les sociétés bénéficiant de technologies avancées ont les moyens

de dominer les contraintes d'un environnement naturel inhospitalier, avec des moyens technologiques et une production d'énergie adéquates. La capsule lunaire en est l'exemple ultime. Il est caractéristique que le contrôle climatique de l'environnement bâti peut être plus souvent identifié au niveau des détails qu'à celui de la forme urbaine.

La préoccupation actuelle répondant au besoin de rechercher des précédents historiques ne conduit pas nécessairement à la négligence des préoccupations climatiques ou d'autres paramètres "pragmatiques". Une bonne architecture et une conception urbaine significative sont toujours "inclusives", c'est-à-dire qu'elles répondent à tous les paramètres pertinents, en fait, à la totalité de la situation culturelle.

Le débat porte ici sur le fait que le climat devrait être considéré avec un grand sérieux et que ceci peut être effectué en conformité avec les autres paramètres culturels. Cependant, depuis que le climat n'est qu'un facteur parmi beaucoup d'autres, il devrait être considéré comme un facteur de modification de la forme urbaine plutôt qu'un déterminant. Par la suite, nous tenterons d'illustrer de telles modifications dans ce qui est appelé ici "l'espace social". L'espace social a ici une définition physique pour des actes d'interaction sociale délibérés ou spontanés. Le climat sera étudié en regard de son influence sur l'aptitude de l'environnement physique à servir de support à de telles interactions sociales.

La société existe quand des individus interagissent entre eux. Cette interaction sociale s'effectue lorsque des individus influencent leur environnement et sont à leur tour influencés par celui-ci. L'environnement, dans ce cas précis, est l'environnement humain, c'est-à-dire qu'il correspond à des individus ou groupes d'individus, qui chacun forme une partie de l'environnement d'autres individus.

L'interaction est ici considérée en regard de l'architecture, c'est-à-dire une interaction sociale soit facilitée, soit freinée par les caractéristiques spécifiques de l'environnement construit.

L'influence du climat peut être identifiée à deux niveaux différents : l'influence directe et l'influence indirecte. L'influence directe est l'effet du climat extérieur, où les éléments météorologiques n'ont pas été modifiés sensiblement par l'environnement bâti. Ici, le climat peut exercer une influence en créant des conditions d'environnement qui soit entraveront, soit encourageront diverses activités. Le climat froid peut réduire drastiquement la "saison du dehors". Des conditions inconfortables limitent les activités de plein air et, par conséquent, l'interaction sociale liée à ces activités.

Un autre aspect de l'influence directe du climat est l'effet qu'il a sur les caractéristiques physiques de l'environnement bâti ; ainsi lorsque la neige ou la glace deviennent des éléments réels de l'environnement physique, influençant conséquemment les activités sociales liées à cet environnement physique.

L'influence indirecte du climat est l'influence que les solutions architecturales, créées pour répondre à quelques pressions climatiques, exercent sur l'interaction sociale de l'homme en vertu de leurs caractéristiques physiques et symboliques spécifiques.

Influence du climat sur les activités "nécessaires" et "facultatives"

Jan GEHL observe qu'il y a deux groupes distincts ou types d'activités : les activités "nécessaires" qui ont lieu dans certaines circonstances (travail, mouvement orienté vers un objectif, etc...) et les activités "facultatives", qui ont lieu seulement si les conditions extérieures sont favorables (1).

La plupart des activités sociales et récréatives peuvent être considérées comme des activités facultatives, et si l'environnement physique ne les facilite pas et ne peut leur servir de support, elles disparaissent purement et simplement de la structure générale des activités.

Les conditions extérieures en mesure de limiter les activités "facultatives" peuvent être provoquées par une planification erronée de l'environnement bâti (artères de circulation, etc...) ou par les pressions exercées par l'environnement naturel physique (tel que le climat).

GEHL cite des observations effectuées sur la zone piétonnière Stroget à COPENHAGUE -un lieu avec un très haut niveau d'activité en été-. Non seulement la fréquentation y est plus basse en hiver, mais la nature des activités change complètement. Des activités telles que s'arrêter, observer, discuter, ou s'asseoir, manger ou prendre un verre, les expositions, les manifestations, les "incidents", etc... tout disparaît. Les personnes qui fréquentent cette place la traversent simplement pour se rendre quelque part. On ne peut se rendre à cet endroit dans l'intention d'y demeurer dans le froid, le pluie, la neige et le vent. L'étude de COPENHAGUE démontre qu'il y a un doublement du nombre des piétons dans les mois chauds et trois fois plus de personnes arrêtées ou flânant (c'est-à-dire engagées dans une interaction sociale d'un bas degré). L'étude montre que cette sorte d'activité, pratiquement inexistante dans les mois les plus froids, explose littéralement quand la température locale s'élève au dessus de 10°C.

L'utilisation ou la non utilisation d'un espace, la fréquence de son utilisation pour les activités "facultatives" dépend du degré de "qualité" ou de "perfection" qu'il présente.

LERUP définit la "qualité" d'un lieu en terme de conformité entre l'environnement physique et le comportement (2) de l'utilisateur. En regard du climat et de son influence "directe", la "qualité" d'un endroit pourrait être définie, comme le fait GEHL, en terme de protection contre les aspects négatifs du climat et d'exposition vis-à-vis de ses aspects positifs.

Les activités "nécessaires", ces activités qui doivent être menées sans égards aux conditions de l'environnement, ne sont pas éliminées par les aspects négatifs du climat froid de la même manière que le sont les activités "facultatives", mais leurs modalités peuvent être modifiées.

On peut observer, par exemple, que le vent froid et la chute de neige ont un effet sur un groupe de personnes attendant le bus sur un trottoir exposé. Ils se rassemblent, cherchant protection contre les corps des uns des autres : une réaction rationnelle, ou une réponse subconsciente aux éléments hostiles ? Quoiqu'il en soit, le vent froid semble changer la réaction au modèle spatial du respect d'autrui.

(1) J. GEHL. "Mennesker Til Fods", Arkitekten, 1968, n° 20.

(2) L. LERUP, "Behavioural and Environmental Congruence as Measure of Goodness in Public Space", Ekistics, Nov. 1972, n° 204.

L'effet que cette sorte de pression exercée par l'environnement sur la perception d'une personne ou sa conception de ce que HALL appelle "l'espace personnel" est impossible à évaluer à partir d'une observation comme celle-là ; cependant, il est clair qu'un facteur de l'environnement, tel que le climat, a une influence sur la réaction de la personne et son comportement, c'est-à-dire sa relation à son environnement social (3).

Quand les conditions climatiques rendent difficiles l'usage d'un espace extérieur, la fréquence d'utilisation diminue. On est obligé de faire certaines choses : aller au travail, à l'école, etc..., mais beaucoup d'activités "facultatifs" et le plaisir ressenti disparaissent. Quand un abri est fourni, il est souvent inadéquat dans sa forme (la pluie et la neige ne tombent jamais à la verticale - le vent est l'un des facteurs des plus critiques) et mal situé (par exemple, au milieu d'un rond point automobile, comme le Stureplan à STOCKHOLM).

Comme le citadin passe la majeure partie de sa vie à l'intérieur d'un local, c'est-à-dire dans un environnement artificiel, la courte et verdoyante saison d'été prend une grande importance et le besoin de contact avec l'extérieur devient d'autant plus aigu.

Le long et sombre hiver scandinave et la très attendue, courte et lumineuse saison d'été a créé une relation particulière entre les gens et la nature. Le soleil est avidement recherché, surtout pendant le printemps et le début de l'été. C'est seulement vers la fin de l'été qu'on note une certaine saturation, quand les Scandinaves commencent à se comporter comme les méridionaux : recherche de l'ombre, etc... La relation avec la nature est surtout critique dans le Nord. Quand les arbres sont nus et gris pendant six mois de l'année, la période verte est encore plus appréciée. Jan GEHL note que les exigences fonctionnelles de lumière, d'air et de contact avec la nature ont, pour cette raison, été largement acceptées dans l'Europe Continentale nordique dans les principes d'architecture et d'urbanisme scandinaves.

Ce désir d'être dehors est, bien sûr, tout à fait discernable dans les grandes agglomérations où l'artificiel domine. Une étude norvégienne définit le concept de la "saison extérieure" comme étant la période de l'année où il est plus confortable de se trouver dehors sans vêtements lourds (c'est-à-dire avec seulement les vêtements que l'on porte chez soi). L'étude établit que le niveau de confort acceptable dans la région d'OSLO est d'environ +11° à l'automne et + 9°C au printemps (avec une humidité et un taux de circulation d'air moyens). Les températures plus basses sont d'habitude plus largement acceptées après un long hiver qu'à la fin de l'été, ce qui dépend en partie de l'adaptabilité du corps et de la nature de l'attitude (4).

Des études en Suède (Grindtorp) montrent que les bancs des parcs commencent généralement à être fréquentés quand la température est d'environ + 10°C (par temps sec). Cependant, dans des endroits bien abrités, avec des rayons solaires directs, les conditions micro-climatiques peuvent approcher des niveaux de confort à des températures d'air beaucoup plus basses. La même étude enregistre deux à trois fois plus d'individus dehors pendant la période de test avril-juin que durant celle de janvier-février. Des chiffres semblables sont donnés par GEHL dans son étude de Stroget à Copenhague (5).

(3) E.T. HALL, "The hidden Dimension", Anchor Books, Doubleday and Co, N.Y., 1969.

(4) R. BJORKTO, "Atriumhus I. norsklime Norges", Byggforskningsinstitut, Oslo, 1965.

(5) J. GEHL, "Livet Melleml Husene Kunstakademiets Arkitektskole", Arkitektens Forlag Copenhague, 1971.



Une étude a été effectuée en 1963/1964, à STOCKHOLM, sur les activités extérieures des enfants pendant l'hiver dans trois secteurs résidentiels différents (6). Le temps passé à l'extérieur par les enfants décroît quelque peu pendant l'hiver, mais nulle part autant que les activités extérieures des adultes. Le changement notable, chez les enfants, réside dans le fait qu'ils utilisent le secteur différemment et que parfois, ils fréquentent des endroits autres que ceux où ils vont habituellement pendant l'été. Leurs jeux changent en fonction des opportunités différentes offertes par la glace et la neige et par le fait que la plupart de leur équipement de jeux d'été ont été retirés ou sont devenus inutilisables. Le nombre de jeux extérieurs qui est affecté change selon les différents groupes d'âges. Les jeunes enfants sont les plus affectés par le changement. Les parents qui, généralement, accompagnent les jeunes enfants, sont rarement vus dehors et par conséquent, les enfants restent eux aussi à la maison, ou, s'il leur est permis de sortir, doivent rester en vue des parents qui les surveillent de leur fenêtre. Ce rayon limité de mouvement signifie que les enfants ne peuvent pas souvent bénéficier de ces nouvelles opportunités.

Les enfants plus vieux d'âges préscolaire et les plus jeunes des scolarisés ne sont pas affectés par le temps, si ce n'est que leurs activités à l'extérieur sont écourtées du fait de la diminution de la journée.

Les activités extérieures des enfants plus âgés semblent être modifiées selon qu'il y ait ou non de bonnes possibilités pour les sports d'hiver tels que le hockey ou le ski.

La saison intermédiaire du printemps est aussi un problème pour les enfants. Fatigués des jeux d'hiver, ils recherchent des équipements d'été, des endroits secs et ensoleillés pour jouer à la poupée ou aux billes... Ceci est souvent contrecarré par une pauvre planification micro-climatique. La fréquentation de l'extérieur par les enfants n'est pas aussi affectée que celle des adultes ; cependant, une planification micro-climatique adéquate et des équipements appropriés pourrait mieux satisfaire le besoin d'activités de type estival pendant les saisons intermédiaires.

Le nombre d'activités extérieures n'est cependant pas influencé par la seule température. Comme le montre le diagramme suivant, le vent et surtout l'absence de radiations solaires sont des facteurs restrictifs significatifs.

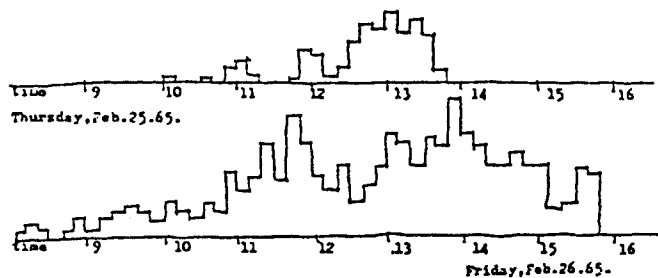


Figure 1

Le diagramme montre le nombre d'individus dehors à différents moments du jour avec des conditions météorologiques quelque peu différentes. Le graphique du dessus montre la fréquentation de l'extérieur par un jour nuageux, avec un vent assez fort, des chutes de neige et une température moyenne de  $-11^{\circ}\text{C}$ .

(6) V. FOLLIN and K. LARSSON, "Barn öch lek Vintertid i Våra Bostads områden", Att Bo, 1964

Le graphique du dessous montre la situation un jour où la température est beaucoup plus basse, - 20°C, avec relativement peu de vent et un ciel dégagé (7).

Au vu de l'influence restrictive du climat sur le besoin "d'être dehors", l'environnement construit devrait pouvoir à l'exigence :

- a/ d'une extension de la "saison du dehors" ;
- b/ d'une optimisation des effets climatiques pendant la saison froide (c'est à dire la maximisation des aspects positifs et la minimisation des aspects négatifs du climat froid).

La "saison du dehors" est courte. Le tableau ci-dessous indique le nombre moyen de jours passés à l'extérieur en différents endroits de la Norvège.

VILLES	9°C Printemps	11°C Automne	Nombre de jours
OSLO	6/5	16/9	133
HAMAR	20/5	3/9	106
BERGEN	14/5	16/9	125
TRONDHEIM	21/5	31/8	102
BODO	11/6	27/8	77
ALTA	16/6	19/8	64

Tableau 1

La même étude montre (par une analyse extensive des modèles de maisons à cours) que la "saison du dehors" souhaitable, peut être étendue jusqu'à six semaines pendant les saisons intermédiaires. Cet objectif peut être atteint par une planification micro-climatique, c'est-à-dire la protection contre le vent, l'orientation pour recueillir un maximum de radiations solaires, la prévention de l'ombre fournie par l'environnement bâti et les éléments naturels, l'utilisation de matériaux absorbant et réfléchissant la chaleur, ... L'utilisation d'appareils de chauffage par rayonnement fut également proposé, mais n'est pas inclu dans ces six semaines. L'étude effectuée pour la région d'OSLO a, selon le tableau 1, 133 "jours de dehors" (ou 19 semaines), ce qui signifie que la "saison du dehors" peut, dans certains cas, être allongée de 30 %. La majeure partie de cet allongement aurait lieu pendant le printemps, quand la température la plus basse (9°C) est acceptée et quand le désir d'être dehors est le plus grand, après le long hiver. En tenant compte des limites que pose le climat, l'importance indiscutable des activités extérieures et la relation des hommes avec l'environnement naturel, il devient nécessaire d'examiner et de comprendre les deux types distincts d'espace social qui existent dans l'environnement urbain : l'extérieur et l'intérieur (7).

Le type d'espace extérieur choisi ici est la "cour", un élément urbain dont l'histoire est aussi longue que l'histoire de l'urbanisation en Scandinavie ; un type qui est récemment réapparu comme un dispositif d'organisation urbaine et qui est, en même temps, devenu un support physique de l'activité sociale délibérée.

(7) G. CARLESTAN, "Intended and Unintended Effets of Man's Use of his Physical Environment", Plan international, Swedish Council for Building Research, STOCKHOLM, 1972.

L'espace social intérieur est, d'autre part, d'apparition relativement récente. C'est surtout vrai en ce qui concerne le type d'espace intérieur consacré à l'activité sociale comme fonction première, tels que les centres communautaires et récréatifs.

Le premier type représente la partie non bâtie de l'environnement urbain -espace entre immeubles- quelquefois consciemment formé, mais souvent seulement laissé pour compte, espace où l'influence du climat est la plus grande et où le degré d'intervention bâtie est minime. C'est l'espace extérieur qui est traditionnellement associé au domaine public. Le second représente la haute technologie, l'environnement de rendement énergétique élevé où la variation climatique a été éliminée -en fait, là où le climat a été éliminé-. L'espace intérieur traditionnel a été associé au domaine privé.

Les modifications climatiques dans les zones les plus extrêmes nécessitent un niveau d'équipement et de rendement énergétique plus élevé. Plus la pression de l'environnement est forte, plus le coût du maintien de la survie et du confort sera élevé. En conséquence, la priorité est souvent donnée, en dehors des nécessités économiques, à un espace intérieur coûteux aux dépens d'un espace urbain extérieur.

#### La cour

En aucune manière spécifique à la Scandinavie, le concept de la cour a néanmoins une longue tradition dans la région.

La ferme de Dalarna montre un modèle typique de constructions avec de petites pièces organisées autour d'une cour. La caractéristique de ce type de ferme est que les différentes fonctions (habitat, étable, stockage, travail) sont logées dans des bâtiments séparés, contrairement, par exemple, à la ferme suisse où toutes les fonctions principales sont regroupées sous le même toit.

La cour est accessible par un nombre limité d'entrées (portiques) et, en général, la façade extérieure des constructions comporte un minimum d'ouvertures. La plupart des bâtiments sont accessibles par la cour et la plupart des fenêtres font face à l'intérieur de la cour (image 2 et 3).

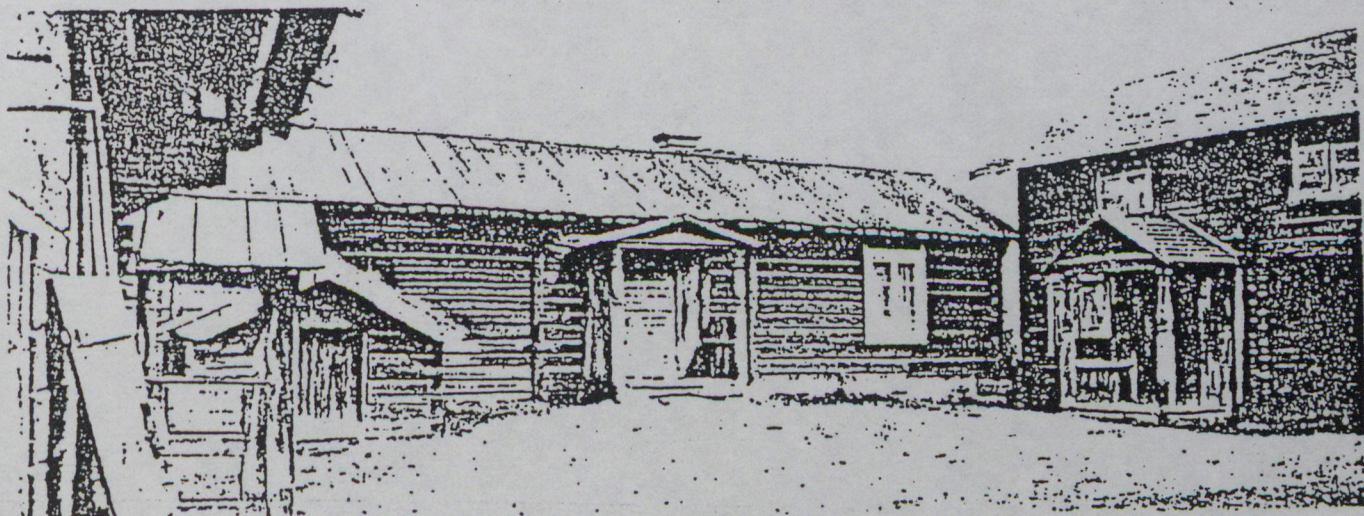


Figure 2 : Ferme de Dalarna, Suède (Photo 1912)

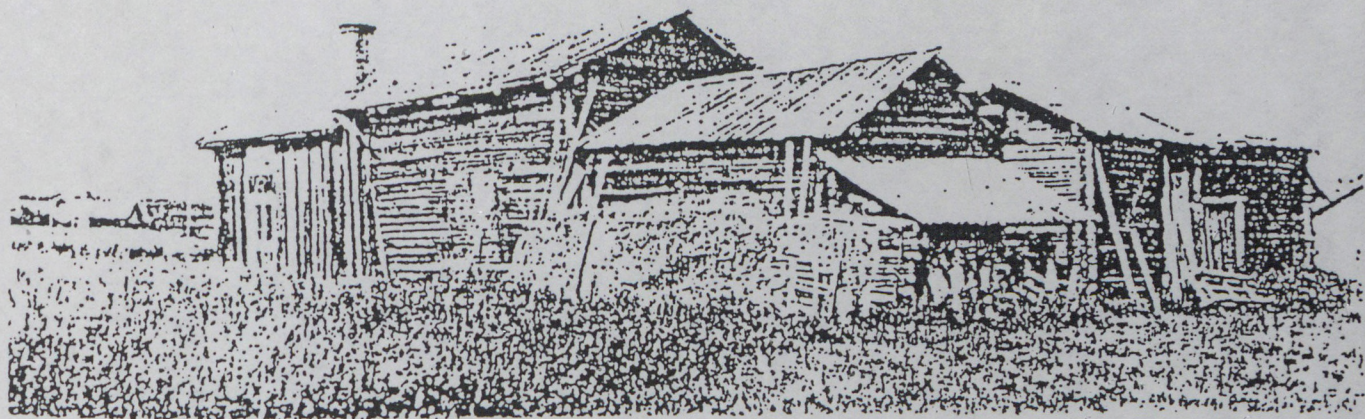


Figure 3 : Ferme de Dalarna (photo 1926)

La cour est utilisée pour le travail, le rassemblement des troupeaux, etc... aussi bien que comme vestibule d'accès à la ferme. C'est l'élément organisateur du groupe de bâtiments constituant la ferme -un élément prioritaire dont la fonction est importante-. Evidemment, c'est un élément plus important que la "rue du village" qui devient à peine discernable dans la disposition du village de Østgård (image 4).

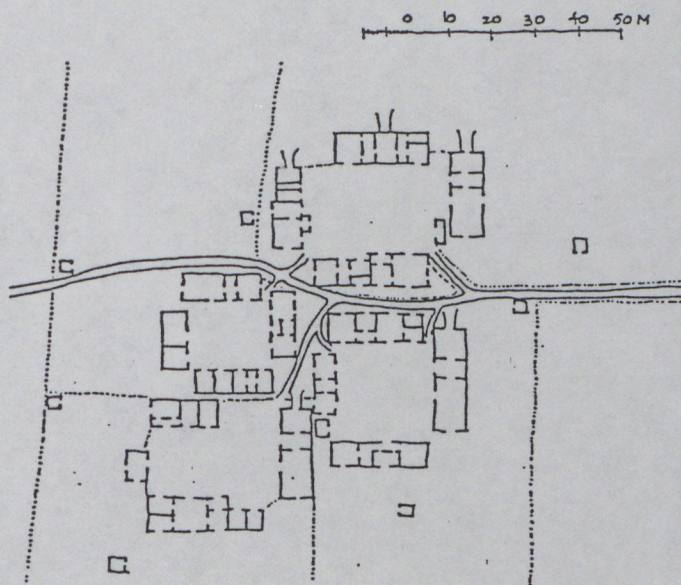


Figure 4 : Østgård, Norvège (ferme et village)

Cependant, quand la cour fait son apparition dans la disposition urbaine, ses caractères commencent à changer. Souvent, comme dans le "Gamla Stan" médiéval ou le "Vasastan" à STOCKHOLM, immeuble bourgeois de la fin du siècle dernier, la rue et la façade sur rue deviennent les éléments importants. Toutes les fenêtres et entrées sont orientées vers le domaine public de la rue et vers le square, en dépit du fait que la fonction défensive constitue encore un aspect important de la vie citadine, illustrée par les barreaux des fenêtres situées au niveau de la rue.

Le modèle prédominant est cependant celui de la petite cour très encombrée et de densité élevée. Les pauvres peuplent les immeubles sur cour. Les per-

sonnes plus aisées habitent les immeubles faisant face à la rue. Les baies vitrées des salons donnent sur la rue, les cuisines, escaliers de service et autres utilités donnent sur la cour (image 5).

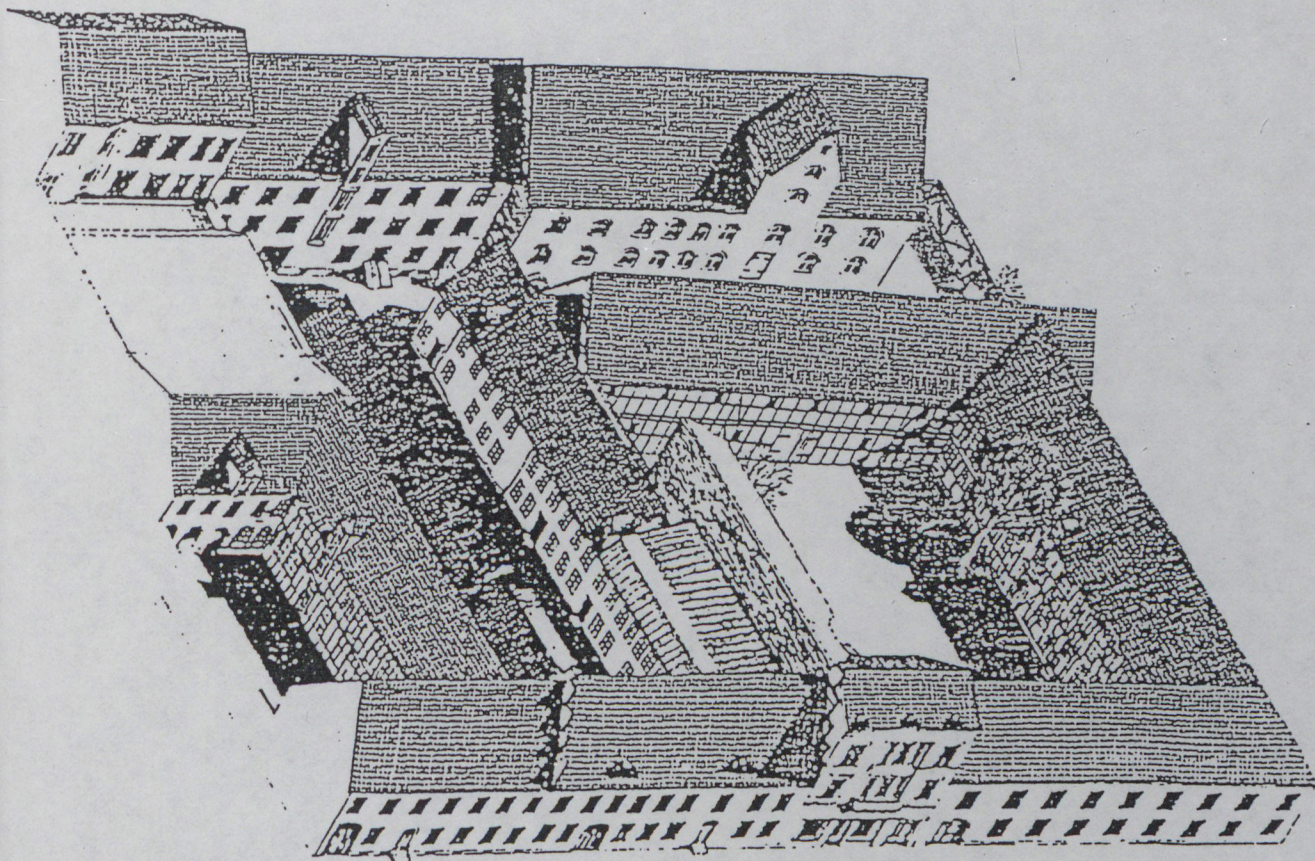


Figure 5 : Immeuble à cour à Malmo

Il est important, à partir de cette perspective, d'examiner la cour actuelle, qui est autrefois apparue comme un espace principal : un élément organisateur plutôt qu'un espace secondaire. Quelquefois, c'est la place qu'il occupe aux dépens de la rue, mais dans les meilleurs des cas, il fournit un domaine alternatif : un espace social semi-privé qui complète le domaine public de la rue.

Après les misérables années du "fonctionnalisme" où le modèle d'espace urbain avec ses éléments traditionnels : rues, squares, ... éclatait en zones de constructions isolées, dans un paysage d'artères de circulation et de "morceaux" de nature pauvrement préservés, on constate (ici comme dans le reste de l'Europe) les débuts d'une renaissance urbanistique. Ceci se traduit, entre autres, par une attitude plus positive envers l'espace urbain et son usage extérieur : la rue, le square, la cour...

Contrastant avec le caractère secondaire d'utilité qu'elle a dans la cité bourgeoise, la cour est maintenant réapparue en tant qu'espace social - une pièce de séjour extérieure du groupe d'habitations-.

Les loisirs sont aujourd'hui considérés comme des activités essentielles, et l'espace ainsi que les installations servant de support à cette activité sociale sont encouragés aussi bien qu'exigés par la loi. Le Code de Construction suédois, par exemple, mentionne trois ou quatre types différents d'espaces extérieurs avec une superficie minimum recommandée ou requise qui doivent être adaptés à chaque zone résidentielle.

De même, l'attrait de l'orientation vers la rue a disparu avec l'augmentation de la pollution de l'environnement (circulation, bruit, saleté) et la cour fournit une oasis calme, et parfois même verdoyante, dans la ville. Les sols paysagers retiennent mieux la neige et sont plus attractifs en tant qu'aire de jeux et ce, même pendant l'hiver.

Après le désastre urbanistique et social des années 50 et 60 de la plupart de la production d'habitat en Scandinavie, on note aujourd'hui une tendance vers un développement urbain fonctionnellement intégré, où l'espace entre immeubles devient de nouveau une préoccupation essentielle. Le plan de Hans-ta (image 6) (aménagement pour une population de 17.000 personnes dans la partie nord de Stockholm) et Bruket (figure 7) (habitations à moyenne densité à Sandviken, Suède) constituent des exemples d'utilisation de la cour en tant que système d'organisation et espace social essentiel.

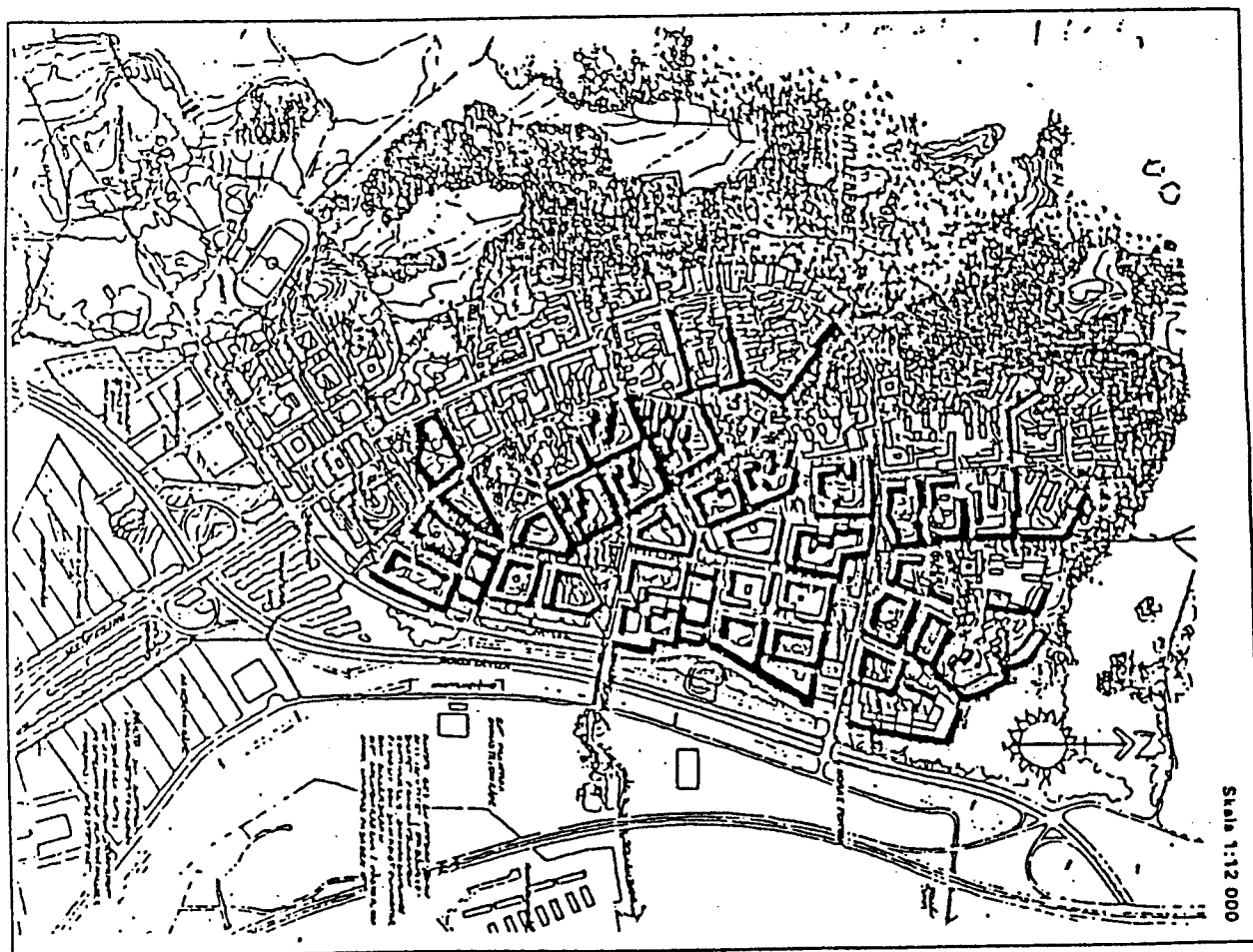


Figure 6 : Plan d'Hansta, Stockholm  
Architecte-Urbaniste : ARKEN

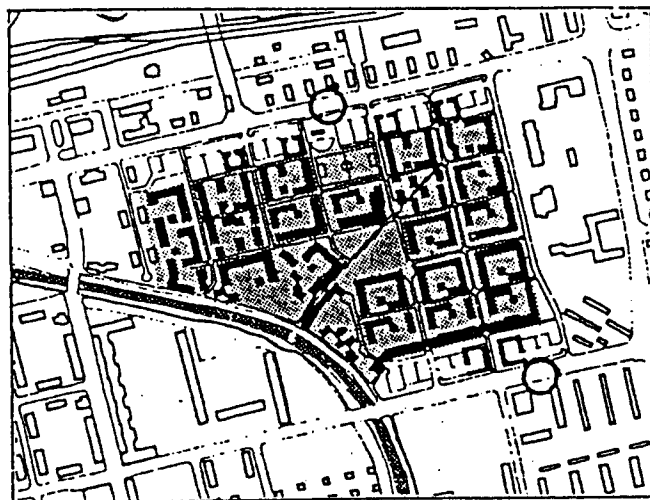


Figure 7 : Plan de Bruket, Scanviken : Architecte : R. ERSKINE

Le concept de la cour en tant qu'espace social prend même une plus grande signification quand on réalise l'importance de l'activité extérieure dans les régions à climat froid. En conséquence, il est important d'améliorer le micro-climat de la cour, de manière à ce que "la saison du dehors" soit allongée. Des différences significatives du niveau de confort peuvent être issues de la configuration de la cour, la hauteur, l'espacement et la localisation des constructions et des masses végétales à l'intérieur de cet espace.

A la fois à Skärpnäck (image 8) et à Bruket (image 9), les cours comprennent des terrains de jeux, des équipements communs de loisirs, des parcelles de jardins, des bancs et des tables,... Bruket est un lotissement de petite échelle et de moyenne densité, avec une majeure partie d'immeubles à deux étages. L'ensoleillement est assez satisfaisant, même pour des dimensions assez restreintes (en moyenne 25 par 40 m). Dans le cas de Skärpnäck, un projet à forte densité, une cour plus grande était nécessaire (en moyenne 40 par 70 m). L'ensoleillement est amélioré par la réduction de la hauteur des constructions face au sud, quelquefois de deux étages. La taille effective de la cour est alors réduite par des plantations à feuilles caduques à la périphérie, qui fournissent un abri contre le vent.

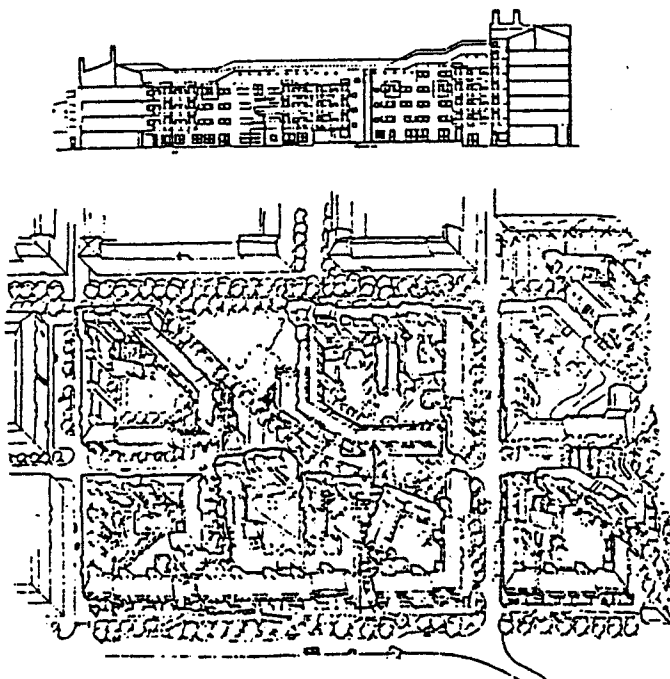


Figure 8 : Skärpnäck, Stockholm



Figure 9 : Bruket, Sandviken, Suède, 1980. Architecte : R. ERSKINE

L'exemple suivant montre une cour où les dimensions sont trop grandes pour fonctionner comme un "séjour extérieur" pour le groupe de constructions, et cependant trop petites pour un parc de quartier (image 10). En terme de micro-climat, la distance entre les constructions est trop importante pour que l'espace fonctionne comme brise-vent -le vent a le temps de retomber ou est réfléchi par les grands immeubles-. Le plan circulaire accélère les flux d'air le long de la façade intérieure, c'est-à-dire justement là où les bancs et espaces circulaires ont été projetés.

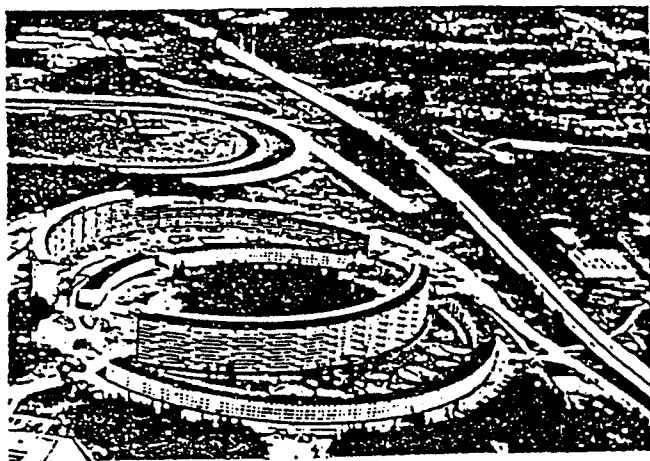


Figure 10 : Complexe d'appartements à Taby

#### L'espace social intérieur

Un espace social peut être généré par un désir précis de "socialisation" (un club, une place de rencontre), où l'activité sociale peut se développer autour de fonctions spécifiques telles que les loisirs ou les intérêts communs (maintenance du groupe d'habitat, activité politique, etc...). Dans la mesure où les conditions d'environnement sont convenables et porteuses, l'interaction sociale spontanée peut alors se développer autour de ces activités premières.

Typique du cas précédent est l'apparition de groupes d'activités résidentielles. Le lieu choisi pour de telles activités est généralement un local



commun" (quelquefois un bâtiment) qui est désormais une obligation réglementaire dans les zones résidentielles. L'aménagement consiste habituellement en une laverie, une salle de récréation ou de loisirs, de petites cuisines et, dans quelques cas, d'un atelier ou d'un sauna. Le code de Construction suédois recommande que 3 % de la surface totale de la construction soit consacrée aux possibilités d'activités communes de cette sorte.

Les installations et les activités qui y sont liées sont souvent l'occasion de développer la sphère d'activités communes qui s'étend alors à la maintenance, la préparation de nouvelles activités, la rénovation, etc... C'est surtout vrai pour les aménagements de coopératives qui reposent sur l'idée de "self-government" et de réduction des coûts par des actions communes. Une progression dans cette direction est illustrée par différentes formes de vie communautaires, bien représentées au Danemark où les activités communes s'étendent à la préparation des repas, aux soins quotidiens des enfants, à l'auto-construction de logement, etc...

Les exemples ci-dessous montrent des groupes résidentiels comprenant de larges possibilités telles que cuisines, salles à manger, nurseries, piscines, ateliers et salles de jeux/loisirs (image 11 et 12).

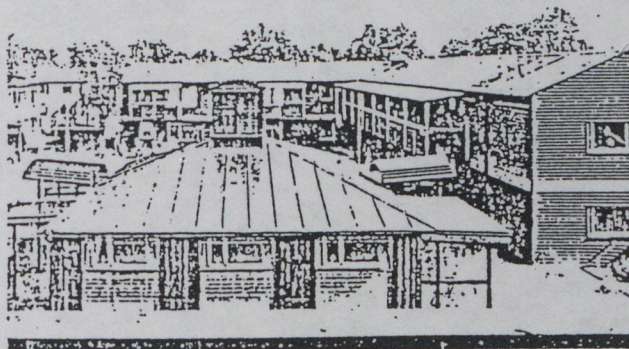


Figure 11 : Salle commune pour un groupe de 30 à 50 habitations à Bruket

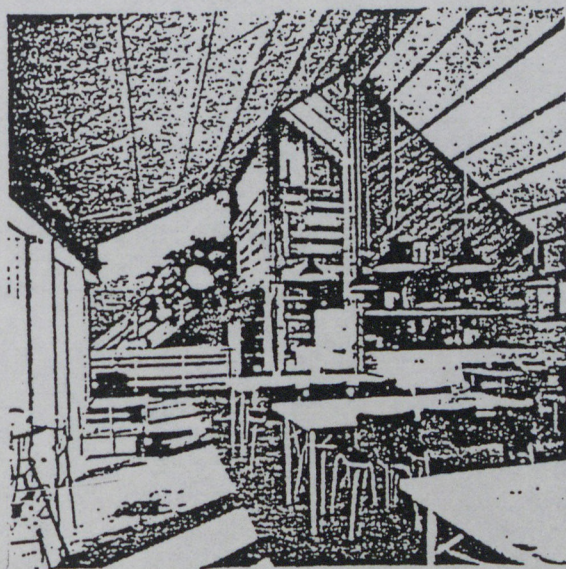


Figure 12 : Aménagements communs pour un projet d'habitations coopératives au Danemark. Architectes : TEGNESTVE VANDKUNSTEN

La plupart des espaces publics climatiquement contrôlés sont utilitaires, c'est-à-dire voies de circulation, gares de transport, complexes commerciaux ... Quand l'activité sociale facultative est possible, elle prend le plus souvent la forme de centres communautaires ou récréatifs, centres culturels, etc... (image 13).

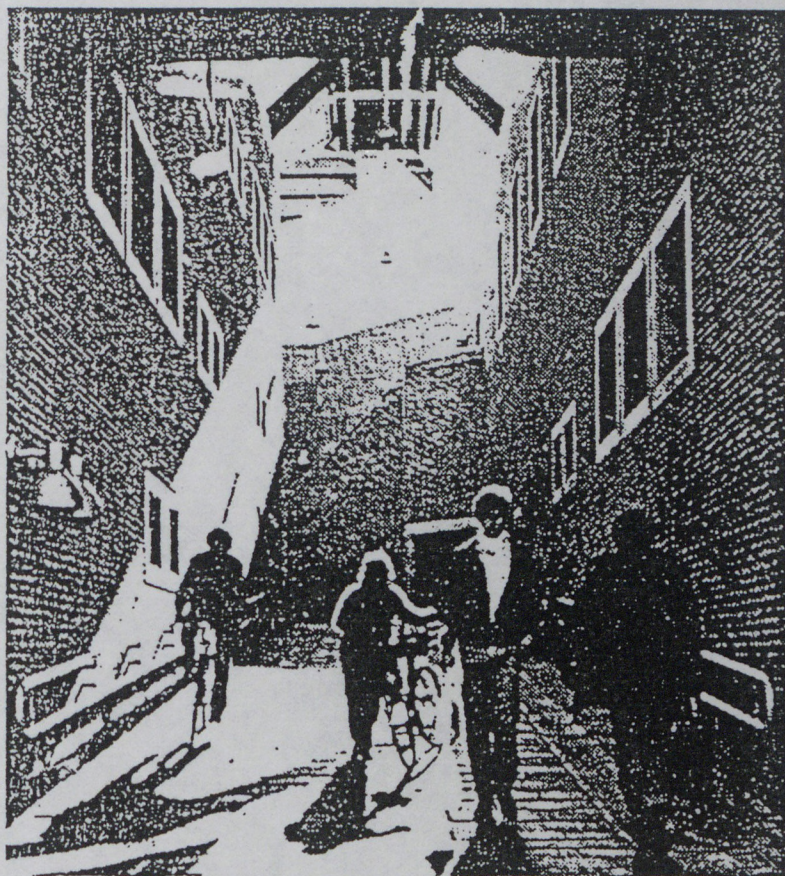


Figure 13

Dans le centre culturel de STOCKHOLM (Kulturhuset), différentes parties de l'immeuble sont consacrées à diverses fonctions spécifiques, telles que bibliothèques, expositions, conférences, théâtre. Il n'y a cependant pas d'espace intérieur public de grande échelle qui puisse compléter la place extérieure située devant le centre.

Cependant, il existe, adjacent au centre, un passage piétonnier couvert et une entrée à la station centrale de métro. Le passage couvert a un plafond bas, oppressant, plein de courants d'air et sans support d'activité. L'accès au métro est un espace intérieur plus chaud, mais sinon peu différent. En dépit de ces aspects négatifs, ces deux espaces sont largement utilisés par deux groupes différents. D'abord par les utilisateurs du métro - "c'est l'activité primaire". Le groupe fréquentant cet espace pour des "activités sociales facultatives" est constitué par les adolescents, les revendeurs de drogue et les alcooliques, c'est-à-dire des groupes sans domaine privé propre et aux choix très limités. Ces groupes, en fait, contrôlent l'espace, le rendant moins public et même moins désirable pour les autres usagers potentiels. Par conséquent, on n'y voit aucun flâneur le dimanche, aucun "kibitzer", acheteurs ou mères de familles promenant leurs enfants. Quand la situation devient par trop inconfortable et que la sécurité des usagers est menacée, la police, accompagnée de chiens, fait une descente et dégage l'endroit. Ce n'est absolument pas un lieu public agréable.

Ce qu'il est important de réaliser est qu'un espace pourra être, certes, plus fréquenté, mais qu'il ne deviendra pas meilleur si un toit vient à le couvrir, à moins qu'il ne possède déjà les caractéristiques d'un lieu public agréable -une bonne localisation, une diversification d'activités, un environnement convenable, etc...-.

Les précédents historiques concernant un espace public intérieur de grande échelle sont limités. Gare, théâtre, immeubles d'expositions, églises et marchés sont des constructions de cette nature. Elles sont toutes fondées sur des fonctions spécifiques ou des activités organisées, l'afflux de public étant plus grand dans des types tels que la gare ou le marché. Les exemples actuels d'espace social intérieur de grande dimension continuent d'être orientés vers la fonction (à l'exception des centres communautaires). Le marché s'est transformé en galerie marchande et l'aéroport perpétue la tradition de la gare.

Un nouvel espace couvert de grande dimension a récemment fait son apparition et connaît un développement rapide : il s'agit de la cour vitrée d'immeubles de bureaux. Le coût de couverture de la cour d'un atrium suédois typique pour un immeuble de bureaux n'est pas aujourd'hui plus élevé que la construction d'un complexe traditionnel à cour ouverte. Les économies faites sur les revêtements extérieurs et l'isolation couvrent le coût de vitrage du toit. De plus, si le toit vitré est orienté de manière à bénéficier d'apports solaires, la cour fonctionne comme une serre et d'importantes économies d'énergie peuvent être réalisées. A long terme, c'est la solution la plus économique. Enfin, la qualité de l'environnement peut être améliorée par l'introduction de jardins d'hiver et par la création d'espaces à caractère social fonctionnant tout au long de l'année.

L'une des conséquences de ce nouvel espace libre est que la vie à l'intérieur de lieux publics ou semi-publics, aussi bien que privés devient rapidement une réalité.

La différence essentielle entre l'espace public extérieur traditionnel et le nouvel (presque) espace intérieur public apparaît par le fait que ce dernier est créé d'abord et avant tout afin de faciliter une fonction spécifique : le commerce.

Dans les galeries marchandes, en effet, le but est évidemment de vendre des articles ; la possibilité de confort et la création d'un environnement approprié et intéressant font alors partie de l'ensemble des techniques marchandes. Les comportements "innacceptables" et les personnes "indésirables" doivent être contrôlés. La maintenance fait partie du loyer et n'est pas couverte par les taxes publiques. Par conséquent, un espace intérieur orienté vers une fonction précise exerce un contrôle sur l'utilisateur à un niveau beaucoup plus élevé que dans un lieu public extérieur. Cependant, puisque ces espaces sont encore considérés comme lieux publics, il existe toujours la possibilité que d'autres activités y prennent place et provoquent des conflits d'intérêts.

Le centre marchand de Lulea en est un exemple. Un essai fut tenté ici pour combiner la fonction première de commerce avec des activités facultatives purement sociales. Le centre était ouvert tard la nuit et ses formes physiques variées ainsi que ses surfaces libres, facilitaient des activités spon-

tanées qui eussent été normales dans un lieu public extérieur : s'asseoir, discuter, s'y fixer rendez-vous, etc... Ainsi qu'il apparut plus tard, il était perçu comme une extension de la rue. Cependant, il semble que les types de comportements tout à fait acceptables à l'extérieur ne l'étaient point à l'intérieur de l'immeuble. Il faut ajouter que c'était le seul espace intérieur public de cette sorte dans la communauté et certains groupes, c'est-à-dire les adolescents et les clochards commencèrent à y régner en maître. Ceci suscita un conflit avec les propriétaires des magasins qui dépendaient de groupes économiques plus puissants.

Vingt ans après, l'immeuble est désormais reconstruit. Tous les espaces publics ouverts "inutilisés" ont été reconvertis en points de vente au détail et aucune possibilité n'est laissée pour l'exercice d'une activité "facultative". Cet endroit ferme ses portes à 19 heures.

Dans quelques cas, on réalise une combinaison de différents types d'activités, créant ainsi des conditions similaires à la situation publique urbaine "normale". La gare de STOCKHOLM est un exemple modeste d'un tel espace intérieur public. Il existe une chaîne de supports utilisés en dehors de leur fonction primitive, qui en font plus qu'un noeud de circulation. Il y a des magasins, des restaurants, des cafés, des expositions, des loteries, des bancs, des galeries de peintures... Elle est localisée au centre de la ville et peut être fréquentée toute l'année. Et elle est fréquentée ! Des groupes de badauds s'assemblent autour de la fontaine ou de la galerie de peinture, s'assoient au café du passage ou à la terrasse du restaurant, ... L'espace fonctionne comme un "salon extérieur" plutôt que comme un terminal de circulation.

La proposition d'un nouveau terminal d'autobus au centre de STOCKHOLM préfigure un espace intérieur qui, du fait de la diversification des fonctions (transport, bureaux, services) et de l'environnement agréable, devrait avoir un potentiel d'activités sociales générées spontanément, de la même manière que la gare (image 14).

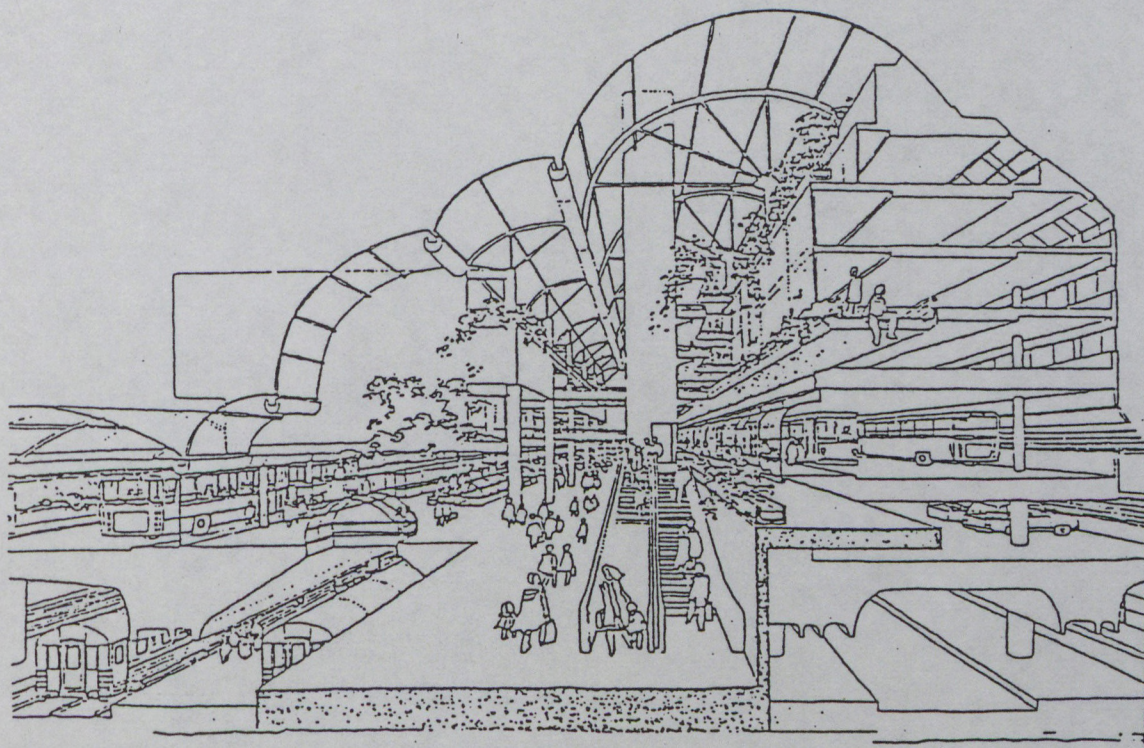


Figure 14. : Proposition pour un terminal d'autobus à STOCKHOLM

Quels sont les effets de ce changement sur le mode de vie intérieur, sur l'espace extérieur public traditionnel ?

Est-ce que la nouvelle rue intérieure remplace la rue extérieure traditionnelle ?

Un espace intérieur orienté vers une fonction peut-il devenir plus public ?

Ces deux types peuvent-ils être complémentaires ?

Les espaces intérieurs sont, par nature, plus publics quand il y a une entrée large et facilement accessible de la rue ou d'un autre espace extérieur public. La rue et la cour/promenade publique profitent l'une de l'autre par contact et expositions. Les espaces/fonctions se renforcent alors mutuellement au lieu de se concurrencer.

Les constructions et les espaces comme la gare et le centre culturel, qui abritent déjà des fonctions publiques, ont évidemment un potentiel plus important pour servir de support à d'autres activités sociales spontanées et devenir ainsi de vrais espaces sociaux.

Cependant, le comportement et la forme de l'interaction sociale sont influencés par les caractéristiques physiques de chaque environnement particulier contrôlé climatiquement, de la même manière que l'environnement physique extérieur facilite ou entrave les diverses activités. Quelques types d'activités sont mieux adaptées à l'environnement extérieur et d'autres, même en dépit du fait qu'elles soient effectuées à l'intérieur, ont à s'adapter à la solution architecturale spécifique. Il est certain qu'il est économiquement et physiquement impossible, et non plus souhaitable, de fournir des contrepropositions intérieures à tous les espaces extérieurs.

En conséquence, des activités et des formes d'interactions sociales disparaissent durant la période froide de l'année et sont parfois remplacées par d'autres. Quand le climat et l'environnement rendent les activités extérieures de type estival difficiles, les gens ont tendance à rester à la maison, ou à passer plus de temps dans des activités organisées telles que l'école, le travail, les sports d'intérieur, le théâtre, etc... En d'autres termes, il existe un modèle utilisable dans la vie urbaine des régions froides avec divers types d'activités ayant leur priorité durant chaque période de l'année. Les peuples nordiques ont développé ce mode de vie partiellement du fait de la situation climatique, et il pourrait être erroné de tenter de remplacer cela par un mode de vie "à l'italienne".

En même temps, il ne faut pas conclure que le type "facultatif" d'activité si facile pendant l'été, doit être abandonné l'hiver. Dans certains cas, la saison froide est beaucoup trop longue pour cela. Le besoin ressenti pour ce type d'activité sociale est démontré par le fait que les individus utilisent l'environnement contrôlé climatiquement là où de telles activités sont rendues possibles. L'évasion "vers le sud" pendant la partie la plus mauvaise de l'hiver est plus qu'une réponse aux exigences physiologiques.

En conclusion, l'espace social doit être localisé, conçu et équipé dans la perspective d'un allongement de la "saison du dehors" et servir de support à l'activité sociale pendant la période froide de l'année, mais pas nécessairement avec la même intensité ou de la même manière. Les espaces

extérieurs peuvent être complétés par des espaces sociaux intérieurs, sachant qu'il est impossible de reproduire la spécificité de l'environnement naturel extérieur et la forme d'interaction sociale générée par l'environnement extérieur.

La solution repose dans une façon de "Vivre avec le climat" et non en dépit de lui.

## CONCLUSIONS DU COLLOQUE

## CONCLUSION DU COLLOQUE

E. DURAND - AGENCE FRANCAISE POUR LA MAITRISE  
DE L'ÉNERGIE - VALBONNE

Avant de conclure, je commencerai par vous rappeler le contexte énergétique actuel en France, dans lequel l'A.F.M.E. réaffirme la nécessité de poursuivre une politique soutenue de maîtrise de l'énergie.

### LA MAITRISE DE L'ENERGIE RESTE UNE PRIORITE

L'effondrement des prix du pétrole brut de 29 dollars le baril en novembre 1985, à 13 dollars à la mi-avril 1986, conjugué à la baisse du dollar va faire chuter la facture énergétique de la France en dessous des 120 milliards de francs au lieu de 181 milliards en 1985.

Mais il ne faut pas nous laisser piéger par cette baisse actuelle qui, nous le savons, est conjoncturelle et ne signifie nullement que l'énergie redevient durablement un produit bon marché. Mettons à profit cette situation favorable, sans relâcher l'effort de maîtrise de l'énergie pour éviter le dérapage de la consommation.

Le répit actuel doit nous permettre de réduire notre dépendance énergétique pour nous préparer à l'inéluctable retournement de situation.

Le gisement de maîtrise de l'énergie reste considérable, tant dans l'habitat ancien que dans l'industrie ou les transports.

Il faut aussi savoir que dans la grande majorité des cas, il reste plus économique d'investir pour économiser 1 Tep, que de dépenser pour la produire et la mettre à la disposition de l'utilisateur. Pour ne prendre qu'un exemple, la mise à disposition d'une Tep de fioul dans l'habitat coûte 21.000 francs.

### Les énergies nouvelles et renouvelables

Les énergies renouvelables, le solaire, demeurent toujours une alternative crédible, particulièrement sur le moyen et le long terme. Elles sont, en tout état de cause, un complément indispensable aux énergies classiques.

### La mission de l'A.F.M.E.

- . Soutenir la recherche et le développement dans tous les domaines de maîtrise de l'énergie ;
- . Faire connaître les biens et les services les plus performants ;
- . Rétablir, par des financements adaptés, la réelle concurrence entre les énergies.



Cette nouvelle situation énergétique est une chance pour l'économie française et pour la politique de maîtrise de l'énergie, dégageant des ressources nouvelles.

Sachons utiliser cette pause énergétique car il faut le rappeler sans cesse, l'énergie "pas chère" est une époque définitivement révolue.

Le thème "Conception des formes urbaines et contrôle énergétique" dans la problématique de l'A.F.M.E.

L'une des préoccupations majeures de l'Agence est précisément de privilégier la diffusion des connaissances et des outils d'aide à la conception intégrant les données énergétiques, tant dans le domaine de la construction que dans les services qui ont en charge l'aménagement et l'urbanisme.

En amont de tout projet urbain, étudier différents scénarios en analysant les conséquences énergétiques de choix bien définis tant pour l'éclairage, le chauffage ou pour les déplacements, réseaux de transports individuels et collectifs, tout en cherchant à valoriser les ressources locales, telle est la démarche conceptuelle que l'Agence s'efforcera de promouvoir.

Les aménageurs, tous les décideurs, élus et maîtres d'ouvrage, devront être nos principaux interlocuteurs ; l'Agence ayant pour rôle de faire rencontrer et travailler ensemble techniciens et promoteurs du cadre bâti. En effet, il sont ceux par qui les idées, les recherches et études de qualité pourront être mises en oeuvre sur le terrain.

L'aménagement urbain : offrir aux habitants des villes et des régions une qualité de vie, un confort de l'espace toujours meilleur, est devenu une priorité. Toute action qui intègre l'énergie comme composante (et non comme contrainte) est en général bonne pour l'utilisateur.

Les quantités d'énergie économisées à court terme sont en général assez faibles, par contre elles peuvent devenir considérables sur le moyen et le long terme, tant une décision architecturale (sur 30 ans) ou urbanistique (sur le siècle) a des conséquences irréversibles sans engendrer des coûts de transformation prohibitifs.

Les investissements, parfois très lourds, doivent être regardés sur le plan énergétique avec un recul important, indépendamment de toute considération conjoncturelle.

Pour reprendre un exemple actuel, l'énergie chère pourrait-elle revenir au cours des années 1990-1995 ?

Pour répondre à ces objectifs, l'agence a proposé de s'investir dans la réflexion initiée par le Ministère de l'Urbanisme et du Logement sur le génie urbain au sujet duquel un rapport a été récemment remis par Monsieur MARTINAND.

J'ai constaté à plusieurs reprises, et notamment au cours de ces deux journées à NANTES, que le niveau des études et de la recherche menée en France est assez élevé, riche dans la diversité des démarches qui, souvent, sont accompagnées d'une rigueur scientifique certaine (en particulier les études du C.S.T.B. Nantes sur les phénomènes vent, les outils informatiques du C.E.R.M.A., les recherches du groupe ABC, etc...).

La diffusion de ces travaux, sans être confidentielle, est souvent encore assez étroite. Il me semble que la matière est suffisamment abondante pour être transmise -savoir faire et opérations exemplaires- aux décideurs. Informer, sensibiliser, c'est générer une demande à travers une offre concrète.

L'objectif est de susciter un besoin d'études débouchant par la volonté des maîtres d'ouvrage sur des réalisations intégrant les données énergétiques. Des réponses existent à leurs préoccupations de bonne gestion et de confort, d'amélioration des conditions de vie ; nous devons les montrer.

Un groupe de travail "Formes urbaines et énergie" a été lancé par la Direction de l'Architecture et de l'Urbanisme et le S.T.U.. Cette initiative à laquelle l'A.F.M.E. a été associée nous a montré dès la première réunion que le thème était riche mais restrictif, et qu'il était nécessaire d'initier un second groupe de réflexion plus général "Urbanisme et Energie" poursuivant les activités du groupe de travail animé à partir de 1981 par le S.T.U. et la DUP.

Ce colloque rassemble bon nombre d'architectes, je voudrais à nouveau souligner l'importance de son rôle par l'implication des consommations ou économies d'énergie relatives, déterminées par chacune des options prises lors de l'esquisse d'un projet.

Nous avons vu, à propos du vent, qu'il était possible de résoudre partiellement des problèmes créés par une architecture "Anti-énergétique" créant des perturbations désagréables, voire dangereuses, mais il est bien meilleur de concevoir une architecture ou un aménagement urbain intégrant, dès la programmation et l'avant projet, les contraintes climatiques en s'adjoignant, quand cela est nécessaire, la compétence de spécialistes.

La collaboration de l'Ecole d'Architecture de NANTES et du C.S.T.B. est à ce titre exemplaire.

#### La formation

Le rôle de l'A.F.M.E. dans le domaine de la formation s'est sans cesse accru et tout particulièrement vis-à-vis des écoles d'architecture.

Les enseignants chercheurs, ici Messieurs CORDIER, GERBER, IZARD et PENEAU et tous les autres ont pour mission la transmission du message issu de cette recherche, directement opérationnelle.

L'A.F.M.E. a contribué largement au financement d'outils d'aide à la conception utilisables dans les écoles d'architecture.

Un support "possible" de cours de construction intégrant la thermique est en voie d'élaboration par un groupe de travail animé par Patrick DEPECKER (INSA Lyon - Ecole d'Architecture de Lyon).

Des stages de formation continue ont été et seront poursuivis à l'attention des architectes. Le groupe RE-SOURCES a participé à l'animation et au montage de différents stages.

Une autre action en projet mérite d'être soulignée, il s'agit d'un enseignement de la thermique assisté par ordinateur pouvant aussi bien servir à la formation initiale que continue.

Dans le même ordre d'idées, des stages ont et vont avoir lieu dans les Départements et Territoires d'Outre Mer sur les questions de conception énergétique en climat tropical.

Toutes ces actions, ces programmes qui permettent de prendre en considération les données énergétiques dans les projets d'architecture et d'aménagement urbain ne sont possibles et efficaces que grâce à une collaboration étroite entre partenaires motivés : administrations, établissements publics de recherche, bureaux d'études, écoles d'architecture, chercheurs indépendants, etc...

#### Les transports

Nous en avons peu parlé, mais je crois qu'il faut souligner l'importance de toutes les implications énergie et mode de vie que ce vaste thème soutend.

Parmi les propositions de J.P. ORFEUIL, j'ai relevé celle concernant la non mobilité résidentielle impliquant de nombreux et coûteux déplacements.

Une expérience a été tentée avec les principaux offices H.L.M. de l'agglomération de ROUEN.

Une bourse du logement avait été constituée en région parisienne de 1961 à 1974, mais la médiocrité des résultats a conduit à la suppression de la bourse.

Malgré cet échec à l'époque de l'énergie facile, il est toujours possible de relever le défi et de remettre à jour cette idée qui m'est chère.

#### REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord l'équipe du C.E.R.M.A. qui a su nous rassembler à nouveau autour d'un thème porteur, permettant outre une présentation d'études et de recherches de grand intérêt, de nous retrouver et d'échanger idées et préoccupations.

Le C.E.R.M.A. a également contribué à nous faciliter un agréable séjour Nantais grâce à une organisation et un sens de l'accueil remarquables.

Je tiens à remercier tout particulièrement nos invités étrangers pour leurs présentations de démarches originales et de projets architecturaux de grande qualité. Merci à tous les conférenciers venus de toute la France.

## CONCLUSION DU COLLOQUE

P. LAJUS - ADJOINT DU DIRECTEUR DE L'ARCHITECTURE  
ET DE L'URBANISME

Tout d'abord, je tiens à vous dire ma satisfaction de voir réunis aujourd'hui l'ensemble des participants et intervenants venus de différentes régions de FRANCE, mais également de SUEDE, de BELGIQUE, d'ITALIE et d'AUTRICHE et d'avoir pu apprécier la qualité, l'intérêt et le sérieux de leurs travaux et communications.

Il faut, je crois, tout particulièrement en remercier les organisateurs, les membres du Centre de Recherches Méthodologiques d'Architecture et d'Aménagement (C.E.R.M.A.) de l'Ecole d'Architecture de NANTES et son président, Jean Pierre PENEAU, auxquels l'Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie et la Direction de l'Architecture et de l'Urbanisme ont prêté leur concours.

Je pense exprimer le point de vue de chacun d'entre vous en affirmant que les diverses communications de ce colloque contribuent sans conteste à la mise au point et à l'enrichissement du thème "Conception des formes urbaines et contrôle énergétique".

En effet, à la suite de ces deux journées, il ressort clairement qu'il s'agit désormais de confronter et de connecter deux types de savoirs et d'approches, deux niveaux de réflexions, pour enrichir la conception du projet urbain : le travail quasi archéologique, historique et architectural sur la ville, la forme urbaine, et son approche énergétique, qu'elle soit économique, méthodologique ou physique.

En quelque sorte, comment la maîtrise de l'énergie peut-elle enrichir le travail de conception architecturale et s'intégrer aux nouvelles données de la conception urbaine.

C'est bien à ces questions que vos instrumentations et recherches récentes cherchent à répondre.

Les réalisations étrangères présentées témoignent du caractère sinon international, en tous cas européen, de cette préoccupation.

Mais pour faire progresser cette approche et faciliter son intégration dans la conception du projet urbain aux différents niveaux d'étude et de décision, il convient d'envisager des actions sur plusieurs plans :

- . Actions de développement des savoirs par l'incitation à la Recherche, aux recherches sur ce thème ; elles nécessitent un travail de soutien aux équipes, mais aussi des échanges permettant l'évaluation commune des résultats et méthodes, la valorisation et la diffusion des expériences et démarches de chacun, et enfin la confrontation aux expériences étrangères et tout particulièrement européennes.

- . Actions de diffusion des résultats auprès des techniciens, élus, maîtres d'ouvrage en France ou à l'étranger.
- . Actions de sensibilisation et d'association des décideurs ; maîtres d'ouvrages publics qui, dans le cadre décentralisé de l'exercice de leurs compétences, peuvent jouer un rôle important dans la prise en compte de nos préoccupations, mais également maîtres d'ouvrages para-publics ou privés.
- . Actions de formation.

Ces différents axes sont, bien sûr, indissociables les uns des autres.

Ce sont ceux envisagés par la Direction de l'Architecture et de l'Urbanisme, qui les a annoncé dès décembre 1985 ; et certaines actions sont déjà engagées :

- . d'une part, la mise en place d'un groupe de travail DAU/STU, conjointement animé par Michèle ROCHE du S.T.U. et Michel RETBI, de la D.A.U. ; son objectif est la coordination des équipes publiques ou para-publics du Bureau de la Recherche Architecturale, du Réseau Architecture-Climat, du S.T.U., de l'A.F.M.E., du C.N.R.S., du C.E.T.E. et des équipes privés: architectes, urbanistes, thermiciens intervenant dans ce domaine. Ce réseau définira, dans les prochains mois, en y associant également des aménageurs, urbanistes et élus, quelques lieux "pilotes" d'étude, d'expérimentation et de recherches appliquées sur les thèmes déjà appréhendés : les formes urbaines, l'énergie, le confort de l'espace urbain, le projet urbain, les règlementations d'urbanisme et de construction, ainsi que les dépenses énergétiques, susceptibles d'apporter des savoirs innovants dans ces domaines.
- . d'autre part, ce groupe, qui se réunira à nouveau en juin et en septembre, étudie les modalités et les moyens de la diffusion simultanée des résultats, auprès des techniciens, maîtres d'ouvrages, décideurs, mais également de leur transmission et de leur utilisation pour la formation initiale, permanente ou continue.

Ce sera également l'objet du colloque de VALBONNE prévu en 1987 et organisé par l'A.F.M.E., la D.A.U. et le S.T.U. d'associer très étroitement les aménageurs, en particulier régionaux et locaux, à ces préoccupations.

Pour conclure cette réflexion riche et passionnante de spécialistes, je souhaiterais la voir formalisée, diffusée et en quelque sorte banalisée afin qu'elle constitue demain la base normale du savoir de tout architecte.

Ce sera la meilleure garantie de notre succès.