



HAL
open science

SMART FRENCH, la résilience de la ville moderne 1945-1975

Raphaël Labrunye, Shahram Abadie, Gauthier Bolle, Daniel Siret, Ignacio Requena-Ruiz, Margherita Ferrucci, Elise Guillerm, Yannick Sutter

► **To cite this version:**

Raphaël Labrunye, Shahram Abadie, Gauthier Bolle, Daniel Siret, Ignacio Requena-Ruiz, et al.. SMART FRENCH, la résilience de la ville moderne 1945-1975. [Rapport de recherche] ArchiXX-2019-LAB, Ministère de la Culture. 2019. halshs-02558828

HAL Id: halshs-02558828

<https://shs.hal.science/halshs-02558828>

Submitted on 29 Apr 2020

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.

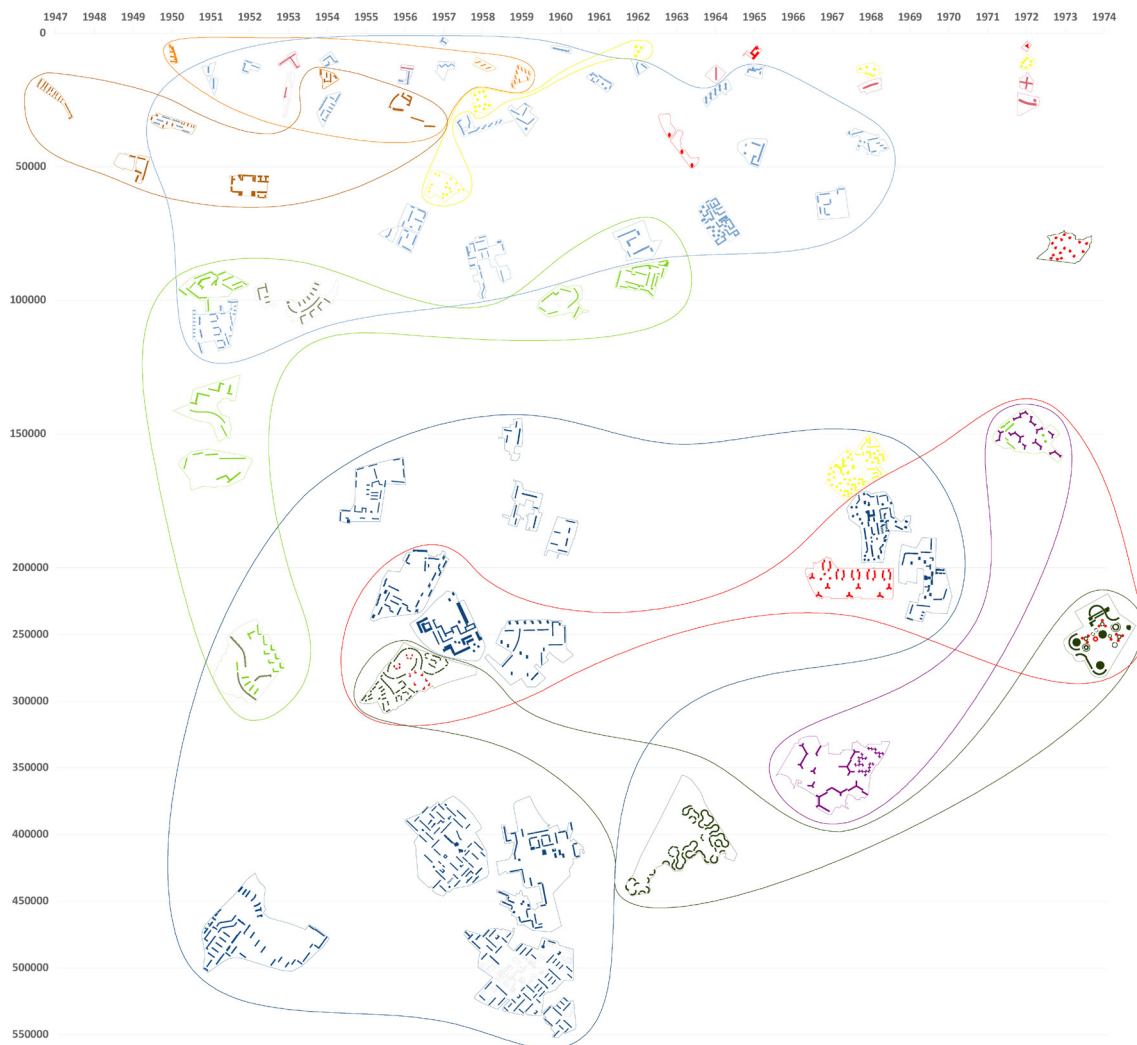
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

En partenariat avec le ministère de la Transition écologique et solidaire et le ministère de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités territoriales, en lien avec le Plan urbanisme construction architecture, l'Agence nationale pour le renouvellement urbain, la Caisse des dépôts et consignations et l'Union sociale pour l'habitat.

SMART FRENCH

La résilience de la ville moderne, 1945-1975

RAPPORT FINAL



PARTENAIRES :

GRIEF / ENSA-Bretagne

CRENAU – UMR CNRS 1563 / ENSA-Nantes

UMR CNRS 5319 Passages / ENSAP-Bordeaux

GRF Ressources / ENSA-Clermont-Ferrand

EA 3400 ARCHE / Université de Strasbourg – ENSA-Strasbourg

EA 7464 ATE Normandie / ENSA-Normandie

Département d'ingénierie architecturale / Vrije Universiteit Brussel, Belgique

SOMMAIRE

ANALYSER L'ARCHITECTURE DE MASSE AVEC LES DONNÉES DE MASSE ENJEUX D'UNE NOUVELLE APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE Raphaël LABRUNYE / Shahram ABADIE	3
CONSTITUTION ET ANALYSE DE LA BASE DE DONNÉES SMART FRENCH Raphaël LABRUNYE	13
DISTRIBUTION DES LOGEMENTS ET ORGANISATION DE LA TRAME STRUCTU- RELLE Shahram ABADIE	39
DISCOURS JUSTIFICATIFS DES PLANS MASSE Gauthier BOLLE	43
RATIONALITÉ SOLAIRE DES COMPOSITIONS ARCHITECTURALES ET URBAINES Karim EL ALAMI, Ignacio REQUENA, Daniel SIRET	51
CARACTÉRISATION DES QUALITÉS BIOCLIMATIQUES DES PROJETS Amir Mahamoud ISSA, Ignacio REQUENA, Daniel SIRET	61
MÉTHODE D'ANALYSE DU POTENTIEL AÉRAULIQUE DES GRANDS IMMEUBLES 1945-1975, PROPOSITION DE STRATÉGIES PASSIVES DE VENTILATION ET PRÉSENTATION DES OUTILS POUR L'ÉTUDE Margherita FERRUCCI	69
MÉTHODOLOGIE DE CARACTÉRISATION DE L'ÉCLAIRAGE NATUREL DES LOGE- MENTS COLLECTIFS Yannick SUTTER	79
LE PROJET DE RECHERCHE SMART FRENCH. NOTE DE SYNTHÈSE Raphaël LABRUNYE / Elise Guillerm	85
BIBLIOGRAPHIE	89

ANALYSER L'ARCHITECTURE DE MASSE AVEC LES DONNÉES DE MASSE, ENJEUX D'UNE

NOUVELLE APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE
Raphaël LABRUNYE / Shahram ABADIE

L'objet principal du projet de recherche SMART FRENCH est de construire une méthode d'étude quantitative de l'architecture par une approche statistique, en se concentrant plus particulièrement le corpus sur le parc des ensembles de logements collectifs produits après la seconde guerre mondiale. Ce travail est l'aboutissement d'expériences diverses, tant dans la recherche et l'enseignement que dans la pratique professionnelle. En 2011, le ministère de la Culture, par l'intermédiaire du Bureau de la qualité de l'architecture et du paysage, confie à Raphaël Labrunye et à Benoît Carrié une étude portant sur dix ensembles de logements construits entre 1945 et 1975, dans une visée opérationnelle d'état des lieux pour d'éventuelles rénovations basées sur le potentiel de l'existant. La commande fait suite à une série d'études menées, depuis les années 2000 à l'instigation du ministère, par Guy Lambert et Valérie Nègre sur l'innovation constructive (Lambert, 2009), et par Bernadette Blanchon, Denis Delbaere et Jörn Garleff sur les paysages des grands ensembles (BLANCHON, 2010)¹. L'objectif de ces études était de produire des outils et méthodes à destination des DRAC, confrontées à une vague de démolitions-reconstructions ou d'interventions lourdes sur ces ensembles, à la suite de la création de l'ANRU (Agence de la Rénovation Urbaine) en 2004. Cette politique est mise en place concomitamment aux lois Grenelles de l'environnement de 2007 et à une accélération des opérations recherchant une amélioration énergétique des logements. Ces études du ministère, pour précieuses qu'elles soient, restent cependant limitées, soit à une logique d'inventaire lorsqu'il s'agit d'embrasser une grande quantité de données, soit à une logique de sélection par l'exception et d'étude monographique, telle que pratiquée dans la protection des monuments historiques, et, dans tous les cas, ne propose pas une méthodologie innovante et adéquate pour aborder cette architecture de masse.

L'année 2011 est aussi celle d'attribution du prestigieux prix de l'Équerre d'argent à l'agence Lacaton & Vassal pour la réhabilitation de la tour Bois-Le Prêtre (1961, Raymond Lopez architecte) le long du périphérique parisien. Le projet découle d'un rapport rédigé par cette même agence, intitulé PLUS (DRUOT, 2007), qui tentait déjà une première approche globale de l'intervention sur le logement de l'après-guerre. Le projet Bois-Le Prêtre est emblématique de la politique de gestion du patrimoine social en France. La tour a connu une première restructuration en 1990 par un bureau d'étude, avec une transformation complète de la façade, pourtant particulièrement innovante à l'origine. Cette intervention s'inscrivait dans la poursuite des premières

mesures étatiques de financement pour l'amélioration énergétique, la prime PALULOS (Prime à l'amélioration des logements à usage locatif et à occupation sociale), créée par la loi du 3 janvier 1977, qui a produit la première campagne généralisée d'isolation par l'extérieur. En 2005, à peine quinze ans plus tard, le bailleur Paris Habitat relance une opération de restructuration lourde, à nouveau pour améliorer les performances thermiques. Ce renouvellement cyclique de l'enveloppe d'un édifice semble correspondre à, ou même suivre un cycle financier qui permet de rentabiliser les opérations sur une durée de 20 à 30 ans grâce aux prêts de l'État, aux subventions et aux loyers (POUVREAU, 2019). À l'issue de cette période, le bâti, plus ou moins dégradé à cause d'un entretien souvent minimal, doit être à nouveau rénové intégralement. Il existe une tour jumelle de celle de Bois-Le Prêtre, construite à peu près en même temps par le même architecte dans le quartier vitrine de Berlin-Ouest en 1957, le Hansaviertel. Copropriété privée, l'édifice a été récemment réhabilité dans son état d'origine avec quelques améliorations thermiques. La résilience d'un édifice, sa capacité à accueillir des habitants au fil des décennies tout en garantissant un niveau de confort acceptable, dépend donc moins de ses qualités intrinsèques que d'une politique générale de gestion et d'entretien du patrimoine.

L'ambition initiale de SMART FRENCH est d'explorer l'utilisation de données de masse comme outil pour l'étude des architectures produites industriellement, à grande échelle, suivant des logiques identiques mais variant dans les procédés et détails conceptuels et/ou constructifs. Il ne s'agit donc pas de formuler ici des préconisations techniques et architecturales applicables à l'ensemble de ce patrimoine bâti : nous contestons fortement l'idée de « boîte à solutions » toutes faites et défendons la spécificité de chaque situation.

L'idée est d'abord de produire, de collecter et de croiser des données permettant d'interroger les politiques publiques mises en œuvre depuis plusieurs années. Celles-ci s'appuient généralement sur une connaissance incomplète voire contestable du parc de logements de l'après-guerre et, suivant un jugement globalisant, favorisent certaines solutions techniques (comme l'isolation par l'extérieur ou la mécanisation de la ventilation), sans égard aux potentialités spécifiques de chaque site.

L'analyse de l'architecture à partir de bases de données semble encore peu usitée. Certes, les chercheurs en architecture mobilisent régulièrement, à l'échelle individuelle ou collective, des logiciels de bases de

données (Excel, File Maker, Microsoft Access, etc.) pour recueillir les informations et les organiser. Mais il n'y a pas, la plupart du temps, d'approche quantitative, d'exploitation statistique complète des données ; il s'agit ni plus ni moins d'un outil de classement des informations. Ceci s'explique par le fait que l'architecture échappe en grande partie à l'étude quantitative, sur les questions théoriques ou esthétiques par exemple. Mais il y a probablement une autre raison aussi : l'absence de données statistiques sur l'architecture proprement dite. De nombreuses données – climatiques, démographiques, économiques – sont disponibles qui peuvent concerner de près ou de loin l'architecture (comme les bases de l'INSEE sur la production de logements). En revanche, les éléments de l'analyse architecturale qui pourraient faire l'objet d'un recueil quantitatif, comme les dispositifs constructifs, la distribution, les types et la taille des logements, eux, n'ont guère fait l'objet de traitement et d'analyse statistique à l'échelle nationale.

A/ UN BILAN DES MÉTHODOLOGIES QUANTITATIVES

Nous pouvons cependant nous référer à plusieurs travaux précédents dans des domaines connexes à l'architecture. Le projet SMART FRENCH combine en effet des approches variées, tant en histoire (de l'architecture, des idées, des techniques) qu'en sciences de l'ingénieur (maîtrise des ambiances, architecture bioclimatique, aéraluque). Dans ces deux domaines respectifs, plusieurs travaux ont déjà fait la démonstration de l'intérêt de l'approche quantitative et de la pertinence de la base de données comme outil de recherche.

L'histoire n'a pas attendu les big data pour mobiliser des données statistiques, en particulier dans les domaines de l'histoire économique, à commencer par le développement de l'histoire sérielle, à partir des années 1970 (GRENIER, 1991 ; CHAUNU, 1978 ; FURET, 1971). La création de la revue *Histoire & Mesure* en 1986, parue régulièrement jusqu'à ce jour, témoigne de la continuité de ce type de recherches quantitatives dans la discipline. Les travaux d'Emmanuel Todd et d'Hervé Le Bras en démographie historique, s'appuient sur une recension approfondie des données statistiques permettant de faire émerger quelques clés de compréhension des évolutions sociales, politiques et religieuses en France (LE BRAS, 1981) et en Europe (TODD, 1990). Les données géographiques associées à ces données sociétales permettent aux auteurs d'élaborer une cartographie. Jean-Luc Pinol, quant à lui, travaille depuis de nombreuses années en histoire spatiale à partir des logiciels SIG (Systèmes d'Informations Géographiques) articulant géographie et données sociologiques. C'est ce qui lui a permis de reconstituer une cartographie très élaborée de Paris sur les deux derniers siècles (GARDEN, 2009). Plus récemment, son dernier travail sur les enfants juifs déportés pendant la seconde guerre mondiale a montré une coïncidence entre îlots insalubres et lieu de résidence des victimes de déportation (FOLIOT, 2012). Plus ample encore, le projet international VENICE TIME MACHINE, piloté par Frédéric Kaplan de l'École Polytechnique de Lausanne, en partenariat avec Università Ca' Foscari

de Venise, vise à numériser l'intégralité des données archivistiques de la Cité des Doges, permettant de reconstituer l'évolution urbaine de la ville, parcelle par parcelle, sur près d'un millénaire (KAPLAN, 2012). Les travaux associent historiens et ingénieurs spécialisés dans l'intelligence artificielle pour construire les outils de recueil et d'analyse des données.

L'histoire du climat (LE ROY LADURIE, 1967) ou l'histoire environnementale (« La longue durée en débat », *Annales*, 2015) pourraient nous livrer nombre d'études mobilisant – et interprétant – les données de masse. En histoire de l'art, Béatrice Joyeux-Prunel pouvait regretter en 2008 l'absence de travaux mobilisant le quantitatif dans sa discipline, encline à accumuler les données plutôt qu'une analyse quantitative (JOYEUX-PRUNEL, 2008). Le constat vaut également pour l'histoire de l'architecture et l'histoire du patrimoine. Les bases de données patrimoniales sont pourtant mobilisées depuis au moins la recension des monuments historiques au XIXe siècle et la fameuse "liste complémentaire". La création de l'inventaire général en 1964 et sa régionalisation en 2005 ont étendu le recueil de ces données au patrimoine courant. Ces données de masse sont répertoriées selon un protocole défini dans *Principes, méthode et conduite de l'Inventaire général du Patrimoine culturel* (VERDIER, 2007) et recueillaient 650 000 items en 2014. D'autres bases ont vu le jour plus récemment comme SITADEL (base des permis de construire en France depuis 19862). L'INHA (Institut National d'Histoire de l'Art) a aussi numérisé les procès-verbaux des séances du Conseil des Bâtiments civils des années 1795-1840 disponibles au sein de la base CONBAVIL3.

Ces bases sont essentiellement destinées à agréger des données documentaires comme un répertoire de bibliothèque. Il est donc possible d'y faire des recherches simples selon les rubriques, mais elles n'offrent guère la possibilité de recherche transversale et de croisement des statistiques. Lorsque le ministère de la Culture a confié à Jean-Michel Léger et Jean-Paul Midant une étude sur les édifices labellisés "Patrimoine Remarquable du XXe siècle" (LEGER, 2012), les statistiques mobilisées proviennent d'une simple extraction de chacune des fiches, voire des rubriques, sans croisement des données (entre type, période et localisation par exemple).

Dans le domaine de la construction et de l'urbanisme, on pourra citer principalement la banque de données ARCHILOG (archives du logement entre 1945 et 1980), qui décrit le contenu des archives des ministères successivement chargés de la construction et de l'urbanisme depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale. Jean-Claude Croizé, qui l'a constituée, en extrait des analyses statistiques exploitées notamment dans son *Habilitation à Diriger des Recherches* (CROIZE, 2009). Il concentre ses propos sur les questions normatives et économiques, mobilisant les données recensées. Citons encore la base de données Logement, à l'initiative du Centre d'histoire sociale, portant sur les textes législatifs relatifs au logement⁴ et les travaux réalisés à l'instigation du PUCA (Plan Urbanisme Construction Architecture) et du CNIS (Conseil national de l'information statistique) (FOURCAUT et VOLDMAN, 2013).

On peut encore rappeler en exemple l'analyse menée par Daniel Siret sur un corpus de 6750 petites annonces de

pavillonnaires publiées en 1985, 1995 et 2005, afin de mieux scruter (et in fine déconstruire) l'argumentaire des agences immobilières (SIRET, 2008).

Dans le domaine des sciences de l'ingénieur, la pratique du traitement statistique est plus courante et plus ancienne, notamment dans les études sur le climat ou l'énergie. Le projet EPISCOPE a retenu toute notre attention, car il ambitionne dès le départ de constituer une analyse de la performance thermique du bâti en Europe dans la perspective de l'améliorer (www.episcope.eu). La méthode retenue peut toutefois nous questionner, dans la mesure où le corpus est limité à un échantillon, guère représentatif, de chaque pays. Pour la France, 4 types correspondant à 10 périodes établies selon les statistiques de l'INSEE, soit quarante exemples en tout sont étudiés. Ainsi la question de la pertinence du cas d'étude et les limites de sa généralisation est-elle posée.

Finalement, le seul travail recensé qui articule recueil de données et indices statistiques est, à notre connaissance, celui mené par l'agence LAN sur le tissu haussmannien pour le Pavillon de l'Arсенal (BOUTTE, 2017). Leur corpus comprend l'ensemble des îlots de la période haussmannienne, déjà bien documenté par les travaux historiques, et se caractérise par une nette homogénéité quant à la période de construction, aux matériaux, dispositifs urbains et au foncier, etc. Le cadastre de Paris numérisé, additionné aux données du SIG collaboratif en open source (<https://www.openstreetmap.fr/>), leur permet d'aborder ce patrimoine dans une nouvelle approche globale. Ensuite, un travail de réduction du corpus s'opère par typologie (basée sur le nombre de façades sur rue des îlots), en sélectionnant le plus petit, la taille médiane et le plus grand. Chacun fait alors l'objet d'un travail de dessin à partir de relevés sur place. Les données recueillies permettent de construire une analyse urbaine et architecturale sous l'angle notamment de la performance environnementale. C'est ainsi que les auteurs parviennent à démontrer les performances du tissu, au regard de la compacité thermique (acquis par le biais de la mitoyenneté malgré de faibles épaisseurs de bâtiments) et de l'éclairage naturel des surfaces (96 % de surface à moins de 6m contre 87 % dans les tissus contemporains). Ces tissus urbains sont donc généralement plus performants sur le plan énergétique que les opérations conçues à partir des années 1980 qui favorisent les plots isolés épais – donc compacts mais mal éclairés. La méthode est assez démonstrative ; elle permet a minima d'apporter de nouvelles connaissances sur l'architecture et l'urbanisme quant à leurs performances environnementales.

B/ LES ENSEMBLES DE LOGEMENTS DE L'APRÈS-GUERRE

Notre corpus d'étude embrasse les ensembles de logements construits dans l'après seconde guerre mondiale. Nous reviendrons dans l'article suivant sur les caractéristiques et la définition de ce corpus. Cet objet de recherche a pour intérêt de constituer un ensemble massif de constructions, relativement homogène, diffusé sur tout le territoire, dans un laps de temps court (1945-

1975), et conçu plus ou moins selon les préceptes du Mouvement moderne. Ce corpus est sous-tendu par une base de données d'environ 300 opérations déjà identifiées dans les études précédentes (BRIAND et al., 2011). Ces édifices visent, dès leur conception d'origine, à assurer la circulation de la lumière et de l'air autour et au sein des bâtiments : *Licht, Luft!*, titrait déjà Siegfried Giedion pour son premier ouvrage consacré au logement (GIEDION, 1929). La maîtrise du confort, si elle est centrale dans le discours des architectes modernes, reste cependant largement empirique, comme l'a montré Daniel Siret à propos de la performance des brise-soleils de Le Corbusier (SIRET, 2004) ; l'architecte réfléchissait en effet dès les années 1930 sur le concept de « respiration exacte ». Une autre des caractéristiques majeures de ce patrimoine bâti est l'articulation savante des échelles urbaines, architecturales et paysagères, spécifique à chaque opération (PARVU, 2009). Dès lors que l'architecte dispose d'un foncier important, il est en mesure d'organiser plus librement les volumes dans l'espace, de distribuer les appartements selon les orientations les plus favorables et de structurer l'ensemble selon une trame constructive optimale. Il y a donc a priori une parfaite symbiose entre l'industrialisation de procédés constructifs conçus hors-sol, une forme urbaine moderne d'objets indépendants disposés dans un espace libre, et la rationalisation des modes d'organisation intérieure des logements, même si parfois la présence d'éléments bâtis ou d'espèces plantées oriente la composition générale. Nous avons déjà montré par exemple, du point de vue du paysage, comment Guillaume Gillet, au Parc du Roy d'Espagne à Marseille, dispose ses édifices avec mille précautions pour préserver la pinède initiale, d'où des types d'immeubles en pixels, multipliant les orientations (CARRIE, 2011).

Certains édifices, dotés de qualités constructives ou architecturales particulières, posent néanmoins de lourds problèmes d'adaptation au cadre normatif actuel. Les larges balcons saillants ou les compositions de volumes complexes (qui peuvent éventuellement générer des ponts thermiques), les matériaux de construction de qualité, voire « nobles » en façade (brique, pierre apparente, béton brut, menuiserie fine en bois ou métallique, etc.) rendent inadéquate toute isolation par l'extérieur. D'autres enjeux sociaux, urbains, programmatiques ou de gestion appellent des modifications substantielles de ce bâti, dans une perspective assez différente de la conservation et protection du patrimoine ancien. Il y a donc nécessité de déterminer le champ des possibles en matière d'intervention contemporaine.

L'ambition de l'étude est d'aborder cette production de masse à une échelle pertinente – c'est-à-dire suffisamment ample et représentative de l'ensemble des réalisations –, en dépassant deux types de travaux existants : l'étude de cas qui apporte des réponses spécifiques, a priori non reproductibles, et l'approche générique qui réduit cette production à des « passoires thermiques » caduques. Il s'agit donc d'élaborer une méthode d'analyse des formes qui dépasse la typomorphologie, parfaitement applicable à l'îlot et aux formes urbaines traditionnelles, mais inopérante dans le paradigme urbanistique moderne, et obsolète avec la diffusion de systèmes constructifs industriels sur tout le

territoire. Bernard Huet avait déjà pointé cette difficulté dans ce qu'il nommait « la ville fonctionnelle » :

« Dans la ville "fonctionnelle", il n'est plus possible de parler de rapport entre typologie des édifices et morphologie urbaine puisqu'il n'y a plus ni forme urbaine ni typologie [...] les architectes du Mouvement moderne [...] avaient pour objectif la création de modèle, c'est-à-dire des objets fonctionnels à valeur universelle, détachés de tout contexte historique et culturel et par conséquent éminemment reproductibles [...] Ce qui n'empêche pas que dans les faits, et sans que les architectes n'en prennent clairement conscience, de véritables typologies du logement moderne se soient constituées. » (HUET, 1986) Bien que ces affirmations aient été depuis nuancées et partiellement contredites, et qu'une certaine corrélation entre la forme urbaine et la disposition architecturale soit toujours constatée, en raison de la « dilution » du tissu urbain dans la « ville fonctionnelle », la typomorphologie ne semble pas un outil performant pour l'analyse de l'urbanisme moderne. Selon une approche différente, l'architecte Jean-Patrick Fortin a tenté de décrypter les logiques de composition d'un ensemble de logements. Sa méthode n'est pas explicitée, mais semble consister en l'analyse d'un plan masse « caractéristique », dont on ne sait s'il représente un cas réel, un exemple typique, ou encore un stéréotype (FORTIN, 2001). Il introduit cependant des hypothèses tout à fait intéressantes, sur le principe d'une homogénéité formelle articulée au principe démocratique. L'organisation des façades, identiques de pied en tête d'immeuble, appuie la démonstration, mais à l'échelle urbaine cela reste à approfondir, voire à nuancer. Les principes de composition des plans masses en fonction des ombres portées sont aussi avancés à travers une étude succincte et peu démonstrative. L'exploitation d'une base de données permettrait d'examiner ce genre d'hypothèses en repérant les récurrences et les séries caractéristiques sur un large corpus d'ensembles de logements. Dans cette perspective, la recherche SMART FRENCH se propose d'élaborer les indicateurs pertinents et les critères judicieux pour la réalisation d'une telle base.

C/ CONSTRUIRE UNE CHRONOLOGIE

Cette recherche se situe aussi dans la continuité de plusieurs travaux récents qui ont pour objet de d'interroger le concept de « Trente Glorieuses » inventé par Jean Fourastié pour désigner la période 1945-1975 (FOURASTIE, 1979). Pawin le qualifie de « découpage grossier établi en 1979 par un économiste vieillissant » (PAWIN, 2013) et Sirinelli dénonce cette expression comme étant « paresseusement reconduite ou encore [le résultat d'] un effet générationnel de nostalgie pour les historiens les plus âgés ayant grandi « dans le liquide amniotique de la croissance conquérante des années 1960 » (SIRINELLI, 2011, p. 99). Dans leur Autre histoire des Trente glorieuses, les auteurs identifient clairement deux périodes. La première va de la Libération au milieu des années 50 : elle se caractérise par la Reconstruction et une consommation de masse débutante, pas encore adoptée par la majorité des ménages. La seconde, de

1955 à 1973, est principalement caractérisée par une très forte croissance (PESSIS, 2013). De la même manière, l'attention portée par les concepteurs à la maîtrise des ambiances et à la qualité spatiale du logement semble aussi évoluer substantiellement selon un découpage chronologique comparable, mais pas forcément identique.

Le discours et les dispositifs mis en place par les architectes ou les maîtres d'ouvrage sur le confort d'habitat restent à ce jour peu étudiés. Les travaux d'Emmanuelle Gallo et de Giulia Marino sur les systèmes de chauffage dans d'autres types d'édifices que le logement ont esquissé les premières hypothèses sur la maîtrise thermique des projets de cette période (GALLO, 2006 ; MARINO, 2014). Il apparaît que la pénurie de matériaux sévissant jusqu'à la fin des années 1950 a favorisé la recherche de dispositifs économiques comme l'utilisation de matériaux lacunaires isolants. Notre étude sur dix ensembles de logements a révélé des isolations appliquées afin de limiter les ponts thermiques ou l'intégration de la protection solaire dans les épaisseurs de façade des réalisations de cette époque. Ces résultats s'inscrivent à rebours de la littérature technique qui considère que la production architecturale livrée entre 1948 et 1974 est intégralement obsolète du point de vue de performance énergétique (APUR, 2009 ou Le guide ABC, 2011). Une large part de la littérature scientifique sur le sujet, souvent issue des critiques de la modernité, déplore l'absence de conception environnementale dans cette période (ALEXANDROFF, 1982). Au contraire, le temps consécutif à la crise pétrolière est perçu comme innovant (BOBETTE, 2007). Pourtant, la production comme le discours des acteurs attestent d'une volonté et d'une recherche spécifique quant aux qualités et à la fonctionnalité des logements, adaptant les idéaux du Mouvement moderne à un contexte historique, social et économique singulier. Des pans entiers de l'histoire de l'architecture restent à décrypter à cet égard et ce projet souhaite ouvrir cette perspective.

L'un des premiers objectifs, en repérant des récurrences, est d'identifier les éléments de rupture, la périodicité des continuités, et ce faisant caractériser la complexité du corpus. L'APUR a tenté une première périodisation de ces ensembles de logements, en adoptant l'approche typo-morphologique classique et en se cantonnant naturellement dans le territoire parisien (APUR, 2009) ; autant de limites dans la méthode et le corpus qui invitent à interroger le résultat. En effet, les législations successives peuvent également constituer des jalons, comme le montre la frise chronologique établie à partir des recherches menées au cours du projet. Les différents textes normatifs de 1955, 1958, 1963 et 1969 semblent être des étapes décisives dans la maîtrise de la qualité de la construction et du confort, fixant des objectifs chiffrés de performance de chauffage et d'aération. Même si l'isolation est évoquée dès 1955 pour la réglementation des logements sociaux, les textes n'imposent aucune performance d'économie énergétique avant 1974. Il semble bien que lors de la Reconstruction, les pénuries ont conduit à des innovations améliorant accessoirement le confort d'habitat, alors qu'à partir de 1955, la croissance exponentielle et le désir de confort qu'elle implique conduisent à de nouvelles mesures législatives

dans ce sens.

Cette situation pourrait aussi être examinée à l'aune de la littérature scientifique, des revues spécialisées ou encore des publications pratiques et professionnelles de l'époque dans le domaine de la construction. L'ouvrage de référence, premier manuel de conception bioclimatique (avec des formes parfaitement modernistes) est publié par Victor Olgyay en 1963 (OLGYAY, 1963). Il emboîte le pas au best-seller américain de James Marston Fitch, paru en 1948 et plusieurs fois réédité jusqu'à aujourd'hui, intitulé *American Building. The Forces that Shape It*, (FITCH, 1948). Reyner Banham, quant à lui, propose, dès 1969, une approche critique historique des problématiques environnementales de l'architecture moderne (BANHAM, 1969). Ces travaux anglo-saxons sont néanmoins restés inconnus en France et, peu diffusés, ne semblent pas avoir eu d'impact immédiat sur les constructions.

D/ ENJEUX OPÉRATIONNELS À L'ÉCHELLE NATIONALE

La finalité de l'étude est de disposer de données et statistiques exploitables à l'échelle nationale, selon laquelle les politiques publiques sont conçues, en particulier dans le domaine législatif et financier. Les enjeux de la réhabilitation des logements collectifs de l'après-guerre ne sont pas minces. Le parc de logement construit entre 1949 et 1974 représente plus de 30% du parc actuel, soit près de 8M d'unités. Or à cette époque, la majorité des logements (près de 60%) sont produits en collectif, à l'inverse des périodes précédentes et suivantes (études Logements de l'INSEE, 2002 et 2013). C'est-à-dire que ce patrimoine constitue près de 20% des logements en France. Dans le parc francilien, les logements collectifs produits dans cette période représentent 26% de la consommation d'énergie et 31% des émissions de gaz à effets de serre régionales. L'enjeu est aussi financier : le conseil national du Débat sur la transition énergétique a évalué à 2000 milliards d'euros les investissements nécessaires pour la transition énergétique, y compris la rénovation des bâtiments existants, à répartir sur la période 2013-2050 (CNDTE, 2013, p. 34). Pour y faire face, les gouvernements successifs ont affiché de grandes ambitions : le plan de rénovation énergétique de l'habitat lancé en mai 2013 avait pour objectif de diminuer d'au moins 38 % les consommations d'énergie du parc de bâtiments existants à l'horizon 2020 (ADEME, 2018). En 2018, seuls 290 000 chantiers, dont 90 000 performants ont été lancés, pour un objectif de 500 000 logements par an énoncé par le plan en question. Or, l'État ne consacre que 5M€ à l'aide à la rénovation énergétique, un investissement relativement limité au regard des ambitions, ce qui appelle des manières de faire économiques, intelligentes et efficaces.

Pour effectuer le paramétrage des politiques publiques, le gouvernement a recours aux services de plusieurs organismes para-publics ou privés. *The Shift Project* est par exemple un Think Tank qui cherche à construire un modèle économique post-carbone. Ses travaux sur la rénovation des logements portent exclusivement sur la performance énergétique du produit rénové, sans tenir

compte de la durabilité et de la pertinence des travaux engagés, ni même de l'énergie grise dépensée pour l'opération, les matériaux, le transport et la mise en œuvre (The Shift Project, 2013). À rebours de cette approche globalisante, dans une récente étude monographique sur le site du Lignon à Genève (1962-1971, Georges Addor architecte), Franz Graf a montré qu'atteindre 100% de la performance énergétique normative se fait au prix d'un surcoût supérieur à 50% d'un projet atteignant les 80% de performance souhaitée (GRAF, 2012). La France, a une longue expérience en matière de financement d'opérations de rénovation d'habitat depuis les années 1980, promouvant indifféremment l'isolation par l'extérieur, l'usage des fenêtres PVC et le cloisonnement en plaques de plâtres, avec tous les inconvénients que ces dispositifs entraînent (POUVREAU, 2019). Il est temps désormais de remplacer ces solutions généralistes par des études approfondies du bâti et un processus savant de préservation des éléments architecturaux et urbains existants, pour limiter les interventions sur les points de fragilité repérés. Disposer d'une telle connaissance fine de l'architecture à travers des données propres aux caractéristiques constructives, urbaines et paysagères, semble de ce point de vue un enjeu majeur pour développer une politique nationale judicieuse de réhabilitation du logement. C'est à ce besoin que SMART FRENCH a essayé de répondre à travers les recherches dont les premiers résultats suivent. Ainsi, après un exposé méthodologique sur la constitution de la base de données, sont abordées, dans un premier volet, les questions d'organisation spatiale, les corrélations entre le type de bâti, la distribution de logement et le système structurel, puis les logiques de composition des plans masse tant dans le discours des architectes qu'en termes de rationalité solaire. Dans un second volet sont étudiés, sur une sélection plus réduite du corpus et dans une approche plus technique, les orientations solaires et masques d'ombre, les caractéristiques bioclimatiques des projets, le potentiel aérodynamique des immeubles et les qualités d'éclairage naturel des logements. Ce volume sera enfin clos par une synthèse soulignant l'ensemble des éléments saillants produits ou mis en évidence grâce aux outils mobilisés, notamment la base de données et les analyses statistiques qu'elle a permises.

SMART FRENCH

La résilience de la ville moderne

une durée de vie d'au moins cinquante ans est exigée pour les constructions ; Cahier des prescriptions
salle d'eau et un W-C. Les nouveaux logements collectifs doivent être équipés d'un vide-ordure
à plus de 0,50m au-dessus du sol, avec une hauteur sous linteau supérieure à 2,30m) ; l'asc
variations de température; les barres d'appui grilles de protection et garde-corps devien
conduits collectifs à départ individuel de hauteur d'étage (dits conduits

L'arrêté ministériel fixe

Nouveau règlement sanitaire départemental de Paris (RSDP) :
d'habitation dans les étages courants d'au moins 2,70m
pour le cours : H = 2 L ; conduit de fumée obligatoire de hauteur
supérieure à 2 mètre ; hauteur des constructions

Règlement de construction

22 juin 1904

Règlement sanitaire de la Ville de Paris

Pièces habitables de 9m² au moins, éclairées naturellement sur rue ou sur cour ; parties vitrées en façade d'au moins 1/10 de la surface habitable ; prospect de pièce habitable d'au moins 6m ; cabinet d'aisances incorporés au logement à partir de 3 pièces habitables ; conduit de fumée obligatoire dans chaque pièce habitable ; escalier aérés et éclairés naturellement ou au plus égale à 20m (cette façon de privilégier l'ensoleillement revient à effacer l'orientation des corps de logis)

1906

Ordonnance de police de Paris

Impose qu'un conduit de fumée soit présent en cuisine et dans toutes les pièces principales.

<http://smartfrench.h>

Rapport architecture-climat

R. Geiger,
Bodennah
The Clima

Bibliographie chauffage et isolation

CHARPENTIER L., "Isolation thermique des bâtiments", Architecture d'Aujourd'hui
CHARPENTIER L., "Isolation thermique des bâtiments", Architecture d'Aujourd'hui
CHARPENTIER L., "Isolation thermique des bâtiments", Architecture d'Aujourd'hui
CHARPENTIER L., "Isolation thermique des bâtiments", Architecture d'Aujourd'hui

Politique Nationale

Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)
rendus quasi obligatoires par les assureurs,
nouveaux matériaux, équipements et procédés de

Règlement d'urbanisme

1900 1902 1904 1906 1908 1910 1912 1914 1916 1918 1920 1922

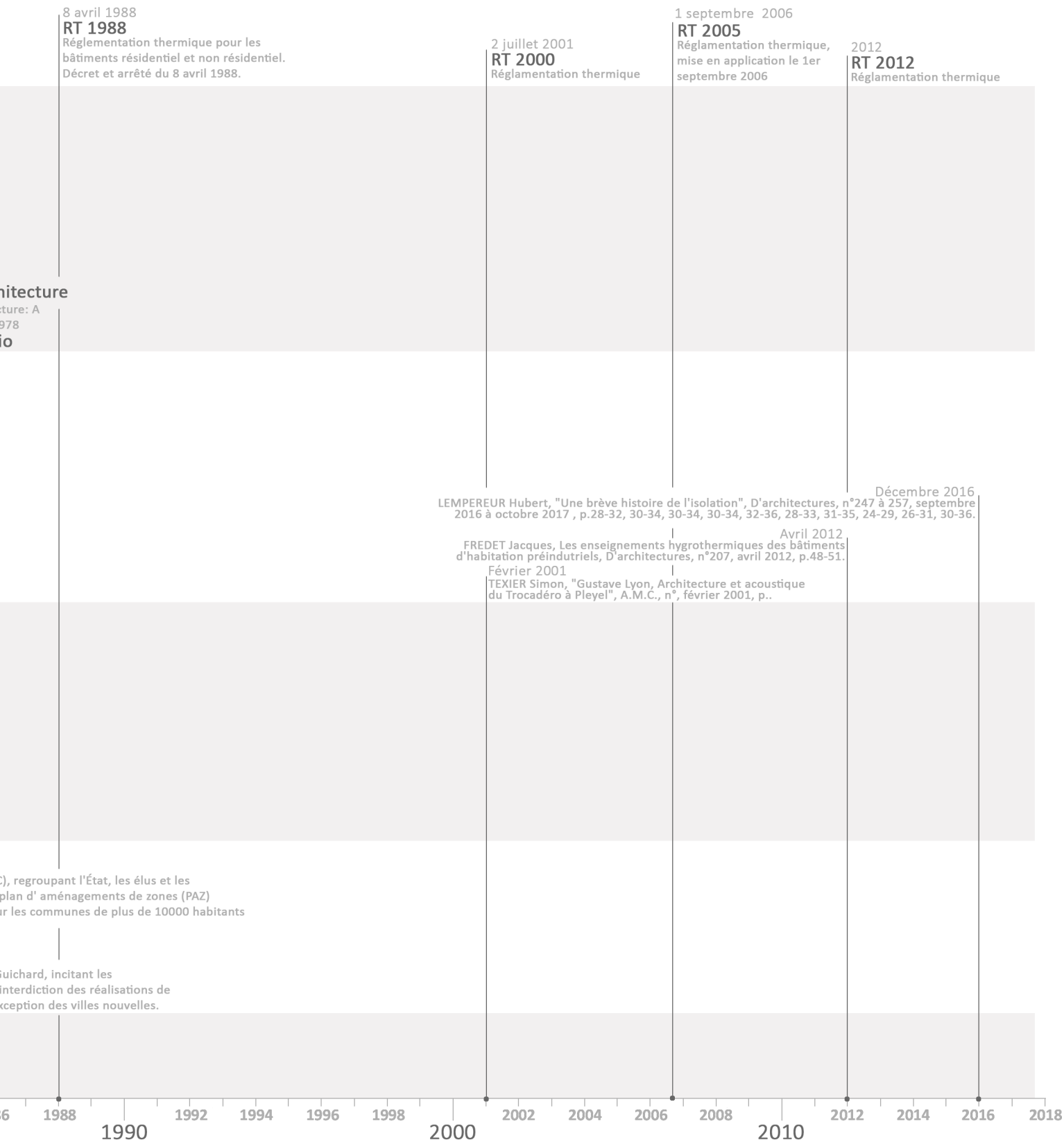
es de construction des bâtiments d'habitation

par le Cahier des clauses techniques générales applicables aux HLM (CCTG-HLM); la durée de vie des constructions est ajustée au plus long engagement des pratiques contractuelles, second œuvre (décret 69-596, Journal officiel du 15 juin 1969) ; l'ancien impératif de 2,50m de hauteur sous plafond est abrogé et, si l'on applique simultanément les valeurs obtient une hauteur moyenne des parties habitables de 2,36m pour un logement quatre habitants au plus; apparition de normes acoustiques qui auront des conséquences immédiates dépend plus de l'ouvrage fenêtre ouvrable, mais devient tributaire du renouvellement d'air (voir l'arrêté du 30 avril 1969); la cuisine et la salle d'eau disparaissent en tant que pièces cuisson, lavabo, etc.); le raccordement au réseau de télévision est requis au même titre que l'eau, le gaz et le téléphone; les caves ne sont plus mentionnées; la formulation dite calculable, principalement promue par le CSTB, remplace l'ancien descriptif d'ouvrages traditionnels. Le décret n'impose plus la présence de conduits de fumée dans le logement.

de la ventilation générale et permanente. L'évacuation de l'air s'effectue soit par conduit à tirage naturel, soit par dispositif mécanique. Le taux de renouvellement d'air est d'environ blée (VMC) pour les cuisines, salles d'eau et W.-C. ; une partie de ces pièces se déplace, en conséquence, vers l'intérieur des corps de bâti, sans éclairage naturel, ce qui permet économique entre linéaire de façade et surface habitable) ; retour aux édifices triples en épaisseur mais sans courette de ventilation; la norme d'aération des logements est désormais

2

1982, concernant les équipements et les caractéristiques thermiques des on. Arrêté du 24 septembre 1982, coefficient B exprimant les besoins de renforçant la prise en compte des apports solaires et d'occupation.



CONSTITUTION ET ANALYSE DE LA BASE DE DONNÉES SMART FRENCH

Raphaël LABRUNYE

1. OBJET DE L'ÉTUDE ET HYPOTHÈSES

Les logements de l'après-guerre souffrent d'un jugement dépréciatif globalisant, tant de la part du public concerné que de la part des acteurs de l'aménagement, élus et techniciens. Ces derniers ont initié depuis le début des années 1980 des politiques récurrentes de transformations lourdes, en particulier dans le domaine du logement social. Plus récemment, le PNRU (Plan National de Renouvellement Urbain) et les lois dites « Grenelle de l'environnement » ont accentué la mise en place de mesures globales sans prendre toujours en compte les qualités originelles des édifices.

Dans le champ opérationnel, les mesures réglementaires et financières ont favorisé une approche globale de la thermique, au travers de moteurs de calculs normalisés, en transférant les recettes de la construction neuve sur l'existant. Si la démolition pure et simple des logements de l'après-guerre reste favorisée, les opérations d'amélioration thermique restent très fortement déployées, notamment en site occupé. L'isolation par l'extérieur est souvent devenue une solution appliquée à grande échelle, confortée par le décret (contesté) de 2016 relatif aux ravalements de façades¹. Ces stratégies relèvent pourtant davantage de l'enrobage que de réelles solutions architecturales durables, et la performance recherchée est elle-même en question (SIDLER, 2017). L'absence d'évaluation environnementale globale s'accompagne de pathologies explicitées dans plusieurs rapports récents (RAGE, 2012) : ponts thermiques sur les fixations de bardage, mauvaise gestion et entretien des équipements de ventilation, difficultés de mise en œuvre des étanchéités des parois, isolation extérieure inflammable, risques sanitaires de l'air intérieur, etc.

Dans le champ de la recherche-action, le Puca (Plan urbanisme construction architecture) a lancé en 2008 et 2012 deux programmes successifs REHA visant à promouvoir des solutions techniques opérationnelles d'amélioration énergétique pour promouvoir la conservation des édifices, qualifiés dans certaines propositions de « bâtiments-supports », sans paradoxalement leur attribuer de qualité intrinsèque. Ces orientations poursuivent de fait le travail de l'agence Lacaton & Vassal, initié par leur rapport *PLUS* (DRUOT, 2007) commandité par Le Ministère de la Culture et couronné par le prestigieux prix de l'Équerre d'argent pour leur rénovation de la tour Bois-Leprêtre en 2011 (1961, Raymond Lopez architecte). Les architectes y défendent le principe de préservation des édifices pour en faire des bâtiments supports. Le

vocabulaire qui y est déployé vise à démontrer qu'il est plus économique de conserver la structure existante que de la démolir pour construire d'autres formes de logements. Le propos vient en contrepoint d'une autre grande voix de ces années, l'architecte Roland Castro qui défend, lui, un « remodelage » afin d'atténuer la monumentalité de ces ensembles et tenter de les insérer dans un tissu urbain continu (CASTRO, 2005). Pourtant, des travaux récents ont démontré tout l'intérêt d'une connaissance fine de chaque opération afin de trouver des solutions pérennes et financièrement équilibrées, permettant de préserver l'architecture d'origine. Dans son étude monographique (GRAF, 2012) sur le site du Lignon à Genève (1962-1971, Georges Addor architecte), Franz Graf a ainsi prouvé qu'atteindre 100% de la performance énergétique normative se fait au prix d'un surcoût supérieur à 50% d'un projet atteignant les 80% de performance souhaitée. Ceci passe notamment par une étude approfondie du bâti et un processus savant de préservation des éléments architecturaux et urbains existants, en limitant les interventions sur les points de fragilité repérés. Les architectes Eliet & Lehmann ont livré en 2012 une réhabilitation d'anciens logements d'officiers de l'OTAN à Fontainebleau (1952, Marcel Lods architecte) (LEHMANN, 2012). Le label BBC-rénovation a été obtenu en maintenant les façades existantes en panneaux de béton grâce à un diagnostic détaillé, alors que les premières études menées en amont condamnaient ces ouvrages tant du point de vue des déperditions que de la solidité des structures.

Les cas d'étude précités ont montré que le patrimoine bâti de l'après-guerre dispose de qualités architecturales, urbaines, paysagères et environnementales. Notre hypothèse est qu'il semble possible d'extrapoler l'évaluation à une plus large échelle ; il s'agit de trouver une méthodologie d'étude des masses sans produire une connaissance globalisante. Le projet de recherche vise à se confronter à ce patrimoine dans sa réalité quantitative et qualitative. Il s'appuie sur la création d'une base de données issues des publications dans les revues d'architecture. Ces données sont ensuite mobilisées par les chercheurs pour tenter de définir des indicateurs de qualités architecturales, de potentiel de lumière naturelle, bioclimatique ou aéraulique. L'hypothèse initiale était de pouvoir déterminer des récurrences à travers les données statistiques et les indicateurs connus. Le présent article présente plus

¹ Décret n° 2016-711 du 30 mai 2016 relatif aux travaux d'isolation en cas de travaux de ravalement de façade, de réfection de toiture ou d'aménagement de locaux en vue de les rendre habitables .

particulièrement la méthode de constitution de la base et une première analyse globale des données. Il décrit enfin les récurrences établies à partir de cette analyse.

2. ÉTAT DE L'ART

La connaissance du parc des ensembles de logements collectifs de l'après-guerre s'est largement étoffée depuis le « hard french »² de Bruno Vayssière (VAYSSIERE, 1988), premier ouvrage de synthèse militant. Quelques autres travaux se sont confrontés à cet exercice difficile de la synthèse du fait de la masse bâtie³. Les travaux les plus récents se singularisent par un ciblage plus précis. Yvan Delemontey a publié sa thèse sur le béton assemblé (DELEMONTHEY, 2015). Il précède plusieurs travaux de thèses en cours ou soutenues récemment, soit des travaux monographiques (BOLLE, 2017 ; GUILLERM, 2015 ; MASSIRE, 2017 ; KLEIN, 2014 ; GRUET, 2014)⁴, soit des histoires sociales, environnementales et politiques (LE GOULLON, 2014 ; CANTEUX, 2014) dans la suite des travaux de Jean-Claude Croizé (CROIZE, 2009) de Danièle Voldman (VOLDMAN, 1997), d'Annie Fourcaut et Frédéric Dufaux (DUFAUX, 2004). Par ailleurs, Paul Landauer s'est concentré sur la maîtrise d'ouvrage de la SCIC (LANDAUER, 2010) et Pierre Jambard (JAMBARD, 2008) sur l'entreprise de construction SAE, s'éloignant d'une approche purement iconique.

Le Ministère de la Culture a engagé diverses études depuis 2008, portant sur les systèmes constructifs ou les espaces extérieurs (LAMBERT, 2009 ; BLANCHON, 2010). La dernière en date a été pilotée par Benoît Carrié et Raphaël Labrunye avec une dimension opérationnelle de recommandations architecturales et urbaines (CARRIE, 2015). L'objectif de l'étude sur les 10 ensembles était initialement d'approfondir quelques cas d'étude emblématiques. Mais en se concentrant essentiellement sur quelques réalisations exceptionnelles de grands architectes, l'étude propose finalement une approche monographique de site, à l'image des travaux de Franz Graf.

Dans le domaine de l'intervention et l'amélioration énergétique, les travaux déjà cités de l'APUR (APUR, 2009), l'ABC de la rénovation (*Le Guide ABC*, 2011) proposent une cartographie réduite à quelques grands types, dont la représentativité est limitée à l'étude d'un seul cas. Le risque de cette réduction est perceptible dans le rapport dans *PLUS* (DRUOT, 2007). Il est ainsi préconisé la dépose des façades pour étendre les salons, ce qui fonctionne pour les opérations en ossature ou en murs de refends perpendiculaire, mais qui laisse de côté les nombreuses situations de façades porteuses. Même si le discours de Lacaton &

Vassal vise la préservation des édifices, il reste dans les limites globalisantes qu'affirme par ailleurs l'APUR : «les bâtiments construits durant les Trente glorieuses sont les plus énergivores mais aussi les plus simple à adapter. Leur valeur patrimoniale de permet d'envisager des mesures ambitieuses de réhabilitation thermique dont l'isolation par l'extérieur » (APUR, 2009). L'exemple illustré dans le *Guide ABC* pour le type «grand ensemble années 1960», outre qu'il réduit cette période à un type constructif, montre une dénaturation lourde de l'édifice d'origine (fig. 1.00).

L'articulation entre une connaissance historique globale et une analyse précise des dispositifs constructifs, urbains et architecturaux mis en place pendant la période semble donc particulièrement pertinente si l'on veut mener une politique pertinente de préservation des ressources, qu'elles soient culturelles ou environnementales.

² Le titre du présent projet détourne le terme de Bruno Vayssière en « smart french », postulant pour une architecture à reconsidérer comme savante.

³ Collectif, Les grands ensembles d'habitation et leur réhabilitation (1952-1992), rapport de recherche, Ministère de l'aménagement du territoire, 1995/1997, deux volumes, 336 et 388 p. ; la revue Histoire Urbaine a publié en décembre 2006 son numéro 17, consacré aux « Villes nouvelles et Grands ensembles », 192 p.

⁴ Ajoutons la thèse en cours d'Anne-Sophie Cachat, Eugène Elie Beaudoin (1898-1983). Biographie d'un architecte et urbaniste des Trente Glorieuses, sous la direction d'Anne-Marie Châtelet, Université de Strastourg

UN PROCESSUS INNOVANT : UN MUR RIDEAU EN BOIS

Le procédé retenu applique les principes de la maison à ossature bois à la réhabilitation d'une barre d'immeubles. Une nouvelle enveloppe extérieure a donc été conçue par apport de panneaux de façade à ossature bois hautement isolés et une casquette en aluminium a été fixée en toiture afin d'assurer la pérennité de l'ensemble.



En gardant la structure en tunnel existante (voiles et dalles en béton), les panneaux, préfabriqués en usine et livrés par semi-remorques, ont été rapportés au nu extérieur de la façade. Ces panneaux, d'une portée de 2,50 m et d'une hauteur de 2,70 m, sont composés d'une ossature bois remplie par 10 cm de laine minérale protégée par un pare-vapeur. Côté extérieur, le panneau particule bois (OSB) est revêtu de 3 cm de polystyrène, entoilé et recouvert d'un enduit minéral. A la suite d'une lame d'air de 4 cm, prend place la façade intérieure constituée de 2 plaques de BA13 intégrant 4 cm de laine minérale. L'ensemble fixé sur une structure en rails métalliques permet d'assurer la résistance à la propagation verticale du feu par les façades (Règle C+D).



Une fois les tasseaux et les pattes de fixation mis en place au rez-de-chaussée, le phasage s'est déroulé de manière identique sur chaque étage d'escalier. Une fois le premier panneau posé, les éléments supérieurs se sont ensuite emboîtés les uns au-dessus des autres. Puis, un enduit a été appliqué sur l'OSB.

Mise en place des panneaux préfabriqués

Du fait de l'isolation des parois opaques et vitrées, l'étanchéité à l'air a elle aussi été renforcée et pourrait sans problème satisfaire au test d'étanchéité à l'air pratiqué pour les maisons BBC. Par ailleurs, des mesures ont montré un affaiblissement acoustique des façades compris entre 37dB et 39 dB.

AMÉLIORATION DE L'ARCHITECTURE

Cette isolation par l'extérieur, au moyen de panneaux à ossature bois préfabriqués, a également permis de "relooker" l'apparence des bâtiments qui a ainsi pris un coup de jeune. Le caractère pré-fabriqués est effacé et les détails ont été soignés.

Par ailleurs, il serait souhaitable que les normes de construction évoluent afin de pouvoir, en toute régularité, réaliser des constructions et des réhabilitations sans ponts thermiques. En effet, il a fallu procéder à de nombreuses négociations avec le bureau de contrôle pour rehausser les acrotères, recouvrir les joints entre menuiseries et ossature, réaliser un traitement spécifique pour la casquette, etc.



Façade des immeubles avant / après réhabilitation

RÉDUCTION DES NUISANCES DE CHANTIER

Pour ces travaux de réhabilitation en milieu occupé, il était nécessaire de trouver des solutions techniques à la mise en œuvre rapide et limitant les nuisances. L'isolation par extérieur au moyen d'éléments préfabriqués, complétée par une intervention légère à l'intérieur, a permis d'atteindre ces objectifs. En outre, l'isolation par l'extérieur a permis de gagner de la surface habitable.

Intervenants
Maître d'ouvrage : OSICA - Groupe SNI
Maîtrise d'œuvre : Atelier Jens Freiberg Architectes
BET : Synapse Ingénierie
Entreprises
Groupe Lorillard : mandataire pour l'ensemble des façades
Socopa : ossature bois et préfabrication des éléments de façade
Socateb : isolation par l'extérieur et zinguerie.

Figure 1.00 : Cas représentatif du type «grand ensemble années 1960», Le Guide ABC, 2011

3. MÉTHODOLOGIE ET PÉDAGOGIE IMPLIQUÉE

Deux points sont centraux dans la constitution d'une base de données : le corpus à intégrer (quelles limites géographiques, temporelles, typologiques ?) et les rubriques qu'il faut y intégrer (caractérisations de chaque entrée). Il est aisé de comprendre l'importance des interactions entre ces deux paramètres et la nécessité de les définir en amont pour cadrer le travail dans un temps et un budget impartis. Plus le corpus est large, plus il sera difficile d'intégrer des rubriques précises compte-tenu du travail à réaliser pour recueillir ces données. Plus les rubriques sont larges pour intégrer des données variées, plus les lacunes seront importantes et le traitement sera rendu difficile. Dans la conception d'origine du projet SMART FRENCH, nous avons envisagé constituer la base dans les 6 premiers mois, pour que chaque chercheur puisse se saisir des données et les exploiter. Mais en l'absence de modèle ou de données déjà établies, nous avons mis en place un processus itératif permanent entre la définition des rubriques et le renseignement de celles-ci. Certaines rubriques étaient vues initialement comme pertinentes, mais au regard de l'absence de données fiables, elles ont dû être supprimées. Au contraire, le développement des travaux menés par les chercheurs faisait émerger des indicateurs pertinents à intégrer a posteriori dans la base.

Le premier point central à définir concerne le corpus. Le projet SMART FRENCH cible de manière claire la production de logements collectifs entre 1948 et 1974. Ces dates correspondent à une catégorie réglementaire très spécifique d'édifices, considérés par la législation comme des passoires thermiques, et donc les plus exposés à des interventions lourdes. Avant 1948, les édifices sont considérés comme « anciens » et ne rentrent pas dans les mêmes obligations de performance. 1974 coïncide avec la mise en place de la première réglementation thermique, imposant des dispositifs d'économie d'énergie (RT1974). Entre les deux dates, les édifices n'ont de considération ni patrimoniale ni environnementale (à l'exception de rares édifices labellisés par la Ministère de la Culture). Pour étudier cette architecture dans le cadre du programme ministériel, nous avons fait le choix de cibler les revues d'architecture. Cette méthode écartait d'emblée toute représentativité statistique du corpus, les biais de la médiatisation étant trop importants. Mais ces revues permettaient dans le temps imparti de disposer d'informations rapidement exploitables sur un corpus élargi. Par ailleurs, les objectifs de l'étude s'inscrivent dans la perspective culturelle du programme ministériel de définition du patrimoine architectural à préserver. On peut faire l'hypothèse que les revues d'architecture ont sélectionné les édifices publiés au moins en partie pour leurs qualités architecturales (innovations techniques, qualités plastiques, reconnaissance de l'architecte, etc.). Les revues *Architecture d'Aujourd'hui*, *Architecture Française* et *Techniques et Architecture* ont été ciblées car elles offrent un panorama varié de la production

nationale, chaque revue ayant une ligne éditoriale différente. *Architecture d'Aujourd'hui*, fondée en 1930, se veut un espace d'expression libre et ouvert sur l'architecture avec une démarche transversale sur d'autres disciplines comme l'urbanisme, le design, l'art, le paysage etc. La revue adopte dès sa création un esprit moderne et une vocation internationale. *Architecture Française*, fondée en 1940, au contraire conserve une ligne plus régionaliste avec la mise en avant des thèses et savoir-faire français en particulier. *Techniques et Architecture*, fondée en 1941, s'adresse d'origine à des constructeurs et met un accent plus important sur les techniques de construction. Les données recueillies par un dépouillement systématique, réalisé au sein du séminaire de recherche « Smart French » à l'ENSAB, ont aussi été complétées par une base de données réalisée en 2009 pour une précédente étude du Ministère de la Culture, qui comportait en particulier des références archivistiques ou documentaires.

Le second point concerne l'organisation des tables et des rubriques des données. Il ne s'agit pas seulement d'une question technique, mais bien méthodologique au regard des perspectives du projet. Si le corpus ne permet pas de faire une évaluation statistique pertinente à l'échelle de la production nationale, il permet cependant d'extraire de la base des statistiques intéressantes au sein même du corpus tel que les m² fonciers, l'emprise et la densité bâtie ou encore la densité résidentielle. L'un des objectifs de la recherche est donc de tester la validité des indicateurs, au regard de la disponibilité des données pour le renseigner, et de l'exploitation qui en est rendue possible.

La constitution de la base de données s'est déroulée en plusieurs phases durant lesquelles la structure de la base de données a été modifiée. La première phase a constitué une phase test, ciblée sur la décennie 1945-1955. Initialement l'idée était d'être aussi exhaustif que possible pour pouvoir cibler par la suite les données les plus pertinentes et celles disponibles dans le dépouillement. La base de donnée a été constituée au départ avec 4 tables différentes :

- Table « Projets ». Elle forme la table principale. Chaque projet constitue un enregistrement différent. Il est identifié au moyen d'un code formé à partir du nom de l'architecte principal, de la ville et de la date de publication (ex : LURÇAT-SAINT-DENIS-1950). Cinq onglets de données ont été constitués : fiches d'identités (principales informations d'identification), acteurs (différents intervenants connus y compris des interventions récentes), sources (articles référencés), qualités urbaines (programme, typologie du bâti, paysage, etc.) et qualités architecturales (dispositifs constructifs, état sanitaire, etc.). Afin d'identifier rapidement les opérations, 4 images ont été insérées pour chaque fiche : une vue d'origine,

une vue actuelle, un plan d'étage courant, le plan masse. A ce stade nous savons qu'il aurait été plus pertinent de créer une table «Images» permettant de référencer un nombre plus important d'illustration par projet.

- Table « Articles ». Table bibliographique qui correspond au dépouillement des revues. Les rares ouvrages portant sur les ensembles de logements du corpus ont été directement intégrés dans la table « Projets ».
- Table «Ensembles ». Elle permet d'identifier les ensembles de logements différents qui sont inscrits dans un cadre commun (ZUP ou opération en plusieurs phases très différentes).
- Table « Publicité ». Elle recense les publicités de produits industriels portant sur les questions de confort, d'énergie (isolant, menuiseries extérieures, ventilation, etc.).

La première difficulté a été de définir le type de projets qu'il fallait retenir. Dans la phase test, nous avons retenu l'ensemble des projets de logements collectifs ou conçus collectivement : lotissements, immeubles isolés, opérations urbaines. La définition d'« ensemble de logements » reste en effet une question cruciale : la principale difficulté est qu'il s'agit d'un type architectural aux contours assez flous, entre petites opérations de quelques dizaines de logements et des ZUP (Zone à urbaniser en priorité) de plusieurs dizaines de milliers de logements. Les 638 entrées de la table « Projets » relèvent en effet des opérations de logements très variées. Nous avons donc resserré dans un deuxième temps la sélection pour cibler davantage les objets pertinents au regard des questions posées. Ont été évacués les opérations de logements individuels en lotissement, les immeubles mitoyens ou les opérations d'urbanisme comportant plusieurs architectes. Il faut en effet disposer d'un corpus de cas réalisés à une échelle comparable, par un seul architecte selon des principes communs à l'ensemble de l'opération. La question de l'orientation étant centrale dans notre perspective, nous avons écarté les immeubles urbains à placés à l'alignement. Par ailleurs certaines opérations n'étaient pas identifiables, ou ont été démolies intégralement. Enfin, il fallait disposer de quelques documents de base pour pouvoir effectuer une analyse sommaire : plan masse, plan d'étage courant, photographies de l'état existant. Le corpus se concentre donc sur 227 opérations publiées dans une des trois revues d'architecture citées précédemment, de taille moyenne (de 10 à 14000 logements), où l'orientation solaire prévaut sur l'alignement, et réalisées entre 1945 et 1974.

Ce corpus de 227 a dû être mobilisé de manière différente selon les recherches menées. C'est vrai en particulier des études nécessitant des modélisations, qui ne sont pas réalisables à cette échelle. Les études ciblées au CRENAU se sont ainsi concentrées sur 14

cas. Les études menées dans le champ historique ont, elles, ciblées 78 projets disposant d'informations plus détaillées sur les systèmes constructifs et l'organisation des plans. Ces premiers travaux menés à partir du moment où le corpus de 227 était défini, ont aussi été l'occasion de revoir la structure de la base de données :

- La table « Publicités » n'a pas pu être renseignée faute de temps disponible et de perspective de traitement statistique. Néanmoins la recherche effectuée par Emmanuelle Gallo s'est saisie de cette base documentaire pour élaborer un travail sur les dispositifs techniques de chauffage et ventilation.
- Par ailleurs, la table « Bâtiments », qui renseigne les caractéristiques de chaque édifice pour chaque opération, a été créée suite aux travaux du CRENAU. Initialement les caractéristiques des édifices avaient été renseignés dans la table « Projets ». Mais compte-tenu de la complexité et de la variété des bâtiments dans les projets, il était nécessaire de développer les données spécifiques à chaque bâtiment. Le CRENAU a aussi développé dans son étude une table FAÇADE (caractérisant les dispositifs propres à chaque façade) pour ses 14 opérations, mais cela représentait aussi un travail trop important même restreint au corpus de 78 projets (56 façades pour les 14 projets).
- Enfin la disponibilité des informations à collecter dans les rubriques s'est révélée très hétérogène. Les articles de revue ne précisent pas toujours le nombre de logements ou la surface bâtie, rarement la répartition typologique des logements, et presque jamais les surfaces des pièces. Les données constructives, les dispositifs énergétiques ou les matériaux sont très succinctement décrits. L'ensemble de ces informations n'est disponible que dans les sources archivistiques. A contrario, d'autres rubriques, comme la géolocalisation ou les caractéristiques du terrain d'origine ont pu être renseignées à partir de bases disponibles en lignes (géoportail, googlemaps, cadastre.gouv.fr etc.). La base de donnée livrée en annexe est donc réduite aux rubriques qui ont pu être renseignées à partir de ces recherches simples, hors archives.

Au final, la table « Projets » comporte aujourd'hui 638 entrées, dont 227 étudiées et 78 monographies. La table « Bâtiments », comporte aujourd'hui 1213 entrées correspondant aux 78 projets étudiés plus en détail. La table « Articles » comporte aujourd'hui 1235 entrées, la table «Ensembles » 31 entrées et concerne 48 projets, et la table « Publicité » 244 entrées, limitées aux années 1945-1955.

Répartition chronologique

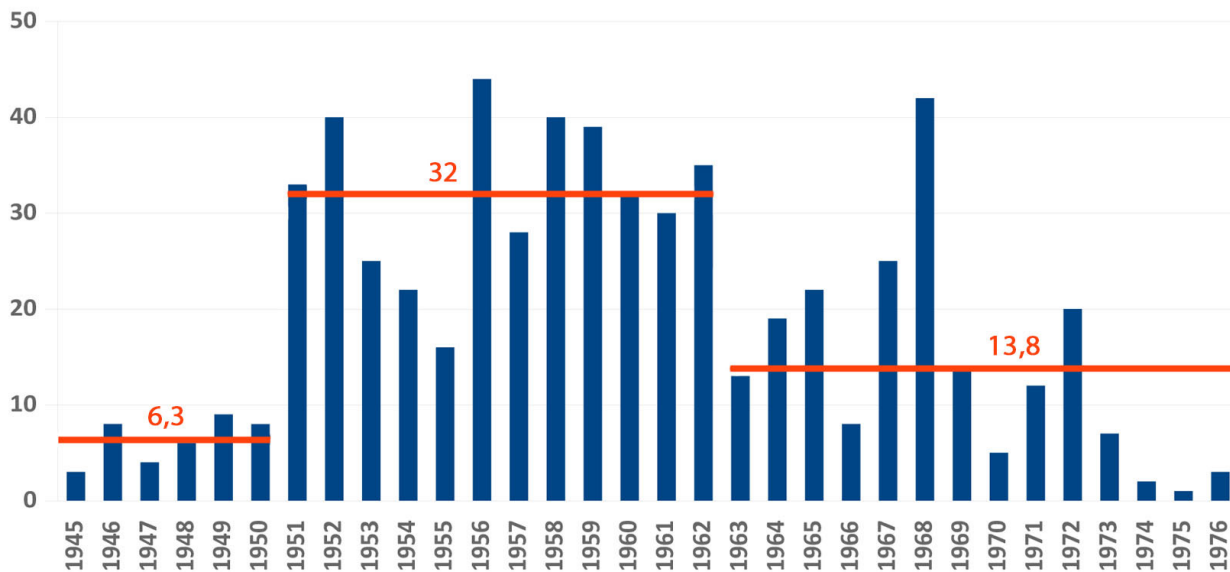


Figure 1.01 : Répartition chronologique du corpus des 638 références avec les moyennes par plage de période.

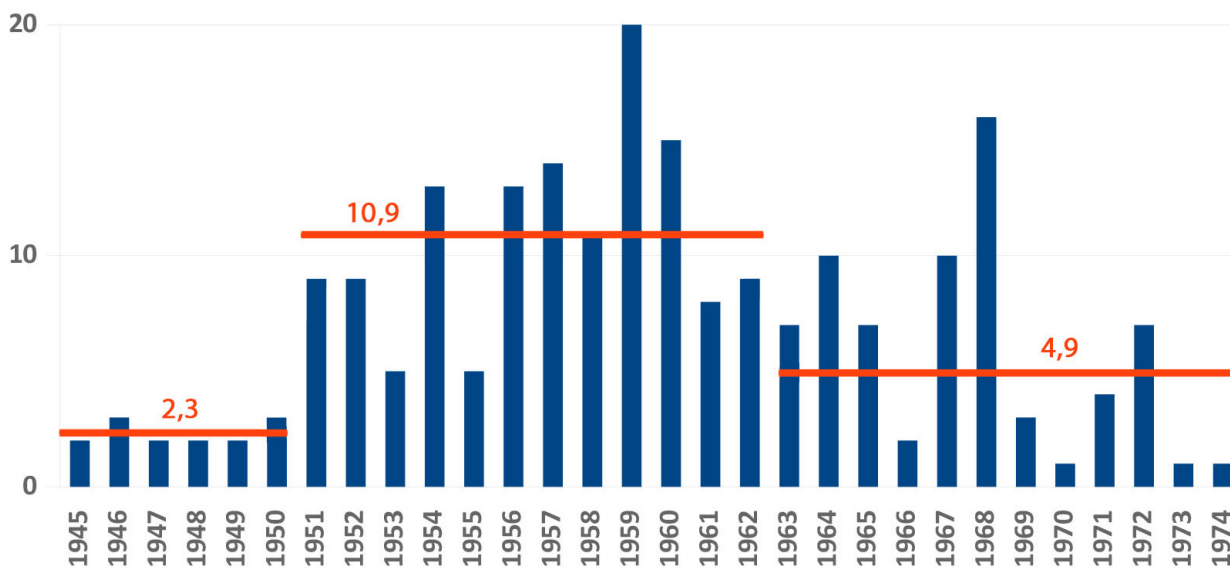


Figure 1.02 : Répartition chronologique du corpus des 227 références.

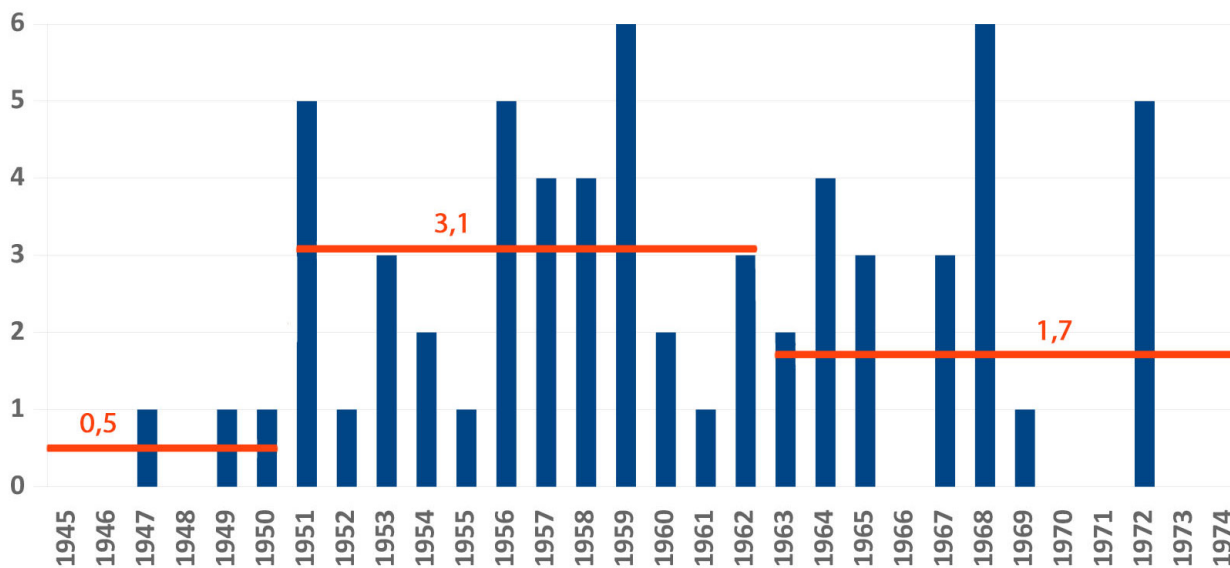


Figure 1.03 : Répartition chronologique du corpus des 78 références.

4. CONNAISSANCES NOUVELLES ACQUISES

ANALYSE DES DONNÉES STATISTIQUES GÉNÉRALES

A partir des données recueillies, on peut aussi émettre plusieurs observations d'ordre général. Certaines statistiques sont exploitées sur le corpus des 638 entrées car renseignées sur l'ensemble des fiches, d'autres sont limitées aux corpus renseignés, soit 227, soit 78.

1. Répartition chronologique

Entre les trois corpus la même dynamique

est observable : un très faible niveau de publication jusqu'en 1950, correspondant au lancement des premières opérations expérimentales par le MRU, un niveau élevé et constant de publications entre 1951 et le début des années 1960, puis une baisse conséquente des publications à partir du milieu des années 1960. Le pic de 1968 s'explique en grande partie par un numéro spécial d'Architecture Française sur le logement (n°305-306).

On peut aisément comparer ces statistiques avec le niveau de production de logements durant la même

Figure 2 - Nombre de logements achevés

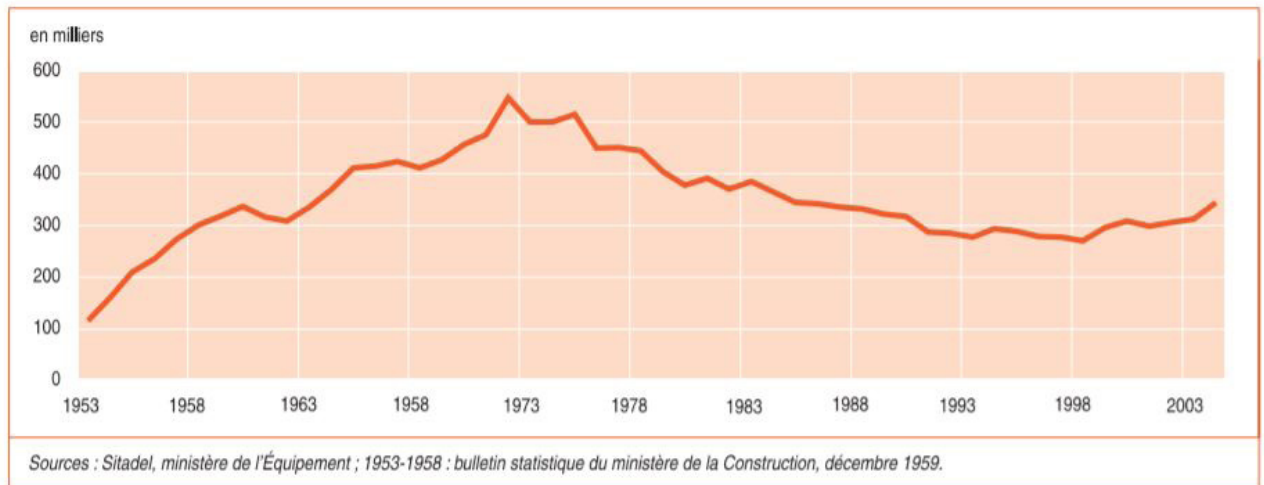


Figure 1.04 : D'après JACQUOT Alain, « Cinquante ans d'évolution des conditions de logement des ménages », in INSEE, Données sociales - La société française, 2006, p.467-473

période :

Concernant les trois corpus, jusqu'en 1951, le nombre d'opérations publiées semble peu représentatif de la construction, eu égard à la Reconstruction qui s'opère, avec une moyenne de 6,3 opérations construites par an pour le corpus des 638. On peut cependant l'expliquer par la mise en œuvre lente des opérations effectives jusqu'au milieu des années 1950. Les deux décennies de 1950 à 1970 semblent, elles, bien représentées avec un nombre annuel d'opérations situé entre 13 et 44 avec une moyenne de 32 pour le corpus des 638 et situé entre 5 et 20 pour le corpus des 227. Les variations peuvent assez aisément s'expliquer sur des considérations éditoriales conjoncturelles. Cependant le pic observé dans les trois diagrammes entre 1956 et 1959 correspond probablement aux premières livraisons importantes du plan Courant de 1953. Ce qui est plus remarquable, c'est la chute spectaculaire d'opérations publiées dès 1970, alors que le niveau de production réel est, lui, à son plus haut. On peut faire l'hypothèse d'un moindre intérêt éditorial pour la question du logement, au profit d'une ouverture à des problématiques différentes, sur la ville, les équipements, la théorie architecturale, etc. Cela traduit aussi l'amorce d'une critique importante des ensembles de logements qui aboutira à l'arrêt des constructions de masse avec la circulaire du ministre

Guichard de 19731. (« Reconversion, Réhabilitation des grands ensembles », *L'Architecture d'Aujourd'hui*, n°194, déc. 1977.)

2. Architectes

Les architectes peuvent être analysés dans la base des 638 fiches projets dans la mesure où cette information est systématiquement disponible.

Le relevé des architectes nous donne un total de 292 maîtres d'œuvres différents concernés pour le corpus 638. Ce qui est assez notable, c'est la part du lion que se taillent les architectes présents dans les comités éditoriaux des revues, comme Ginsberg, Dubuisson, Novarina et Candilis (en 1968, des 37 membres du comité de rédaction de *L'Architecture d'Aujourd'hui* dirigé par Vago, on retrouve Balladur, Candilis, Dubuisson, Ginsberg, Lods, Parent, Perriand, Prouvé, Roux, Willerval et Zehrfuss). Dans l'ensemble les noms qui ont une récurrence supérieure à 5 n'étonneront pas les historiens de la période ; ils correspondent aux grandes figures de l'après-guerre. Certains sont peut-être plus méconnus, comme Pottier, Golberg, Sonrel, Legrand, Favraud, Bauer. Le seul élément de comparaison disponible est la base Archilog réalisée par Jean-Claude Croizé à partir des Archives Nationales (cf. Annexe). L'extraction qu'il

MAÎTRES D'ŒUVES CORPUS 638

Avec plus d'une opération		Avec une opération					
ARCHITECTE	NB	ARCHITECTE	NB	ARCHITECTE	ARCHITECTE	ARCHITECTE	ARCHITECTE
Ginsberg	32	Riegler	3	Dufau	Boudriot	Wogensky	Bodiansky
Dubuisson	25	Cazaneuve	3	Lana	Chrysochérís	Maillols	Pierron
Novarina	17	Mikol	3	Fainsilber	Papas	Parlos	Aubert
Candilis-Josic-Woods	12	Abelanet	3	Dufetel	Mikelian	Atelier 17	Béal
Stoskopf	10	Ludmer	3	Feypell	Gravereaux	van Treeck	Blanc
Lods	8	Mansiat&Blatter	3	Debarre	Chomel	Delaire	Bechmann
Aillaud	8	Chatelin	2	Ivanof	Bernard	Abraham	Lamache
Lopez	7	Dorten	2	Marmorat	Tagini	Honneger	Thibault
Zehrfuss	7	Lesne	2	Devouassoud	Uniack	Boukobza	Beraud
Anger&Puccinelli	7	Anger&Heymann	2	Coulon	Hamoniau	Bosson	Favatier
Pottier	7	Charlet	2	Gallix	Delanoy	Hébrard	Mougenot
Goldberg	7	Chemineau	2	Clays	Lunel	Beauclair	
Lurçat	6	Marty	2	Vergnaud	Bessard	Maillard	
Andraut&Parat	6	Dorian	2	Sirvin	Renucci	Labord	
Sonrel	6	Gosse	2	Salomon	Herbe	Hummel	
Legrand	6	Béguin	2	Salier	Gossin	Augros	
Fayetou	6	Marin	2	Hardion	Duprat	Almairac	
Parent	6	Vernon	2	Vimont	Badovici	Rabaud	
Arsène-Henry	5	Melicourt	2	Herbert	Dumail	Dengler	
Pouillon	5	Simounet	2	Maurios	Chini	Ricome	
Favraud	5	Caneparo	2	Bardet	Guth	Gauthier	
Beaudouin	5	Schoeller	2	Bruyère	Tambuté	Genard	
Herbé	5	Tournier	2	Lay	Vivien	Gumpel	
Vago	5	Willerval	2	Vigneron	Simon	Ploquin	
Bauer	5	Dubrulle	2	de Portzamparc	Clot	Jerrold	
Le Caisne	5	Menkes	2	AREA	Ottin	Michelon	
Heaume-Persitz	5	Prunet	2	Holley	Chevalier	Barry	
Le Corbusier	5	Madelain	2	Balp	Hur	Wolff	
Gillet	4	Bovet	2	Richez	Chaume	Paul	
de Mailly	4	Lefevre	2	Sevenat	Albert	Bourdillat	
Olmata	4	Charpentier	2	Solotareff	Bossard	Maurice	
Sive	4	Pison	2	Herpe	Devin	Gerard	
Roux	4	Fournier	2	Madeline	Kalougine	Provelenghios	
Camelot	4	Conte	2	Auzelle	Monge	Aujame	
Warnery	4	Hourlier	2	Cages	Dutilly	Atelier Montrouge	
Colboc	4	Barre	2	Auffret	Cassan	Montier	
Duchemin	3	Roche	2	Sourdeau	Matthieu	Mathon	
Poirrier	3	Henri-Labourdette	2	Tougaard	Prouvé	AUA	
Le Couteur	3	Lambert	2	Braslavsky	Rotival	Martin	
Honegger	3	Hermant	2	Royer	MTA	Le Coeur	
Beck	3	Chappis	2	Grandval	Faye	Noël&Douat	
Chomette	3	Delacroix	2	Delfante	Guillaume	Epstein	
Croizé	3	Roux-Spitz	2	Combazier	Drillien	Boutet de Monvel	
Bossu	3	Gutton	2	Lagneau	Breuer	Bourget	
Dumont	3	Candilis	2	Verdeau	UAU	Beufé	
Schein	3	Hoym de Marien	2	Merlet	Pinsard	Promeyrat	
Remondet	3	Michelin	2	Carme	Le Flanchec	Audigier	
Arretche	3	Niermans	2	Louard	Tourry	Mersier	
Bentz	3	Maneval	2	Mosca	Mouette	Atelier 27	
Lafon	3	Renaudie	2	Delord&Soussan	Kalisz	Berthelot	
Lauga	3	Balladur	2	Wursteisen	De Cidrac	Kehr	
Atelier Perret	3	Badani&Roux-Dorl	2	Dimitrijevic	Epure	Billard	
Sebag	3	Pingusson	2	Chalumeau	Monnet	Taillefer	
Mathieu	3	Carlu	2	Gogois	Kandjian	Malizard	
Bodecher	3	Boileau-	2	Dubard de	Renaudie	Sainsaulieu-Bailleau	
Toumaniantz	3	Labourdette		Gaillarbois	Gaihoustet	Sebillotte	
		Foreign Buildings	2	Bourdeix-Gagès-	Gardia-Sauvage-	Barge Jacques	
		Operations USA		Grimal	Zavagno	Labourdette	

Tableau 1.01 : Récapitulatif des maîtres d'oeuvres du corpus des 638 références.

nous a communiqué, des noms cités plus de 20 fois, fait apparaître 73 noms d'architectes (292 architectes différents dans la base Smart French, dont 112 cités au moins deux fois). Deux architectes présents 5 et 7 fois dans Smart French sont cités moins de 20 fois dans Archilog : Pierre Bauer et Georges Golberg, dont les productions se concentrent essentiellement sur des petites opérations privées. On peut noter aussi la faible représentativité dans la base Smart French de figures comme Louis Arretche (3 occurrences alors que c'est le plus représenté dans la base Archilog). Sur les 73 noms les plus récurrents d'Archilog, 25 ne semblent pas présents dans Smart French, soit près d'1/3. André Gomis et Robert Joly semblent les seuls noms absents de Smart French ayant eu une réception historiographique. Cette première

approche permet d'évaluer les écarts statistiques entre les publications et les réalisations effectives. Si la médiatisation profite à outrance à quelques figures et écarte une partie importante des concepteurs (près d'un tiers !), elle fait tout de même émerger quelques figures moins connues de l'historiographie, comme Henri Pottier. Une approche plus fine avec des outils statistiques plus performants permettrait notamment de comprendre quels sont les types de projets qui sont favorisés par la médiatisation, selon la typologie ou la maîtrise d'ouvrage.

D'autres statistiques sont préférentiellement extraites des corpus retréints de 227 ou 78, en fonction de la disponibilité des informations.

3. Répartition Géographique

Près de la moitié des opérations (102 sur 227) se concentrent dans la Région Île-de-France (départements 75-78-91-92-93-94-95). Pour autant, presque l'ensemble du territoire est représenté, à l'exception de l'ouest Bretagne et le Limousin. Les noms des communes représentent aussi les diverses origines des développements urbains de l'après-guerre : La Reconstruction avec Maubeuge ou Le Havre, le développement industriel des années 1960 (portuaire, automobile, minier, nucléaire) avec La Ciotat, Bagnols-

sur-Cèze, Saint-Jacques de la Lande, Firminy, Forbach, Sotteville-les-Rouen, Uckange, Roubaix, Mulhouse, le développement du résidentiel touristique avec Biarritz, Bayonne, Saint-Cyprien-Plage, La Baule, Chambéry, Tignes, les métropoles régionales avec Bordeaux, Toulouse, Toulon, Strasbourg, Lyon, les banlieues résidentielles avec La Celle Saint-Cloud, Le Chesnay, Le Pecq, Louveciennes, Marly-le-Roi, Meudon, Mérygnac, les villes de grands ensembles de logements sociaux de la région parisienne avec Grigny, Palaiseau, Nanterre, Aubervilliers, Aulnay-sous-bois, Les Mureaux, etc.



Figure 1.05 : Carte de répartition des opérations du corpus de 227 opérations

Nombre de logements par opération

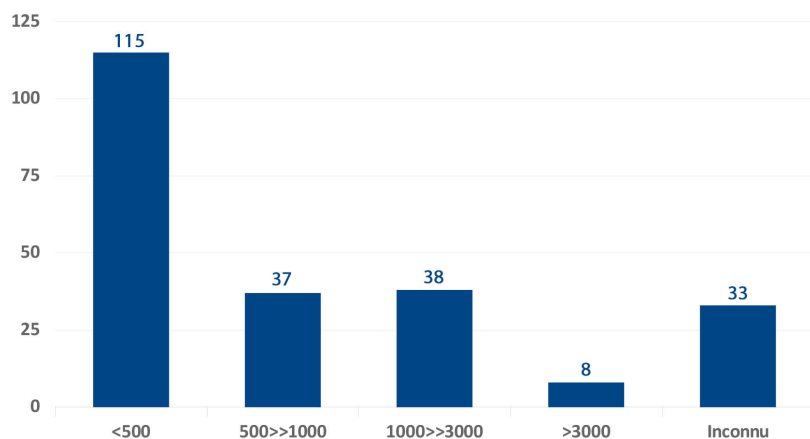


Figure 1.06 : Nombre de logement du corpus des 78 références.

Nombre de logements par opération

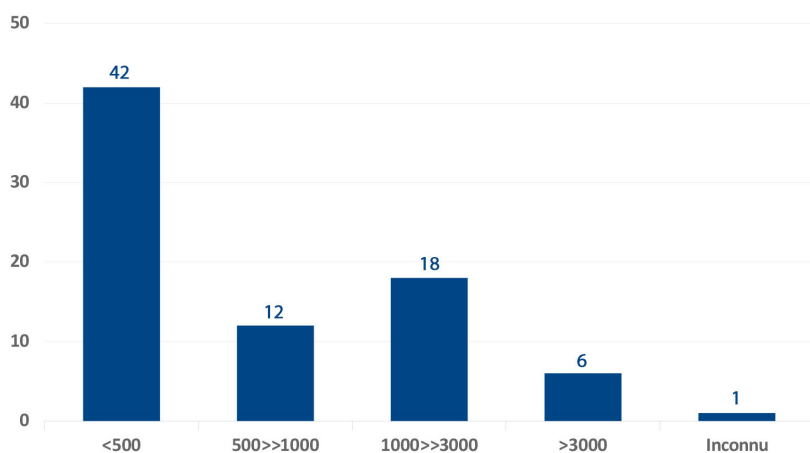


Figure 1.07 : Nombre de logements du corpus des 227 références.

Surface du foncier

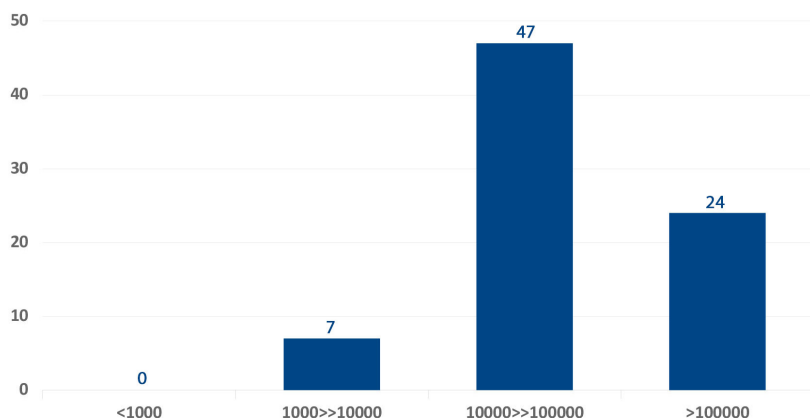


Figure 1.08 : Nombre de logement du corpus des 78 références.

4. Taille des opérations

La taille des opérations peut s’entendre de deux façons : le nombre de logements construits et la surface du foncier concerné. La première information est relativement bien renseignée dans les revues, donc sur le corpus de 227 items (192 sur 227, soit 85%), la seconde quasi uniquement dans le corpus des 78, après calcul sur les plans DWG.

La statistique du nombre de logement par opération est peut-être une des plus surprenantes. Dans la mesure où nous avons évacué les ZUP, il était évident que les opérations de plusieurs milliers de logements seraient absentes. Mais elles ne concernent que 12 projets sur les 638 de la base et n’auraient donc pas grandement modifié le résultat. Pour le corpus 227, 115 projets sur les 198 renseignés, soit près de 60 %, sont des opérations de moins de 500 logements, pour une moyenne de 206 logements (avec un écart conséquent de 32 à 418 logements). Les autres opérations représentent 17 % (entre 500 et 1000 et entre 1000 et 3000) et 9 % (plus de 3000). La répartition dans le corpus restreint de 78 est à peu près similaire. Au moins sur ce point la réduction du corpus ne modifie pas l’équilibre général.

Les revues d’architecture focalisent donc leur attention sur des opérations de taille moyenne, celles où la maîtrise architecturale est la plus forte. La base fait donc émerger des opérations peu connues et peu spectaculaires, mais qui ont constitué une part non négligeable des constructions, de manière plus diffuse.

La surface du foncier, analysée sur le corpus de 78, présente un tout autre visage. Près de 80 % du corpus se trouve dans la fourchette haute, soit entre 10 000 et 100 000m² soit plus de 100 000m² de foncier. La moyenne se situant à 10 000m², soit un chiffre très proche de la taille moyenne des îlots haussmanniens (10826m², JALLON, 2017); la médiane est à 30 000m². Les opérations présentent donc des variations de densité importantes, et sont globalement réalisées dans des

surfaces importantes au regard des logements construits.

5. Densité

Le calcul de la densité peut s'effectuer de 2 façons en utilisant les données précédentes : la densité bâtie, correspondant au nombre de m² construit par rapport à la surface foncière du terrain, et la densité résidentielle, correspondant nombre de logements construits par rapport à la surface foncière du terrain. Pour les 2 calculs, les informations nécessaires ne sont disponibles que pour le corpus de 78.

A l'exception des quatre opérations n'ayant pas pu être renseignées, la densité bâtie sur le corpus des 78 peut être considérée comme faible, avec environ 60 % des opérations en dessous de 1. La moyenne du corpus est de 1,05 sachant que les grands ensembles d'habitat collectif sont aux alentours de 0,8. Les opérations de moyenne densité entre 1 et 2 représentent elle pour 30 % de l'ensemble et seulement 8 % pour les opérations à forte densité. Cette donnée fait émerger la présence de vastes espaces publics comprise dans les projets. Concernant la densité résidentielle, à l'exception d'une opération non renseignée, la moyenne générale est de 132 log/ha.

6. Maîtrise d'ouvrage

La qualité de la maîtrise d'ouvrage n'est pas systématiquement connue. Sur le corpus de 227 items, 78 sont des opérations de logements sociaux (HBM, HLM, offices, etc.), soit 34 % contre 17 dans le corpus de 78, soit 22%. Sur les 227 items, 20 sont des opérations de la SCIC (Filiale logements de la Caisse des Dépôts), contre 7 pour les 78. 13 sur 78 opérations sont issues d'une commande du Ministère de la Reconstruction et de l'urbanisme.

D'une manière générale le corpus fait émerger des opérations privées ou en accession, de taille relativement modeste, qui sont moins visibles dans l'historiographie et la réception critique de la période.

Densité bâtie (m²/ha)

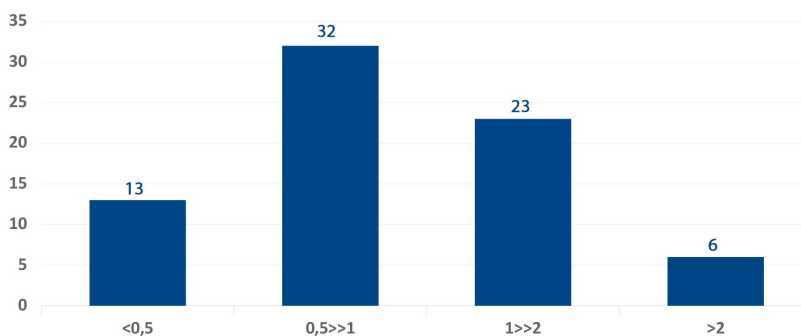


Figure 1.09 : Densité bâtie du corpus des 78 références.

Densité résidentielle (log/ha)

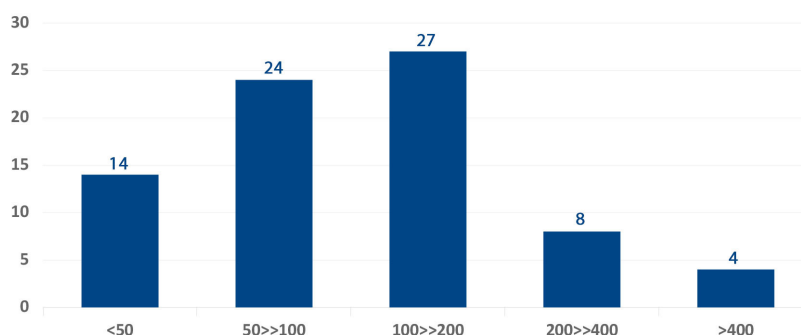


Figure 1.10 : Densité résidentielle du corpus des 78 références.

MAÎTRES D'OUVRAGES CORPUS 227

Maître d'ouvrage	NB	Type de logement	NB
MRU	13	Copropriété	17
SCR / ACR	4		
SCIC	20	Logement social	78
CIL	10		
SEM	4		
OPHLM	44		
Privé	32	Locatif	32
Société	20		
COFIMEG	5		
BATICOOP	3		
CNL	1		
Ambassade USA	2		
Particulier	1		
Inconnu	100	Inconnu	100

MAÎTRES D'OUVRAGES CORPUS 78

Maître d'ouvrage	NB	Type de logement	NB
MRU	4	Copropriété	5
SCR / ACR	1		
SCIC	7	Logement social	17
CIL	5		
SEM	1		
OPHLM	4		
Privé	15	Locatif	15
Inconnu	28	Inconnu	28

MRU (Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme)

SCR / ASR (Société Coopérative / Association Syndicale de la Reconstruction)

SCIC (Société Centrale Immobilière de la Caisse de dépôts)

CIL (Comité Interprofessionnel du Logement)

SEM (Société d'Economie Mixte)

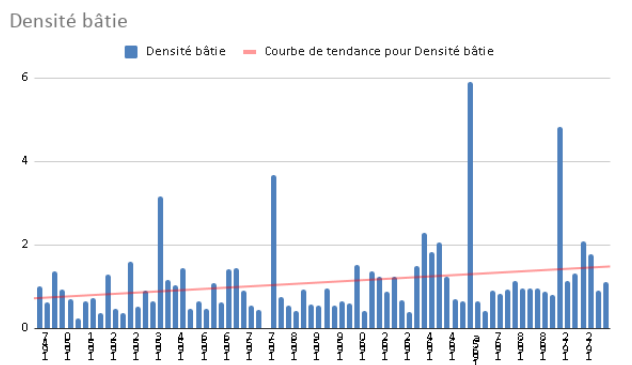
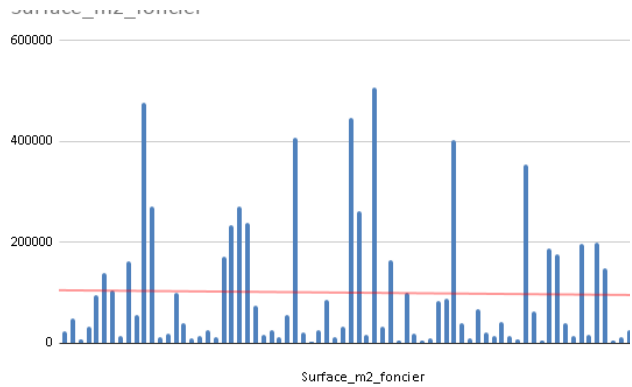
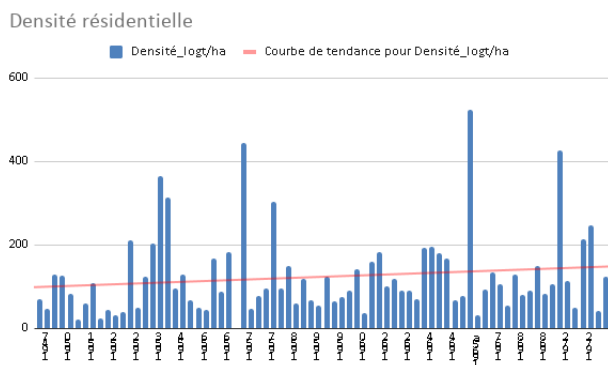
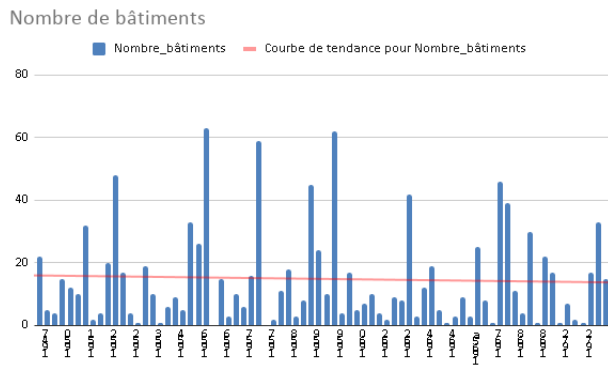
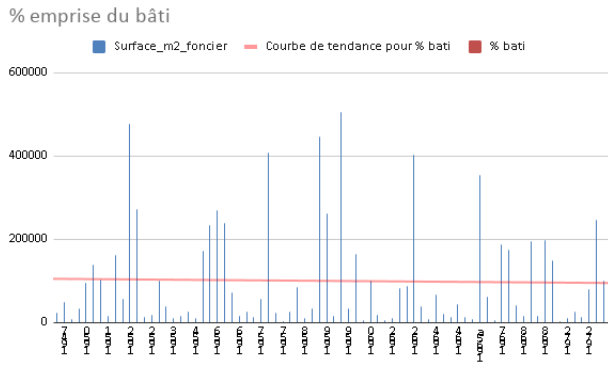
OPHLM (Organisme Public d'Habitation à Loyer Modéré)

Tableau 1.02 : récapitulatif des maître d'ouvrages du corpus des 78 références.

ANALYSE DES DONNÉES STATISTIQUES PARTICULIÈRES

1. Variations chronologiques

Les cinq graphiques ci-contre montrent la variation des données principales du corpus de 78 items pour les statistiques principales et fiables : taille du foncier, emprise du bâti, densité bâtie, densité résidentielle et nombre de bâtiment. La première observation est que les courbes de tendance restent rela-

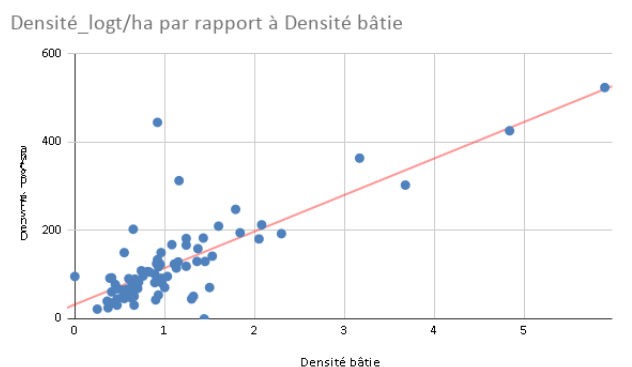
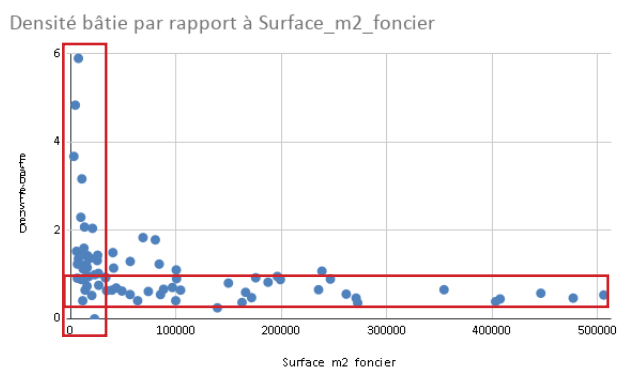


tivement stables au cours de la période, à l'exception notable des densités, qui augmentent substantiellement. La deuxième observation est que les variations sont extrêmement importantes et ne dessinent pas de tendance analysable. Il semble nécessaire d'opérer une classification interne pour analyser ces données.

tions en deux catégories. La catégorie «horizontale» où la taille de l'opération n'influe pas sur la densité qui tourne entre 0,5 et 1. La catégorie «verticale» où les petites opérations (de 0 à 2 ha) présentent une variations très forte de la densité, de 0,4 à 6. Le rapport entre densité bâtie et densité résidentielle montre une évolution linéaire qui semble parfaitement logique (plus il y a de logements, plus il y a de surfaces construite). Les opérations qui se marginalisent de la courbe sont de deux sortes : certaines opérations sociales ont une densité de logements très supérieure à la moyenne en densité bâtie, ce qui suppose des petits appartements. Quelques opéra-

2. Données croisées

Il est intéressant de croiser certaines données. Le rapport entre la taille d'une opération (surface de foncier) et sa densité bâtie peut renseigner sur la logique urbaine à l'œuvre. On peut classer les opéra-



tions privées ont à l'inverse, une densité résidentielle faible au regard de la densité bâtie, ce qui suppose de grands appartements. Mais la majorité des opérations toute catégorie confondue sont dans un rapport très semblable. C'est là que les statistiques sur la taille des logements seraient intéressantes à développer pour mieux comprendre les caractéristiques du corpus.

3. Statistiques de la table bâtiment

La table bâtiment permet de faire émerger quelques données. La fiabilité est moindre dans la mesure où l'ensemble des données n'ont pu être renseignées pour tous les bâtiments de toutes les opérations, faute de données disponibles. Mais les quelques chiffres présentés ici semblent marquer des tendances lourdes du corpus. 70% des bâtiments sont des barres. Or la typologie des barres est très homogène sur l'ensemble des opérations, avec une distribution de deux appartements traversants par palier et une épaisseur comprise entre 8 et 10m. Toutes les statistiques remarquables découlent de ce point :

- **Près de 70% d'appartements traversants.** Si l'on ajoute les appartements d'angle, cela fait 85% d'appartements à deux orientations.

- **97% de la surface construite à moins de 6m de la façade,** donc potentiellement éclairée naturellement. 80% des bâtiments ont même 100% de la surface à moins de 6m, ce qui s'explique par une épaisseur moyenne des bâtiments à 12m.

- **64% des immeubles ont une épaisseur inférieure à 12m.**

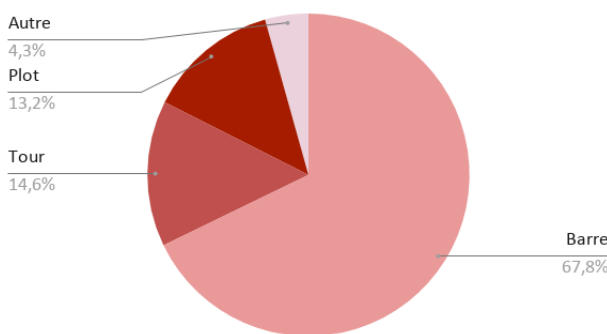
- **47% des bâtiments ont une façade principale percée à plus de 30%.**

- Enfin près de 80% des bâtiments ont une compacité thermique (rapport entre surface de façades «froides» et surface de planchers) comprise entre 0,2 et 0,3m⁻¹. La moyenne est de 0,23m⁻¹ (contre 0,31m⁻¹) pour le tissu haussmanien (JALLON, 2017).

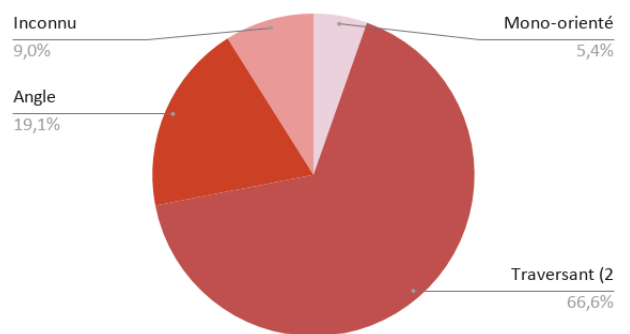
Nous avons donc un ensemble d'opérations dont la caractéristique majeure est d'être extrêmement «poreuse» à son environnement, favorisant les faibles épaisseurs de bâti, les appartements traversants éclairés et ventilés naturellement. La conséquence logique est une très faible compacité thermique.

On peut dès lors s'interroger sur la politique qui consiste à isoler ces édifices de leur environnement plutôt qu'à tirer partie des apports lumineux, solaires et aérauliques naturels.

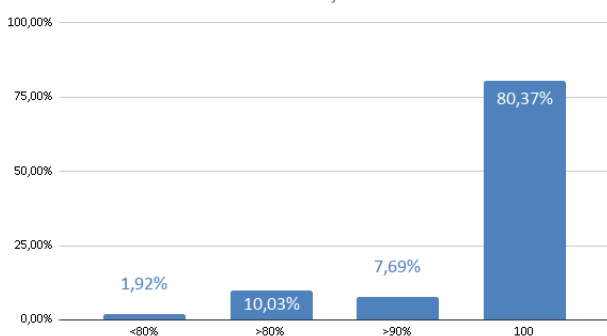
Répartition des types de bâtiments



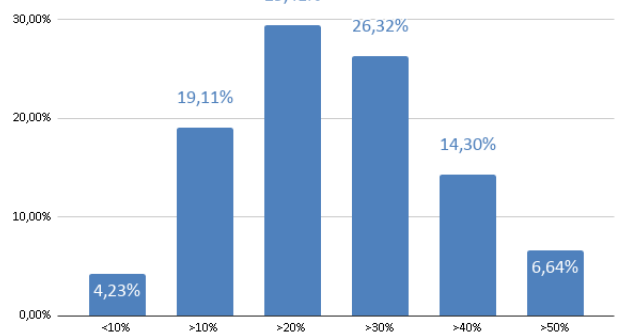
Répartition des types d'appartements



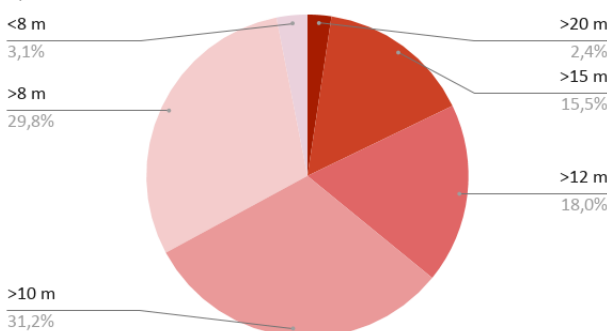
% de surface à moins de 6m de la façade



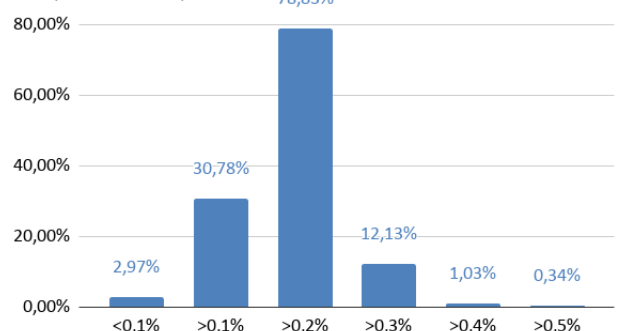
% de baies dans la façade principale



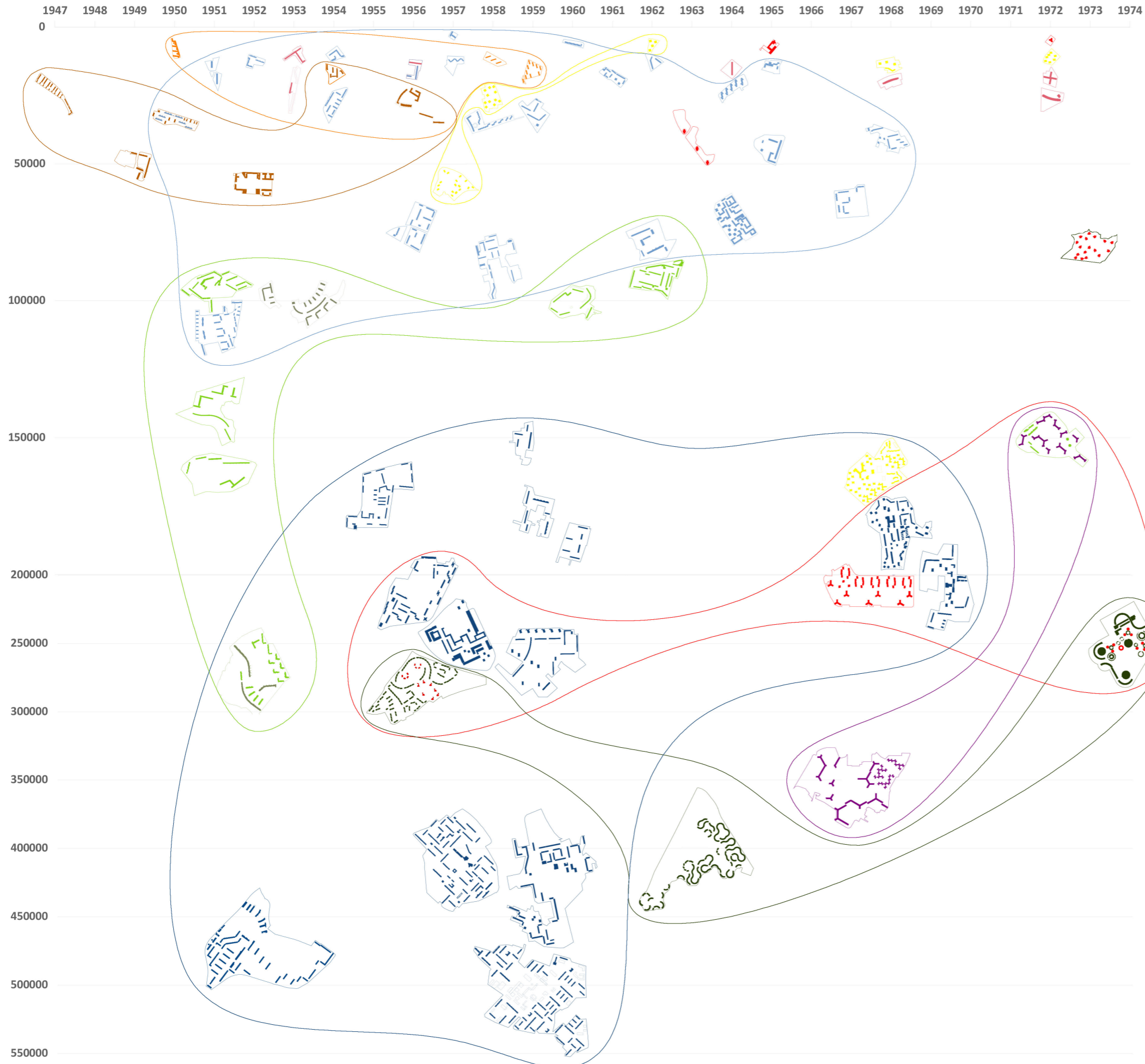
Épaisseurs des bâtiments



Compacité thermique



Cartographie des Récurrences / Par M² Foncier



DÉFINITION DES RÉCURRENCES

L'hypothèse initiale était de faire émerger des situations de récurrences à partir des données brutes. La variété du corpus rend difficilement exploitable les données pour faire émerger une classification d'ordre strictement statistique. La variabilité des résultats et des situations de projet et un trop faible nombre de cas a imposé une modification de la méthodologie par une approche plus qualitative. Pour tenter un premier classement, un ordonnancement des plans masse a été réalisé de manière chronologique et en fonction de la surface de foncier du projet.

Cette première classification a permis de faire émerger des ensembles qui se situent dans la même fourchette de taille d'opération et qui ont des formes très similaires. Nous avons ainsi procédé à la dénomination de « récurrences ». Il ne peut s'agir d'un classement typologique au sens traditionnel du terme, car plusieurs items sont éligibles parfois à plusieurs récurrences. Chacune des récurrences sont détaillées et analysées au regard de leurs statistiques internes en annexe.

- STATISTIQUE PLOTS
- STATISTIQUE BARRE
- STATISTIQUE TOUR
- 60°
- UNITE
- RECONSTRUCTION
- GRAND ORDRE ORGANIQUE
- ORDRE TOPOGRAPHIQUE
- GRAND PARC
- GRAND ORDRE ORTHOGONAL
- PETIT ORDRE ORTHOGONAL

ire 111 : Cartographie des références du corpus des 78 références.

1. Reconstruction (1947-1956)

Les bâtiments dits de la Reconstruction se caractérisent par leur terrain d'implantation en centre-ville sur des groupes de parcelles ayant subi des dommages de guerre. Ils se composent principalement de petits ensembles de bâtiments implantés selon les rues adjacentes au terrain. Le début de préfabrication massive dont ils font l'objet pour leur construction leur donne une esthétique caractéristique.

La cartographie montre que les projets de cette récurrence sont localisés non seulement dans le temps mais aussi au niveau de leur surface d'implantation.

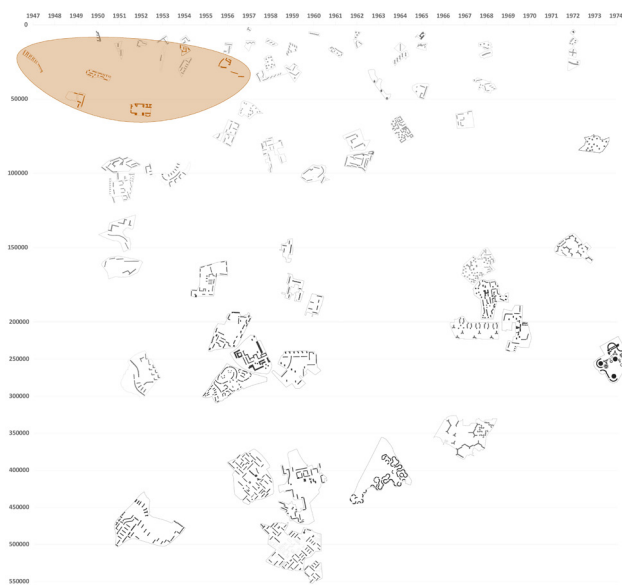


Figure 112 : Cartographie des références du corpus des 78. Détail de la récurrence Reconstruction.



Photo de l'opération Delacroix-Caen-1956, TA, 1956, n3, p.84-85



Photo de l'opération Roux-Spitz-Nantes-1947 AF, 1952, n127-128, p.70

2. Les projets statistiques (1950-1963)

Les projets « statistiques » ont pour principe structurant de répartir équitablement sur l'ensemble du foncier un module identique, sans tenir compte de la géométrie du foncier afin de favoriser l'orientation la plus scientifique possible. Dans ces cas, l'orientation de l'ensemble des édifices est identique, le plus souvent N/S ou E/O. Les projets « Plots » et « Barres », datant du tournant des années 1960, comprennent entre 72 et 500 logements, soit de petites opérations pour la période. Les « Tours » et les « 60°C », plus tardifs (après 1960) comprennent 300 à 3000 logements.

- Statistique Barres

Le cas caractéristique « Barres » (1950-1959) proposent un agencement régulier de barres positionnées soit ENE/OSO, soit SSE/NNO avec une répartition homogène. Ce sont en majorité des HLM. En amont de la période « statistique », 4 exemples proposent une répartition homogène de barres mais sans présenter des répétition de même édifice : DeMailly-Sedan-1950, Sive-Aubervilliers-1951, Ginsberg-Poissy-1953 et Delacroix-Caen-1954. Dans le premier cas, ce sont 3 immeubles adossés perpendiculairement au quai dont la longueur varie en fonction de l'élargissement de la parcelle. On retrouve un peu le même principe pour le projet de Ginsberg avec une contrainte forte de la parcelle. Ces deux exemples présentent une orientation E/O. Dans le second cas, c'est une amorce d'un plus grand projet qui ne s'est pas concrétisé. Dans le 4e cas, c'est une implantation d'immeubles tous parallèles dans le



Photo de l'opération DeMailly-Sedan-1950 TA, 1953, n11-12, p.62-63

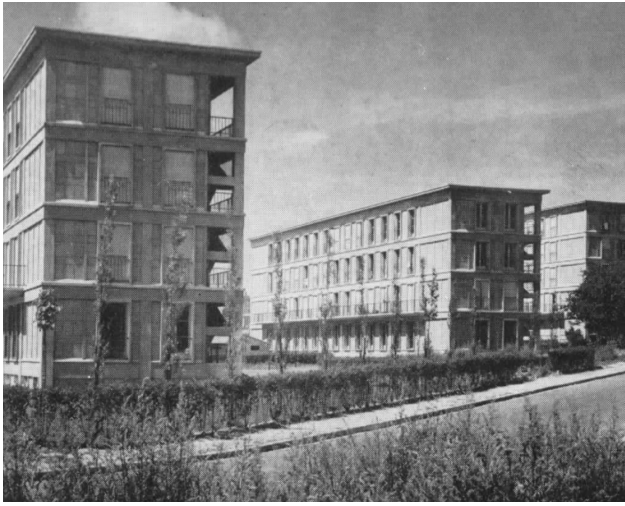


Photo de l'opération Lambert-Le-Havre-1958
AF, 1958, n183-184, p.99



Photo de l'opération Duchemin-Bobigny-1959
AF, 1959, n205, p.78

cadre de la Reconstruction de Caen, avec quelques éléments d'articulation à l'espace urbain limitrophe (petits immeubles alignés). Ces deux exemples présentent une orientation N/S. Enfin, Ginsberg-Courbevoie-1964 présente un cas spécifique où les barres sont des objets complexes articulant 3 volumes. Mais la répétition homogène du même immeuble est bien présente. La cartographie montre le rapprochement de cette récurrence avec celle «Reconstruction», tant en date qu'en m² foncier.

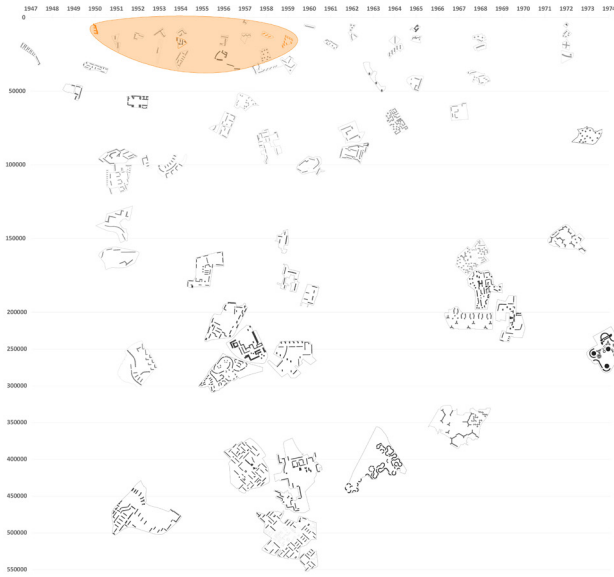


Figure 113 : Cartographie des références du corpus des 78.
Détail de la récurrence Statistique Barres.

- Statistique Plots



Photo de l'opération Lagneau-Fontenay-aux-Roses-1958
AA, 1960, n57, p.18

Le cas caractéristique « Plots » (1957-1962) est le plus pertinent dans la logique statistique : les plots répartis sur le terrain permettent une orientation homogène avec une orientation à 45°C. Les situations sont aussi relativement similaires, il s'agit surtout de copropriétés de standing installées dans un ancien parc. Ainsi, à l'exception d'un cas particulier, les m² fonciers restent faibles et les projets s'inscrivent périodiquement à la suite de la récurrence «Statistique Barres».

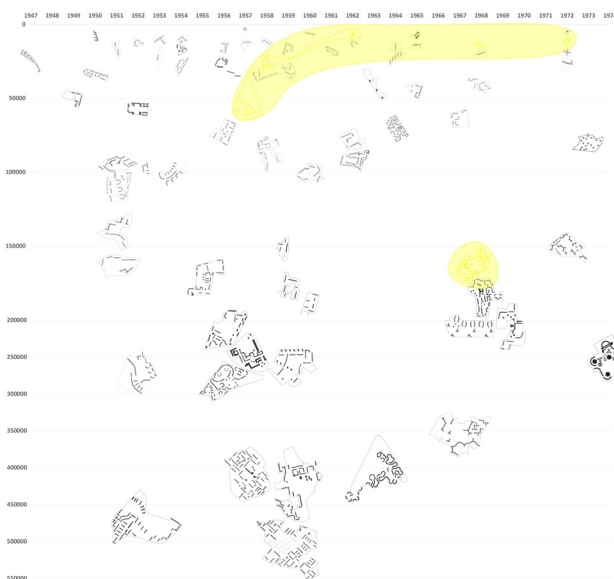


Figure 114 : Cartographie des références du corpus des 78.
Détail de la récurrence Statistique Plots.



Photo de l'opération Chatelin-Chatenay-Malabry-1962
AA, 1962, n104, p.44-45

- Statistique Tour

Le cas caractéristique Tours (1964-1973) est conçu selon le même principe que pour les plots : répartition homogène d'édifices à multiples orientations. Les tours semblent apparaître plus tardivement et cherchent à multiplier les orientations avec des formes complexes. C'est le cas de Anger&Puccinelli-Grenoble-1963 et Aillaud-Nanterre-1973. Le projet d'Aillaud a une part plus aléatoire car les orientations des tours diffèrent contrairement au projet d'Anger & Puccinelli.

Il existe des cas combinant Tours et Barres, comme Du-brulle-Villeneuve-St-Georges-1951. Les orientations à 45°C des façades sont systématiquement recherchées. La cartographie montre une plus large utilisation des projets tours dans la deuxième moitié de la période étudiée, avec leur utilisation dans 3 situations diverses: une tour unique dans un parcellaire restreint, un ensemble de tours sur un terrain de surface moyenne et, dans un plus grand ensemble foncier, en corrélation avec d'autres typologies de bâtiments.

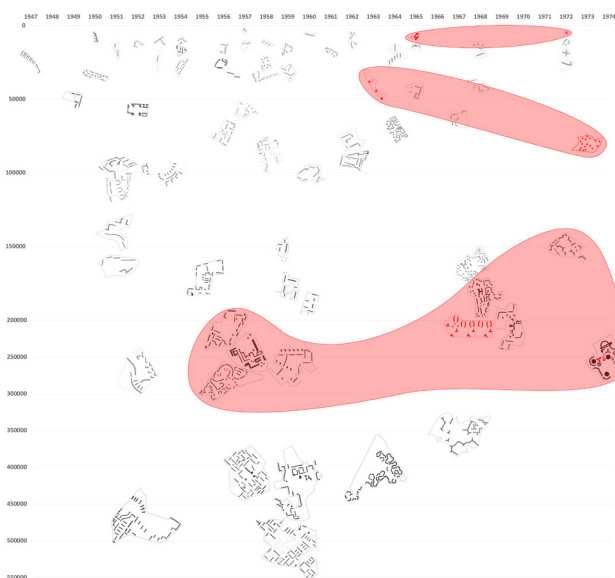


Figure 115: Cartographie des références du corpus des 78. Détail de la récurrence Statistique Tours.

3. Unités (1953-1963)

Les unités sont caractérisées par un immeuble unique de forme simple et de grande dimension posé au milieu de la parcelle. Le modèle initial est très probablement l'Unité d'habitation de Marseille (1947-1952), barre unique très haute orientée selon l'axe héliothermique. Dans la sélection de 78 items, les orientations sont soit N/S soit E/O. Par essence, ces immeubles ont un nombre réduit de logements, de 100 à 400 logements. On en trouve de 1953 à 1973. Après 1964 ce sont des cas un peu spécifiques : habitat de villégiature ou formes complexes. La décennie 1953-1963 semblerait plus pertinente. Aux extrémités chronologiques du corpus, se trouvent deux cas d'unités présentant un schéma en T ou en croix à 90°C. D'autres variations présentent aussi de grands immeubles posés au milieu de la parcelle mais avec la présence d'autres immeubles adjacents. C'est le cas notamment de Colboc-Versailles-1959 (4 unités dont deux articulées

Photo de l'opération Graval-crétail-1974
TA, 1971, n6, p.98

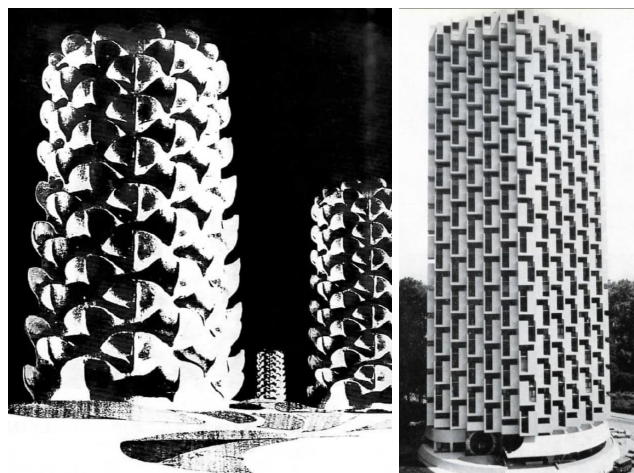


Photo de l'opération Anger&Puccinelli-1963
AA, 1966, n128, p.69



Photo de l'opération Aillaud-Forbach-1956
La cité du Wiesberg, p.36-37



Photo de l'opération Châtelain-Fresne-1964
AF, 1964, n265-266, p.37



Photo de l'opération Kalisz-Aubervilliers-1972
AF, 1972, n363-364, p.4



Photo de l'opération Caseneuve-Vincenne-1956
AF, 1956, n163-164, p.21-24

avec un plan masse en chevrons), ou Heaume-Persitz-Igny-1962, avec un grand immeuble courbe et un autre petit dans la parcelle. Seulement ici les orientations ne sont pas aussi radicales et s'accrochent au foncier. La cartographie montre que si tout les projets de cette récurrence restent dans un foncier faible en dessous de 5 hectares, ce type de projet n'apparaît que ponctuellement sur une plus large période et ne constitue pas une tendance spécifique.

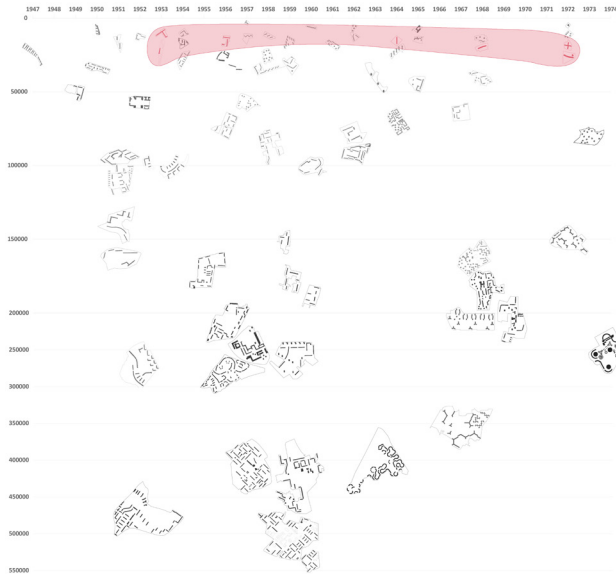


Figure 116 : Cartographie des références du corpus des 78.
Détail de la récurrence Statistique Unités.

4. Grand Parc (1951-1962)

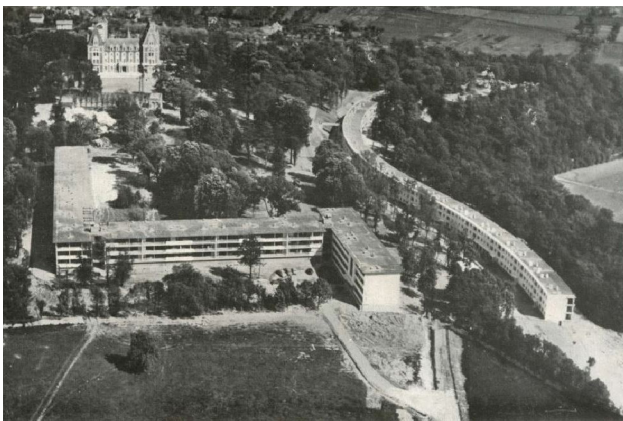


Photo de l'opération Dubuisson-Saint-Germain-en-Laye-1951
AA, 1953, n46, p.51



Photo de l'opération Audigier-Palaiseau-1960
AA, 1960, n87, n.30

Les projets « Grand Parc » trouve leur figure centrale dans les projets d'Eugène Beaudouin, dont la plupart des projets urbains de cette période proposent une implantation de constructions en périphérie de la parcelle, ce qui permet de ménager un grand parc central. Les immeubles sont longs et étroits et, de fait, proposent une variété des orientations. L'implantation se fait principalement dans des anciens parcs de propriétés. Le projet Beaudouin-Strasbourg-1951 est probablement le modèle du genre, qui a bénéficié d'une vaste publicité (première grande opération de 800 logements par le MRU). Pottier-Vaucresson-1951 est un projet intéressant qui initialement propose une grande barre courbe en partie haute du parc, finalement déclinée en 3 barres de longueur variable. Audigier-Palaiseau-1960 complexifie le modèle avec des barres droites, courbes et articulées. Beaudouin-Sceaux-1962 est un peu plus dense (logements HLM) avec une double rangée d'immeubles autour du grand parc. D'une manière générale le principe est de multiplier les orientations et de favoriser les vues sur le parc. En variante, Dubuisson-Saint-Germain-en-Laye-1951 est contemporain du projet de Beaudouin à Strasbourg. Comme les projets Grand Parc, il insère de longs immeubles dans un parc existant avec une attention spécifique au site existant. Il n'y a pas de logique de parc central cependant. Certains projets de plus grande ampleur disposent, parmi leurs principes générateurs, d'une partie avec un grand parc central. C'est le cas de Candilis-Josic-Woods-Bagnols-sur-Cèze-1956, ou même Aillaud-Forbach-1956.

La cartographie montre que les projets de cette récurrence, si ils sont définis par un critère formel de parc central, conservent toutefois une certaine homogénéité de surface foncière et de date (on notera ici l'exception du projet Ginsberg-Marly-le-roi en 1972.)

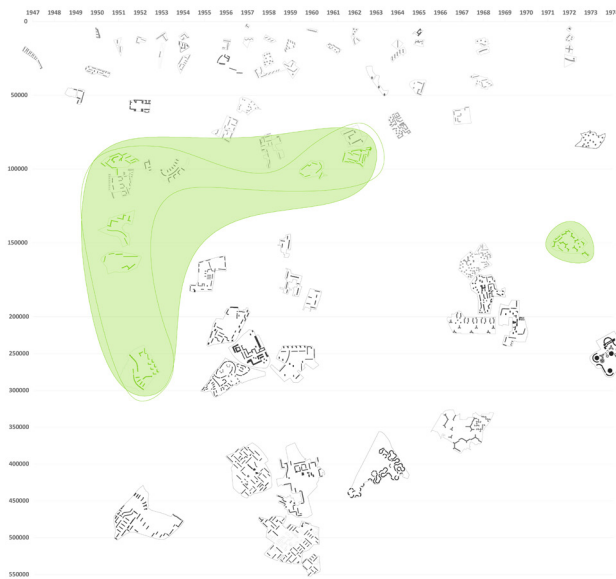


Figure 1.17 : Cartographie des références du corpus des 78. Détail de la récurrence Grand Parc.



Photo de l'opération Beaudoin-Sceaux-1962
AF, 1958, n183-184, p.39



Maquette projet original de Pottier-Vaucresson-1951
AA, 1951, n34, p.18-19

5. Ordres (1950-1974)

Les projets « Ordres » se caractérisent par l'existence d'une composition savante de plusieurs bâtiments, créant des densités variées dans la parcelle. La hiérarchisation est le plus souvent obtenue par la distinction nette du rôle symbolique de repère que joue(nt) la ou les tour(s) au milieu d'un ensemble d'édifices bas. Un axe majeur vient aussi parfois composer l'ensemble. Ces opérations sont de taille très diverses, chaque sous-type étant caractérisé par une dimension spécifique.

- Petit ordre orthogonal

Le cas caractéristique petit ordre orthogonal (1954-1968) propose une simple déclinaison du grand ordre orthogonal, mais de taille plus petite (entre 300 et 1400 logements). Le nombre réduit d'immeubles restreint les possibilités d'agencement et de déclinaison du principe. Souvent la parcelle est plus contrainte et oblige des adaptations marginales. Un cas caractéristique est Cazaneuve-Vincennes-1956. La parcelle en U n'incite a priori pas du tout à ce type d'implantation de 3 immeubles orientés de manière orthogonale sans aucun alignement. Pison-Paris-1952 est du même ordre. Les projets Bourdillat-Vienne-1949, Sive-Aubervilliers-1951, DubarddeGaillarbois-Paris-1954 proposent eux-aussi sur des opérations urbaines une organisation orthogonale. Heaume-Persitz-Bobigny-1956 est à la limite entre petit et grand ordre. On peut inclure Chrysochérès-Marseille-1962, Beaufé-Gonesse-1967, Bessard-Chalon-sur-Saone-1968. Colboc-Poissy-1961 présente une légère inflexion des axes orthonormés pour la partie droite du projet. Deux cas antérieurs DeMailly-Sedan-1950 et Stoskopf-Strasbourg-1954, structurent leurs orientations orthogonales sur une infrastructure, ici le quai (comme le projet Grand Ordre



Photo de l'opération Heaume-Persitz-Villejuif-Bobigny-1956
AA, 1960, n87, p.28-29

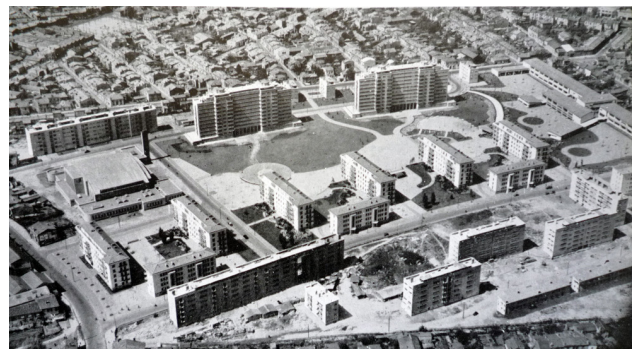


Photo de l'opération Carlu-Bordeaux-1951
AF, 1958, n183-184, p.70



Photo de l'opération Pison-Paris-1952
AF, 1956, n163, p.11



Photo de l'opération Pottier-Créteil-1958
AF, 1958, n183-184, p.3

Lurçat-Saint-Denis-1950 sur la route). A l'instar du grand ordre, il existe une variante avec des immeubles qui ne sont pas indépendants : Dubuisson-Biarritz-1965 propose une organisation orthonormée avec une des barres qui est articulée en 3 parties.

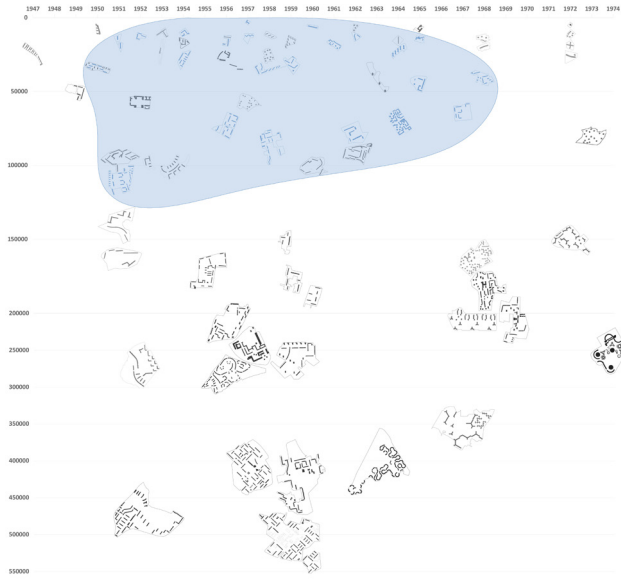


Figure 118 : Cartographie des références du corpus des 78.
Détail de la récurrence Petit Ordre Orthogonal.

- Grand ordre orthogonal



Photo de l'opération Stoskopf-Strasbourg-1959
AF, 1959, n205, p.50



Photo de l'opération Bauer-Epinay-sur-Seine-1969
AF, 1969, n327-328, p.3

Le cas caractéristique grand ordre orthogonal (1956-1959) rassemble des projets de plus grande dimension (1200 à 10000 logements) dans lesquels les immeubles sont répartis de manière relativement homogène, avec une implantation systématiquement orthogonale. Les orientations sont la plupart du temps à 45°. Certains éléments viennent organiser la hiérarchie compositionnelle, comme un parc, un axe routier ou des tours isolées. Le cas le plus caractéristique est certainement Stoskopf-Strasbourg-1959. Il n'y a que deux orientations perpendiculaires, NE/SO et NO/SE. Les immeubles se répètent de façon modulaire et complexe en fonction des situations. Le projet Coulon-Mourenx-1957 propose les mêmes caractéristiques. Le même principe est observable sur Stoskopf-Les-Mureaux-1958, Colboc-Bondy-1959 et Le Couteur-Allones-1959, avec une orientation légèrement décalée de l'axe N/S. Les marges du projet proposent des adaptations (barres articulées ou obliques). Ces projets correspondent à l'augmentation de la taille des projets avec le Plan Courant (1953) et annoncent les projets de ZUP, absentes de notre sélection pour des raisons explicitées plus haut. Le seul cas antérieur est Lurçat-Saint-Denis-1950, qui propose déjà un ordre orthogonal généralisé. L'orientation générale est cependant organisée en suivant la route et non indépendante du foncier. Le projet Arsène-Henry-Nîmes-1956 propose une organisation globale similaire mais avec des barres articulées. Favraud-Nantes-1952, Candilis-Josic-Woods-Bagnols-sur-Cèze-1956 et Legrand-Rennes-1959 présentent des compositions dont l'orthogonalité est majoritaire, mais complexifient le schéma avec des immeubles qui s'en extraient pour mieux s'adapter à des situations spécifiques. Ces ensembles sont peut-être parmi les plus riches en

terme d'implantation urbaine.

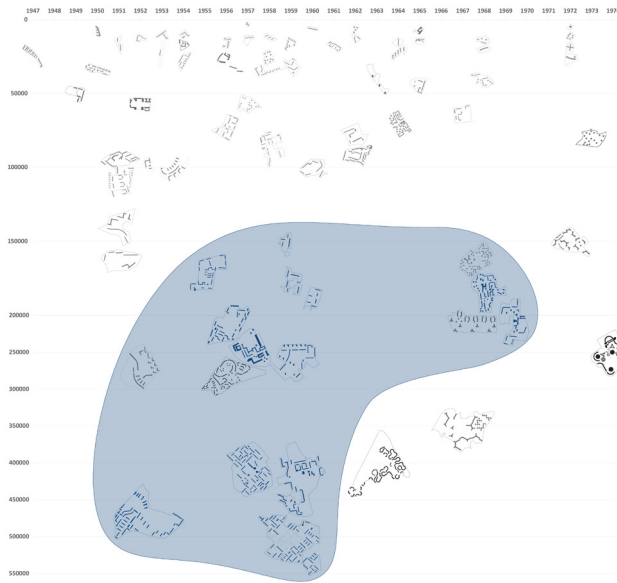


Figure 119 : Cartographie des références du corpus des 78. Détail de la récurrence Grand Ordre Orthogonal.

- Grand Ordre Topographique

Le cas caractéristique ordre topographique (1952-1953) est représenté par deux exemples où la topographie est l'élément générateur de la figure d'ensemble : Chappis-chambéry-1952 et Hur-Saint-Etienne-1953. Dans les deux cas, le centre de la composition est occupée par des immeubles courbes tracés selon les courbes de niveau, constituant un axe principal de desserte. Les autres immeubles secondaires sont placés de part et d'autre, perpendiculairement aux barres principales. Il en résulte une multiplicité d'orientations, l'exposition solaire n'étant pas centrale dans ce cas. Le projet qui se rapprocherait le plus de ce cas, sans en faire partie, est Dubuisson-Saint-Germain-en-Laye-1951, avec une longue barre courbe qui s'adosse à la pente. La distinction des deux parties de l'opération (l'une par Dumail, l'autre par Dubuisson) ne permet pas d'être explicitement inséré dans un ordre de composition générale.

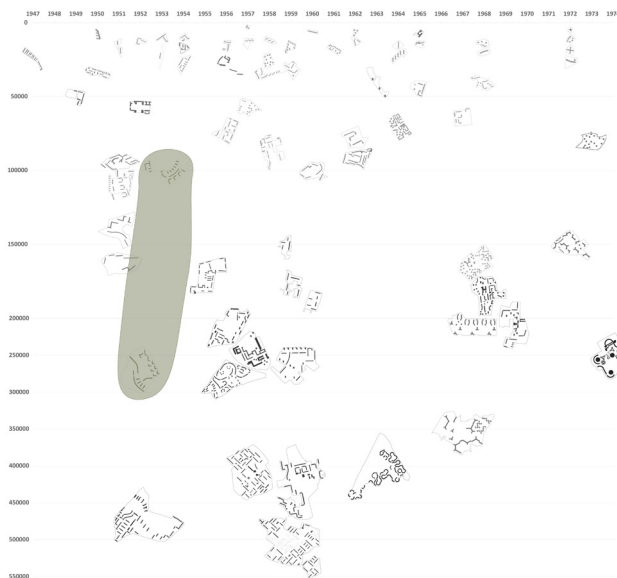


Figure 1.20 : Cartographie des références du corpus des 78. Détail de la récurrence Grand Ordre topographique.

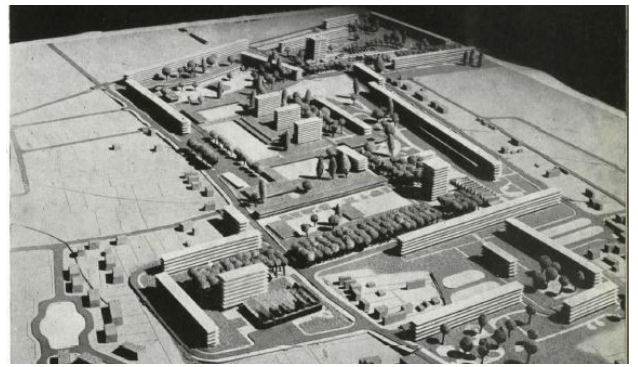
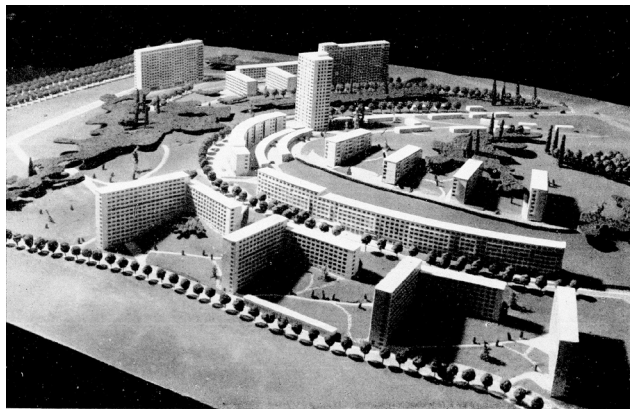
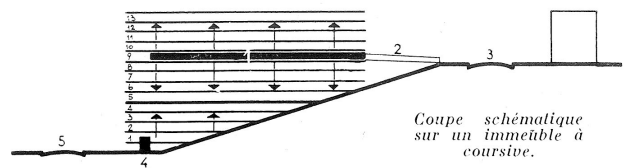


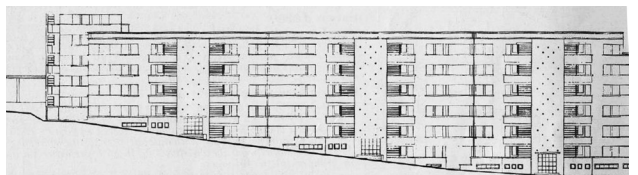
Photo de la maquette Badani&Roux-Dorlut-Villier le Bel-1955 AA, 1957, n74, p.23



Photo de l'opération Coulon-Mourenx-1957 AA, 1960, n87, p.36-38



Croquis et maquette de l'opération Hur-Saint-Etienne-1953 AF, 1953, n135-136, p.20



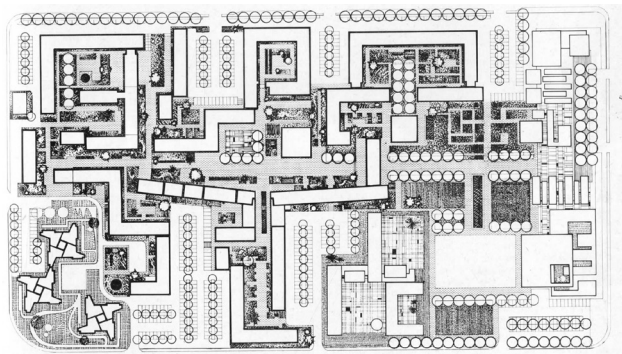
Elevation et photo de l'opération Chappis-Chambéry-1952 U, 1960, n68, p.60



Opération Cadillis-Josic-Woods-Bagnols-sur-Cèze-1956
TA, 1959, n6, p.89



Photo de l'opération Legrand-Rennes-1959
AA, 1962, n104, p.26-27



Plan masse de l'opération Badani&Roux-Dorlut-Nice-1964
AF, 1964, n265-266, p.71



Photo de l'opération Ginsberg-Marly-le-roi-1972
AF, 1972, n363-364, p.51



Photo de maquette Candillis-Josic-Woods-Toulouse-1967
TA, 1963, n1, p.76-81

- Combinatoire (1964-1969)

Le cas Combinatoire se situe en marge des grands ordres composés très hiérarchisés et des opérations statistiques homogènes. Une petite nombre d'opérations de taille moyenne propose la juxtaposition de formes variées sans qu'une articulation globale ne soit nettement perceptible : Badani&Roux-Dorlut-Nice-1964 Croizée-Le-Mee-sur-Seine-1968, Bauer-Epinay-Sur-Seine-1969 sont les 3 exemples présents dans la sélection 78. Carlu-Bordeaux-1951 pourrait être assimilé à cette récurrence mais il s'agit de deux phases différentes sur un même site, ce qui explique les différentes formes typologiques.

La cartographie ne semble pas pertinente pour aider à définir les caractéristiques de cette récurrence.

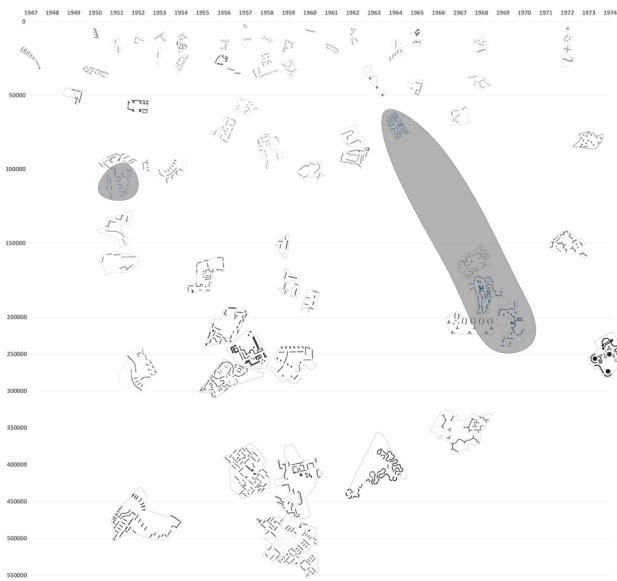


Figure 1.21 : Cartographie des références du corpus des 78.
Détail de la récurrence Combinatoire.

- Ordre 60°

Le cas caractéristique 60°C (1967-1972) voit émerger des barres articulées avec des angles à 60°C, à la suite du projet de Candillis-Josic-Woods à Toulouse. La sélection en présente deux cas, Candillis-Josic-Woods-toulouse-1967 et Ginsberg-Marly-le-Roi-1972. Le dispositif permet une répartition homogène des immeubles dans la parcelle en multipliant les orientations et les situations. Il n'y a pas la répétition d'un même immeuble mais d'un même principe d'immeuble avec des branches plus ou moins longues partant des noyaux de distribution. Sur le même principe que les barres à 60°C, les tours sont organisées avec un tripode de 60°C. Ce modèle, utilisé par Aillaud à Pantin dès 1956 est présent dans le projet de Lods-Meaux-1968.

La cartographie montre que cette recherche de nouvelle forme urbaine et de bâtiment prend place vers la fin de notre période d'étude et sur des surfaces foncières relativement importantes, ces opérations se focalisant sur un plan masse. Comme la récurrence suivante, le maître d'œuvre recherche de nouveaux principes de composition urbaine.

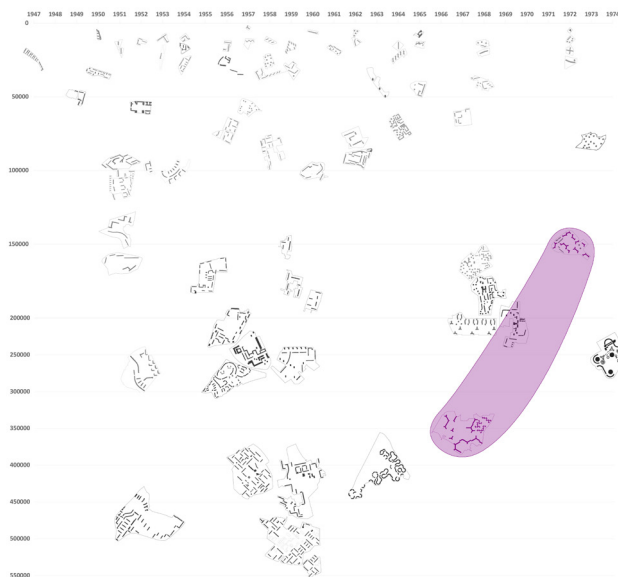
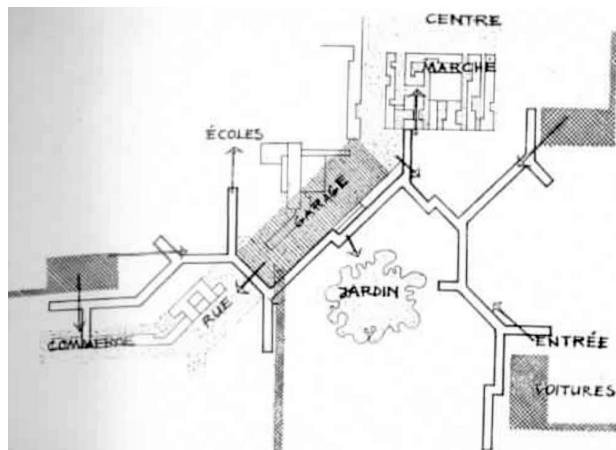
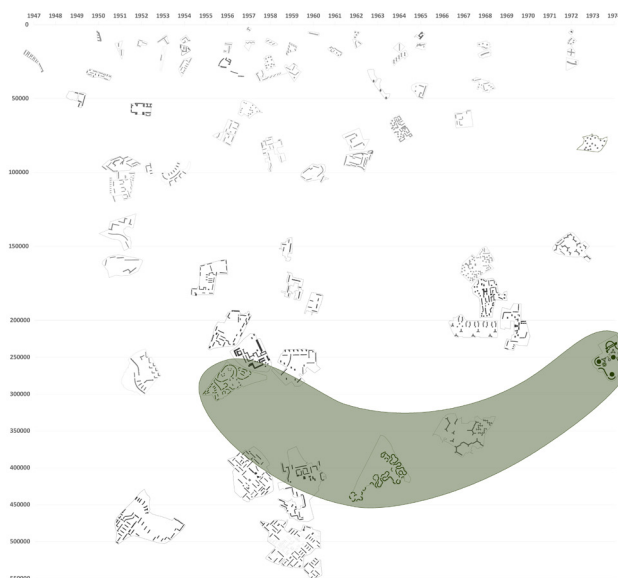


Figure 1.22 : Cartographie des références du corpus des 78. Détail de la récurrence Ordre 60.

- Grand Ordre Organique (1956-1974)

Le cas caractéristique grand ordre organique est concentré en la personne de l'architecte Aillaud. Même si dans le discours des concepteurs, cette forme se veut un contre-exemple du grand ordre orthogonal, il s'agit aussi d'une composition d'ensemble composée d'immeubles variés selon une hiérarchie explicite. Dans ce cas, les barres courbes serpentent et constituent le tissu courant de l'opération. Les tours viennent ponctuellement scander l'espace. La part paysagère est revendiquée de manière explicite et participe de la composition, ce qui n'est pas toujours très évident dans l'ordre orthogonal. Grandval-Créteil-1974 est le 3^{ème} exemple de cette récurrence, à laquelle peut aussi se rattacher l'opération Aillaud-Nanterre-1973, exclusivement constituée de tours mais avec un parking semi-enterré serpentant au milieu de la composition. Ces opérations comportent entre 1300 et 3700 logements. On peut observer que plusieurs autres projets de type « ordre » possèdent des immeubles courbes (Dubuisson-Saint-Germain-en-Laye-1951, Grand Parc, les ordres topographiques, etc.), sans que cet élément ne constitue une règle générale de composition.



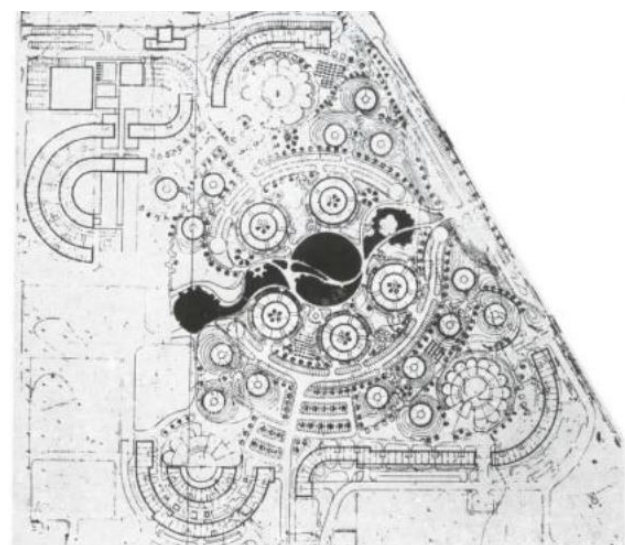
Croquis répartition de Candilis-Josic-Woods-Toulouse-1967 TA, 1963, n1, p.76-81



Photo de l'opération Aillaud-Grigny-1963 AF, 1961, n206, p.63



Photo de l'opération Aillaud-Forbach-1956 AF, 1965, n271-272, p.94



Plan masse de Grandval-Créteil-1974 AA, 1969, n142, p.34

Figure 1.23 : Cartographie des références du corpus des 78. Détail de la récurrence Grand Ordre Organique.

COMPARAISON DES RÉCURRENCES

Une fois les familles de récurrences établies, il faut comprendre si elles comportent une réalité statistique justifiant leur groupement. Une lecture formelle de 5 statistiques principales de chaque

récurrence est réalisée. Les diagrammes s'appuyant sur la valeur minimale, la valeur maximale et la moyenne de chaque récurrence, mises côte à côte de manière comparative. Ceux-ci doivent permettre de dégager les données pertinentes ou non définissant chaque groupe et de les comparer.

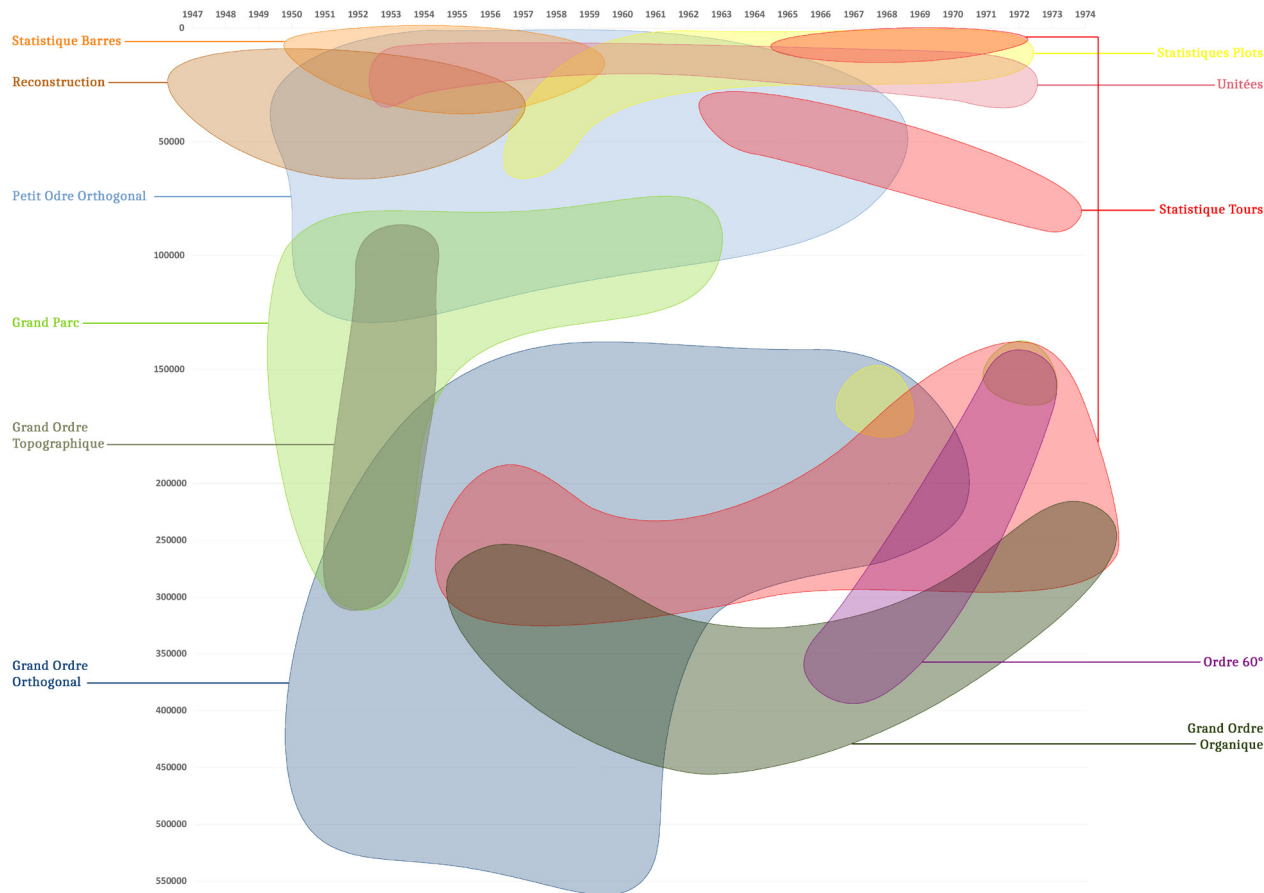


Figure 1.24 : Cartographie de l'emprise des références du corpus des 78 références.

1. Chronologie des récurrences

Si la récurrence «Reconstruction» est définie en fonction de sa période, les autres récurrences montrent s'installent chronologiquement selon plusieurs schémas. Les récurrences Unité et Petit Ordre orthogonal sont présents tout au long de la période étudiée, avec une diffusion continue du

modèle. Les récurrences statistiques émergent par la forme «barre» qui est une application stricte des principes d'orientation solaire. Les plots, puis les tours émergent successivement, ces récurrences relèvent d'une recherche d'homogénéité des apports de lumière. La récurrence Grand Parc, elle, est circonscrite à la décennie 1950, avec l'ambition d'articuler vues et orientations solaires. Les récurrences «Grands Ordre»

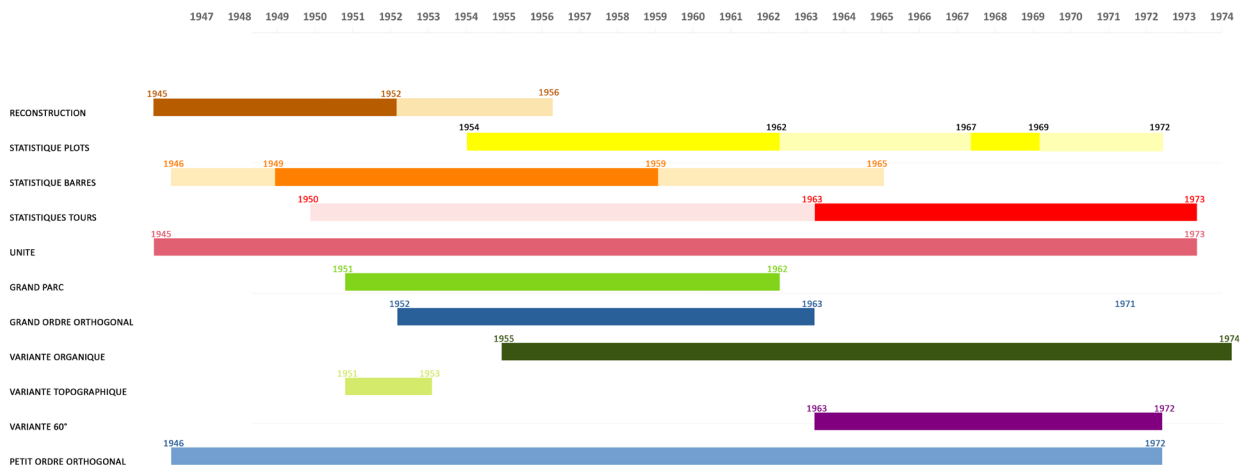


Figure 1.24b : Chronologie des récurrences

et ses variations émergent au milieu des années 1950, au lancement des premières grandes opérations par le MRU. La variation topographique, proche dans ses attendus du «Grand Parc», est très circonscrite dans le temps. La variation «organique», vision critique de l'orthogonalité et de la monotonie qu'elle est censée produire, se déploie très rapidement et se prolonge jusqu'à la fin de la période, mais en nombre limité. La variante 60°, qui représente la logique statistique poussée à l'extrême se développe plus tardivement pendant la décennie 1960.

2. Surface foncière des récurrences

Le diagramme montre clairement 2 grandes catégories en terme de tailles d'opération. Les récurrences Reconstruction, Petit ordre, Barres, Unité, Plots ont des moyennes de surfaces foncières comprises entre 1 et 5 ha, avec des variations assez réduites (la valeur maximale des plots serait de 5,7 ha sans l'exception Tournier-Fontainebleau-1968). Les récurrences Grand Ordre (et variations) et Grand Parc ont des moyennes plus élevées entre 15 et 30 ha, avec des variations importantes pour chaque récurrence. Le cas particulier des Tours serait à réétudier compte-tenu de la variation des exemples étudiés.

3. Nombre de logements des récurrences

Plus le m² foncier d'une opération est grand, plus son nombre de logements est important, cette affirmation se vérifiant par la concordance des deux diagrammes correspondants. La récurrence «Grand Parc» constitue une exception ayant un plus faible un nombre de logements par rapport à son terrain, suivant une idée de conservation maximale de l'espace naturel du terrain d'implantation. Au contraire, la récurrence «Grand Ordre Organique» affiche un nombre plus important de logements avec une accumulation d'un même type bâti sur le terrain.

4. Densité bâtie des récurrences

La corrélation des m² fonciers avec l'emprise bâtie des opérations nous permet de calculer un intervalle de densité bâtie pour chaque récurrence. On peut remarquer globalement des densités moyennes assez homogènes entre les récurrences, et très faibles d'un point de vue urbain (entre 0,5 et 1,5). Outre la récurrence «Statistique Tour» non pertinente, les «Unités» ont la moyenne la plus élevée avec 1,53. Les récurrences définies par leur terrain comme «Grand Parc» et «Ordre Topographique» sont les densités les plus faibles et les plus concentrées dont pertinentes («Ordre 60°» ayant trop peu de d'opérations pour être relevant).

5. Densité résidentielle des récurrences

La corrélation des m² fonciers avec la taille des opérations nous permet de calculer un intervalle de densité résidentielle pour chaque récurrence. De nouveau, 2 fourchettes de résultats se distinguent

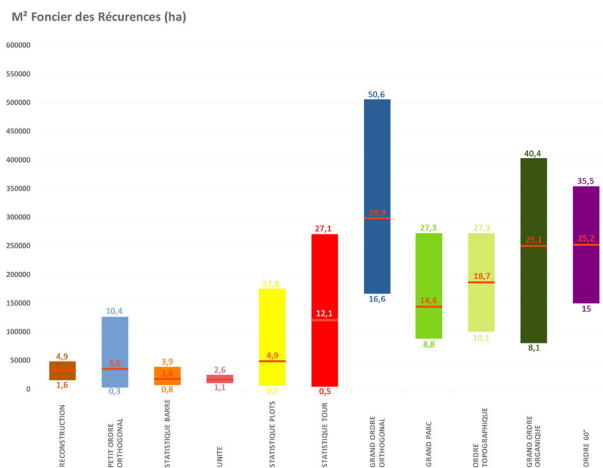


Figure 1.25: Diagramme des m² foncier par récurrence

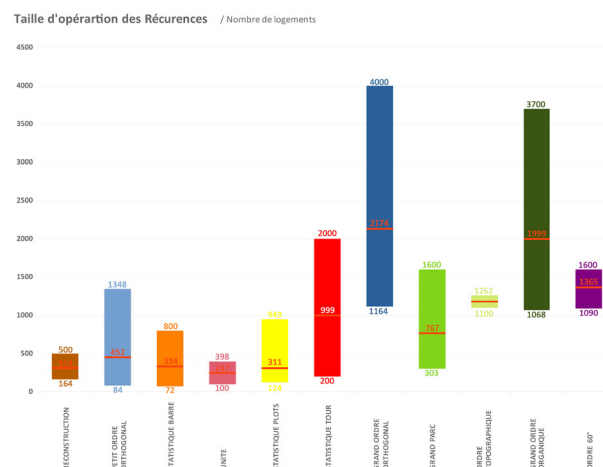


Figure 1.28: Diagramme du nombre de logements par récurrence

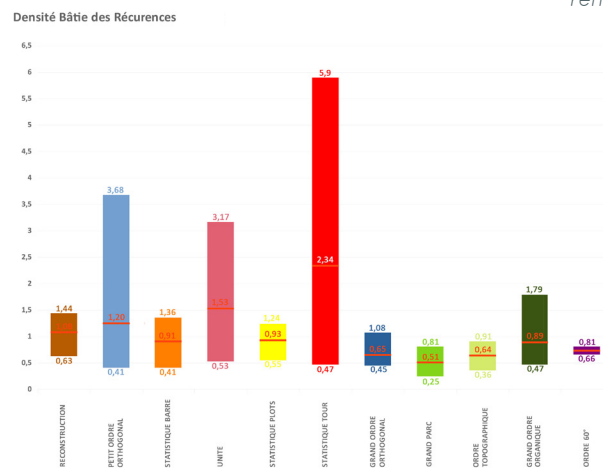


Figure 1.27 : Diagramme des densités bâties par récurrence

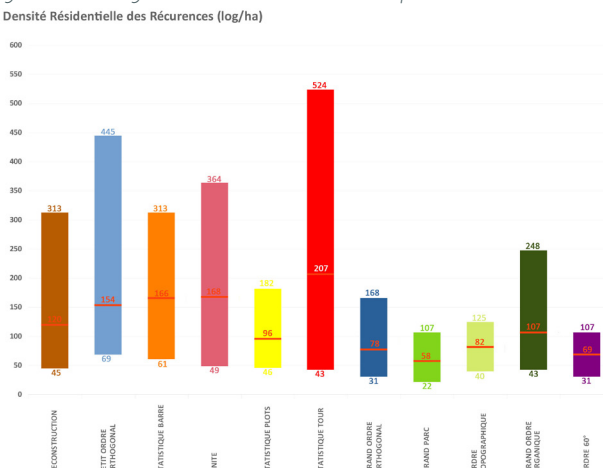


Figure 1.29 : Diagramme des densités résidentielles par récurrence

en fonction de la taille du terrain. Les récurrences de moins de 5 hectares avec un intervalle large et une moyenne haute (hors «Statistique Tour»). Les récurrences de plus de 5 hectares avec une moyenne de 70 log/ha.

6. Emprise bâtie des récurrences

Il se distingue 2 fourchettes de pourcentage d'occupation du terrain, en lien avec la taille du foncier. Les opérations ayant moins de 10 hectares ont une emprise bâtie entre 9 et 27% pour une moyenne de 16%, et celle de plus de 10 hectares ont une emprise bâtie plus réduite et pertinente, comprise entre 6 et 18% pour une moyenne de 10%.

La récurrence Tour (rouge), qui regroupe trois situations d'implantations différentes pour une même forme, ne semble pas pertinente pour cette statistique.

7. Représentativité des récurrences

Les tailles des opérations étant très variées, il faut mesurer l'importance relative des récurrences dans

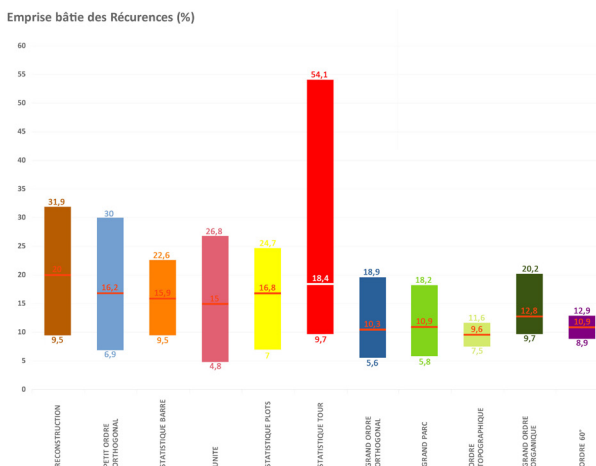
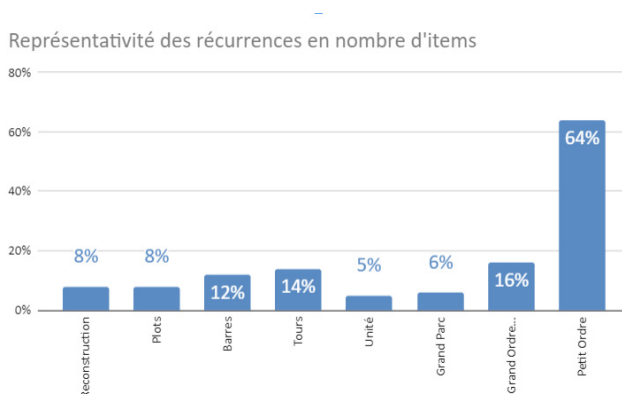
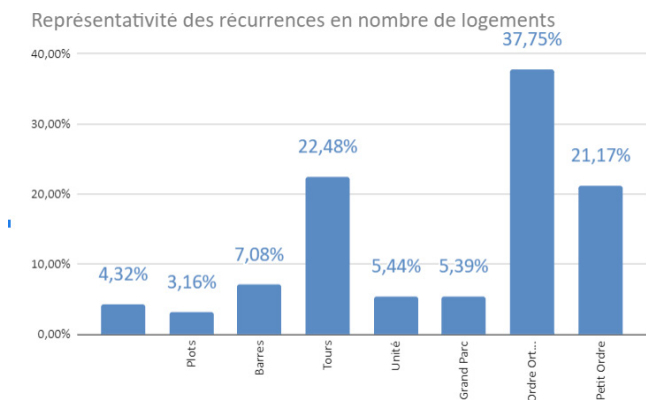


Figure 1.26 : Diagramme des emprises bâties par récurrence

le corpus. Ainsi, si le Petit Ordre représente 64% des items du corpus, il ne représente que 21% des logements. A l'inverse, le Grand ordre représente 16% des items et 38% des logements. Les totaux sont supérieurs à 100% car une opération peut appartenir à plusieurs récurrences.



5. POTENTIELS DE PROJET ET DE DÉVELOPPEMENT DE RECHERCHES

L'un des objectifs de la recherche était en partie de faire émerger des situations de projets récurrentes, permettant de mieux caractériser les situations dans la période de 1944 à 1975. L'utilisation d'un corpus large a permis de réaliser cette identification de manière chronologique, établissant des points caractéristiques propre à chaque récurrence. Les stratégies d'intervention peuvent dès lors être énoncées selon les caractéristiques de chaque récurrences, tant en termes urbain, paysager, architectural ou constructif.

Le premier résultat de cette recherche est d'ordre strictement méthodologique : le curseur entre élargissement du corpus et précision des données doit être fixé en amont pour être efficient. Pour effectuer une analyse complète des dispositifs techniques et architecturaux (isolation, chauffage, matériaux, surfaces, distribution, etc.), il faut a minima travailler sur un fond documentaire à la fois homogène et précis. Cela pourrait être par exemple un fonds d'archives d'un architecte, d'un maître d'ouvrage, ou de permis de construire. De l'autre côté, pour effectuer une analyse à l'échelle nationale,

il faut réduire le champ des rubriques à des données cartographiques disponibles en ligne, à partir des données vectorielles des édifices ciblés : orientation et longueur de la façade, géolocalisation (et situation climatique corollaire), densités et organisation des plans masse.

C'est la base de données elle-même qui au départ n'était qu'un outil de travail et qui a suscité d'emblée un intérêt en tant que telle. Elle ne comporte que 300 opérations sélectionnées et géolocalisées, et on peut comprendre l'intérêt que peut avoir un tel outil mis à disposition des bailleurs, des propriétaires, des architectes ou des écoles d'architecture. Évidemment ce n'est pas le cadre de ce projet de recherche que de constituer et de mettre à jour une base de données, mais on peut formuler un vœu pieux. Le Ministère de la Culture dispose des bases de données Archipédie (monographie d'architecte avec géolocalisation des projets), les revues numérisées de la Cité de l'architecture, les fonds d'archives inventoriés de l'IFA, les inventaires des ensembles de logements. On pourrait donc espérer pouvoir connecter ces données et les intégrer à une cartographie en ligne.

DISTRIBUTION DES LOGEMENTS ET ORGANISATION DE LA TRAME STRUCTURELLE

Shahram ABADIE

1. OBJET DE L'ÉTUDE ET HYPOTHÈSES

L'objectif de cette étude est de repérer les récurrences dans les plans de logements collectifs réalisés entre 1945 et 1975, à partir des critères en lien avec l'apport de l'air et de la lumière au sein de l'habitat. Il s'agit dans un second temps d'examiner les corrélations entre les dispositions récurrentes et

les systèmes constructifs adoptés. Pour ce faire, sont analysées 80 opérations tirées de la base de données du projet Smart French, dont le plan d'étage courant d'au moins un des bâtiments est disponible, ayant été publié dans les revues d'architecture de l'époque.

2. ÉTAT DE L'ART

La littérature existante sur l'architecture du logement collectif (DUMONT, 1991 ; MOLEY, 1998) a montré la récurrence pendant la première moitié du XXe siècle, d'une distribution typique en 3 pièces traversant, caractérisée par la disposition du salon et de la salle à manger – ou parfois d'une seconde chambre – côté rue, l'installation de la cuisine, des sanitaires et de la salle de bain, sous la forme d'un « bloc-eau », sur la façade arrière, donnant sur cour. Structurellement, ce plan est souvent composé de façades porteuses et d'un refend parallèle jouant le rôle de support intermédiaire. L'origine de ce type de plan peut être recherchée, en réalité, au moins jusque dans le dernier tiers du XIXe siècle, et dans la construction des logements collectifs ouvriers, davantage outre-Rhin et outre-Manche qu'en France. En effet, les projets lauréats des premiers concours de logements ouvriers en Grande Bretagne, comme celui de l'architecte H. Macaulay pour l'Improved Industrial Dwellings Company à Londres en 1874, et les exemples de ce type d'habitat publiés dans les manuels d'architecture allemands, à l'instar de l'ensemble de logements construit par l'architecte von Morlok pour la Compagnie wurtembergeoise de transport à Stuttgart entre 1869 et 1871, proposent d'ores et déjà cette même disposition (STÜBBEN, 1907 ; WEISSBACH, 1902 ; KLASSEN, 1884). En France des exemples remarquables de ce plan sont relevés au tournant du siècle avec, entre autres, l'immeuble 201 avenue de Versailles à Paris réalisé par l'architecte Charles Dupuy, lauréat du concours de logement ouvrier de 1900 et le groupe 5 rue Jeanne d'Arc de la Société civile des Maisons ouvrières, construit par l'architecte G. Guyon en 1899 (DUMONT, 1991, p. 44 ; ELEG & DEBARRE, 1995, p. 149).

Cette distribution résulte en fait de la situation de mitoyenneté dans le tissu urbain, induisant la double exposition des immeubles avec une façade principale côté rue et une façade secondaire sur cour. Répond à cette hiérarchie des façades celle des pièces héritée des modes de vie de la bourgeoisie : les pièces de réception sur rue et celles de service sur cour. De même la volonté moralisatrice de réduire au minimum les contacts entre

différentes familles, ajoutée à l'exigence de l'éclairage et la ventilation directe de la cage d'escalier, généralise les immeubles à deux appartements par palier. Ce plan, résultat logique, presque inéluctable, d'un ensemble de normes et de règles, a aussi le double avantage d'être traversant répondant aux préoccupations hygiénistes et de satisfaire à l'obligation d'éclairer et d'aérer directement sur extérieur toutes les pièces habitables, et même les espaces de service, distribués de part et d'autre d'un couloir central.

Les opérations de l'après Seconde Guerre s'étalent sur des terrains plus ou moins vastes résultant de remembrements ou de choix de site en périphérie des secteurs urbanisés, quelquefois au sein de grands parcs et propriétés. Elles dépassent donc l'échelle de la parcelle traditionnelle – pour répondre à l'épineuse crise du logement – et sortent du paradigme de l'alignement-mitoyenneté, sous l'influence des principes de la Charte d'Athènes, ouvrant potentiellement la voie à d'autres types de bâti que l'immeuble traditionnel à double exposition. Des immeubles « épais » sont alors rendus possibles notamment grâce à l'acceptation réglementaire de ventilation par gaines shuntées puis VMC, dans un souci économique de réduction de la longueur des façades. On assiste à la variation des plans d'appartement réalisés par des systèmes constructifs divers, parmi lesquels la construction en béton armé sous la forme de refends transversaux et le schéma de séparation des pièces de jour et de nuit occupe une place prépondérante à partir des années 1960, aussi bien dans le discours de maîtres d'œuvre et d'ouvrage que dans la pratique (MOLEY, 1998, p. 273-274).

3. MÉTHODOLOGIE

La méthode d'analyse est basée sur le constat simple que la forme de l'immeuble conjugué avec le nombre de logements par palier commande les expositions possibles pour chaque appartement, et que l'obligation de jour pour toute pièce habitable, conduit à une certaine distribution des pièces. Dans cette optique, trois catégories de construction se distinguent : le bâti centré ou isolé, qui agglomère autour d'une colonne de circulation verticale – souvent centrale – plusieurs appartements et, à la différence de l'immeuble traditionnel, dispose de quatre faces libres. Les tours et les plots dont partie de cette famille. La deuxième catégorie représente une construction oblongue qui comporte plusieurs cages d'escalier, chacune regroupant deux ou plusieurs logements par niveau. Ce type de bâti qui évoque une juxtaposition d'immeubles traditionnels, peut être qualifié de « barre modulaire ». La troisième catégorie constitue une « barre » continue disposée à « l'unité d'habitation » qui se caractérise par une circulation horizontale longeant le bâti – rue intérieure ou coursive – pour desservir nombreux logements à chaque niveau, souvent configurés en duplexe pour comprendre un niveau traversant.

Ces trois catégories renferment cependant une grande variété de dispositions en ce qui concerne le nombre de logements par palier, et conséquemment la distribution d'appartement, cette dernière étant en quelque sorte fonction du premier car dépendant du nombre de façades libres permettant différentes manières de disposer les pièces habitables qui doivent obligatoirement donner sur l'extérieur. Afin de repérer les grandes familles de plans, ces derniers sont étudiés à partir de trois catégories de critères en lien avec la circulation de l'air et de la lumière au sein du logement : d'abord, l'exposition du logement (appartement mono-orienté, à double exposition, exposé en angle ou bien à triple exposition) ; la distribution des pièces humides (salle d'eau réunie avec cuisine ou séparée) ; et la disposition des pièces de vie (séjour traversant, chambres desservies par le séjour ou séparation physique des espaces de nuit et de jour). Cette analyse de distribution est ensuite croisée avec celle du système structurel dont les plus récurrents sont façades porteuses et refend parallèle, refends porteurs transversaux, ossature en poteaux – poutres ou dalles.

4. CONNAISSANCES NOUVELLES ACQUISES

Bien que l'on puisse citer des exemples de toute la gamme possible de deux à huit logements par niveau, dans un échantillon de 240 opérations publiées dans les revues d'architecture entre 1945 et 1973, 110 comportent au moins un bâtiment à deux appartements par niveau, 57 un bâtiment à quatre appartements par niveau et 24 un bâtiment à trois appartements par niveau. Autrement dit, ces trois types de disposition regroupent à eux seuls quatre cinquième de ce corpus. L'examen de la répartition chronologique de ces différents types de disposition révèle, par ailleurs, la diminution progressive de du type classique à deux appartements par étage au profit surtout de celui à quatre logements par niveau. Ce dernier est ainsi observé dans la moitié des réalisations des années 1970-1973 du corpus. Sans vouloir les généraliser, ni prétendre leur représentativité, on peut mettre ces statistiques en parallèle avec l'évolution et la récurrence des différents types de bâti. En effet, la disposition classique à double – mais également triple – appartement par étage est largement adoptée dans les barres modulaires et les immeubles contigus de la « Reconstruction », alors que la solution à quatre logements par palier est exploitée surtout dans le bâti isolé, ou les « Plots » composant un ensemble, plus rarement choisie comme le module des barres dans les « Ordres », tel qu'au bâtiment N de la cité de la Bénauge à Bordeaux, réalisée par l'architecte Jacques Carlu entre 1951 et 1954 (Carlu-Bordeaux-1951). Les dispositions plus denses, de cinq à huit appartements par palier, sont principalement observées dans les bâtiments isolés de grande hauteur, autrement dit les tours comme celles réalisées par Roger Anger et Pierre Puccinelli à Paris avenue de Flandre et à Grenoble au sein

des résidences de l'Île verte, respectivement en 1965 et 1963 (Anger&Puccinelli-Paris-1965 et Anger&Puccinelli-Grenoble-1963).

De même que chacune de ces différentes dispositions est le plus souvent observée dans un type de bâti, de même, articulées avec les types de logement souhaités – quant au nombre de pièces – chacune implique une certaine distribution en fonction de l'exposition des appartements. On peut distinguer à cet égard quatre familles de plan de logement : mono-orienté (toutes les pièces donnent sur la même façade) ; à double exposition (plus couramment appelé traversant) ; exposé en angle (ou sur deux façades perpendiculaires) et à triple exposition (profitant d'ouverture sur trois façades).

LES APPARTEMENTS À DOUBLE EXPOSITION

Les plans à double exposition sont généralement caractéristiques des bâtiments à deux appartements par palier ; les deux logements étant souvent, mais pas toujours symétriques, allant de 2 à 5 pièces. La distribution la plus courante dans cette famille de plan est celle, « classique », qui se caractérise par le regroupement des pièces humides, la cuisine, la salle de bain et les WC dans un bloc-eau situé du côté de l'entrée et séparé d'une pièce habitable (souvent le salon ou la salle à manger) par un couloir qui dessert une ou deux chambres alignées au fond de l'appartement. Ce schéma se décline néanmoins en de nombreuses variantes : d'une part, comme la hiérarchie des façades n'est plus guère aussi marquante que dans les immeubles de rapport traditionnels, le bloc eau peut se trouver aussi bien sur

l'une que l'autre façade, contigu à la cage d'escalier ou du côté opposé, comme à la Cité Saint Rémy de Saint Denis réalisée par l'architecte Fernand Ottin en 1957 (Ottin-St Denis-1957). Dans certains exemples (Bat. B de la cité Maurice Thorez à Ivry-sur-Seine de Henri et Robert Chevalier en 1953 : Chevalier-Ivry-sur-Seine-1953, Bat. E de la Cité Wiesberg de Forbach par Emil Aillaud en 1956 : Aillaud-Forbach-1956), le bloc eau est relégué au fond de l'appartement faisant face à la chambre des parents et au salon, pour permettre d'installer une ou deux chambres d'enfants du côté de l'entrée. Une variante intéressante mais peu récurrente de ce plan se caractérise par un séjour traversant résultant soit de l'installation des chambres côté entrée, comme dessiné par Laurent Chappis pour le Bat. A de la Cité Biollay de Chambéry (Chappis-Chambéry-1952), soit de la création d'une salle commune par l'ouverture de la cuisine sur le salon telle que proposée par Eugène Beaudouin dans le Bat. Q des Bas Coudrais à Sceaux (Beaudouin-Sceaux-1962). Dans quelques exemples, enfin, une séparation des espaces de jour et de nuit (ou des espaces privés et communs plus exactement) est observée, à travers un couloir distribuant les chambres, commandé par une porte ; c'est le cas dans les appartements du Bat. D de la cité de la Bénauge à Bordeaux (Carlu-Bordeaux-1951) et ceux du Bat. A de l'ensemble aux Mureaux réalisé par Gustave Stoskopf (Stoskopf-Mureaux-1958).

Dans les logements à double exposition, le bloc-eau n'est pas pour autant une constante, loin de là, dans nombre de réalisations les architectes les plus prolifiques de la fin des années 1940 et du début des années 1950 écartent cette règle en séparant la salle d'eau de la cuisine, au profit du confort et de la fonctionnalité, « pour ne pas contraindre la distribution générale du plan » (ABRAM, 2006, p. 51) voire pour un rapprochement avec le modèle d'habitat bourgeois tel qu'étudié par Michel Roux-Spitz (MOLEY, 1998, p. 117-119, 158). Ce dernier adopte en effet cette solution dans la Cité des Hauts Pavés de Nantes (Roux-Spitz-Nantes-1947), mais c'est aussi le cas de l'Atelier Perret dans l'ensemble de la Porte Océane Nord au Havre (Atelier Perret-Le Havre-1952), d'Eugène Beaudouin à la Cité Rotterdam de Strasbourg (Beaudouin-Strasbourg-1951), de Jean Dubuisson au SHAPE Village (Dubuisson-Saint-Germain-en-Laye-1951) et de Jean Bourdillat à la Résidence de Champs de Mars de Vienne (Bourdillat-Vienne-1949). Dans ce type de distribution la salle d'eau est couplée avec les chambres, ouvrant parfois directement sur la chambre parentale ou bien sur un couloir desservant les chambres. Dans ce dernier cas, elle est souvent privée de jour et d'air direct, nécessitant le recours à la VMC. Cette distribution – double exposition avec salle d'eau et cuisine séparées – a été adaptée à différents systèmes structurels : ossature en béton armé par l'Atelier Perret au Havre, façades et mur parallèle porteurs par Beaudouin à Strasbourg et Roux-Spitz à Nantes, et les refends transversaux porteurs par Dubuisson à Saint-Germain-en-Laye et Bourdillat à Vienne. Cette dernière solution réalisée grâce au procédé de coffrage tunnel dont l'invention est attribuée à Jean Dubuisson dans l'opération de SHAPE village (PERRIS, 2000 ; ABRAM, 1999, p. 102-103) représente un certain avantage à la fois par la rapidité de construction

et la libération de la façade permettant une nouvelle recherche esthétique, mais aussi une large ouverture des façades au profit de l'apport de l'air et de la lumière ; un potentiel hygiéniste du système des murs porteurs perpendiculaires à la façade qu'avait souligné Augustin Rey un demi-siècle auparavant (MOLEY, 1998, p. 85). Ce procédé constructif induit par ailleurs une travée du plan qui se traduit soit par la « grande trame » d'environ 6 mètres soit par la « petite trame » de moins de 3 mètres (LAMBERT & NÈGRE, 2009, p. 52-53). La première offre une plus grande liberté de cloisonnement ; la seconde est un peu plus contraignante, limitant la largeur des pièces à 3 mètres.

LES APPARTEMENTS D'ANGLE

Si les logements à double exposition sont généralement de forme rectangulaire composée de deux travées longitudinales ou de plusieurs travées transversales, les appartements d'angle (ou exposés en équerre) se caractérisent souvent par une distribution en L, avec l'entrée située au croisement des deux ailes. La présence ou l'absence d'un bloc-eau permet, ici aussi, de distinguer deux types de distribution. Lorsque les pièces humides sont regroupées, elles se trouvent du côté de l'entrée sur la petite aile du plan, la plus grande aile accueillant alors les deux à quatre pièces d'habitation, le salon plus près de l'entrée et les chambres plus éloignées. On relève cette distribution dans la tour de la ZUP d'Allonnes dessinée par Jean Le Couteur (Le Couteur-Allonnes-1959), dans la tour de la cité Maurepas à Rennes de Jean-Michel Legrand (Legrand-Rennes-1959) ou encore dans la tour de l'ensemble des Mureaux (Stoskopf-Les Mureaux-1958). Dans l'autre variante des logements exposés en angle, la salle de bain est associée aux chambres et se trouve séparée de la cuisine et des WC, soit par l'entrée soit par le salon. Cette dernière configuration offre alors une séparation des espaces privés et communs (jour/nuit) telle qu'observée dans le bâtiment B du quartier des Quatrans de Caen dessiné par Henry Charles Delacroix (Delacroix-Caen-1954). D'autres exemples de cette distribution, proposés par Guy Lagneau dans l'ensemble des Buffets à Fontenay-aux-Roses (Lagneau-Fontenay-aux-Roses-1958) et par Paul Herbé à la résidence de Louveciennes (Herbé-Louveciennes-1957) marquent une double séparation d'un côté, par un espace de circulation ou couloir, entre la bande – le noyau – des pièces humides et la couronne des pièces d'habitation, d'un autre côté, par l'espace de l'entrée, entre la Cuisine et WC avec la salle de bain. Pour la réalisation de ces plans en L, deux partis structurels sont adoptés : soit une ossature en béton armé (poteaux poutres/poutrelles et hourdis, poteaux dalles), soit des refends porteurs orthogonaux. Cette dernière solution surtout utilisée dans la construction des tours se compose d'une trame principale transversale à laquelle se superpose celle longitudinale de la cage d'escalier et de la circulation verticale.

LES APPARTEMENTS MONO-ORIENTÉS

Les appartements mono-orientés sont généralement le résultat de l'aménagement de plus de

deux (souvent trois et quatre, mais parfois aussi cinq, six voire même huit) logements par niveau. Il s'agit presque toujours de studios ou de 2 pièces. Sans doute l'allongement de l'espace de circulation est-il dissuasif, en raison de la perte de surface, pour ajouter des pièces supplémentaires. En effet, le cas exceptionnel de l'agencement de 3 pièces et de 5 pièces contigus mono-orientés, proposé par Jacques Carlu dans la cité de la Bénauge à Bordeaux, souffre d'un plan très étiré marqué d'un long couloir de desserte (Carlu-Bordeaux-1951). Dans les studios, le plus souvent, la salle d'eau est installée dans l'entrée, la cuisine alignée et communicant avec la pièce de vie. C'est la solution que l'on retrouve dans les ensembles d'Allonnes (Le Couteur-Allonnes-1959) et des Mureaux (Stoskopf-Les Mureaux-1958). Dans le quartier des Quatrans de Caen, les deux pièces de service ont été permutées, la cuisine est aménagée du côté de l'entrée et la salle d'eau au fond de l'appartement pour constituer un bloc-eau avec celles des trois autres logements contigus (Delacroix-Caen-1954). Une troisième solution, observée dans l'ensemble des Buffets à Fontenay-aux-Roses consiste à placer la cuisine et la salle d'eau de part et d'autre de l'entrée, formant ainsi une bande de service précédant la pièce de vie (Lagneau-Fontenay-aux-Roses-1958). Cette même distribution est adoptée dans plusieurs T2 (2 pièces), où une chambre s'ajoute à la suite du salon, commandée par ce dernier. C'est le cas à la Cité Maurepas de Rennes (Legrand-Rennes-1959), dans le groupe Beaulieu à Saint-Etienne (Hur-St Etienne-1953) ou encore dans l'ensemble des Escanaux réalisé par Candilis, Josic et Woods à Bagnols-sur-Cèze (Candilis-Josic-Woods-Bagnols-sur-Cèze-1956B). Les architectes Badani et Roux-Dorlut en proposent une variante en

associant la salle de bain à la chambre et en la séparant des WC et de la cuisine installés, eux, du côté de l'entrée (Badani&Roux-Dorlut-Villiers-le-Bel-1955). René-André Coulon et Jean Dubuisson adoptent, plus tard, la même solution, en supprimant toutefois les WC séparés, respectivement dans l'ensemble Coueyto à Mourenx (Coulon-Mourenx-1957) et celui d'Uckange (Dubuisson-Uckange-1963-1). Une disposition moins courante mais néanmoins intéressante, mise en œuvre notamment dans la Cité Maurice Thorez par les architectes Henri et Robert Chevalier, consiste à placer les services (cuisine et salle d'eau) comme un bloc-eau dans l'entrée qui distribue de part et d'autre la chambre et le séjour, marquant ainsi une nette séparation entre espace privé et celui de réception (Chevalier-Ivry-sur-Seine-1953). C'est cette même distribution qui est proposée dans les 3 et 5 pièces mono-orientés de la Cité Bénauge (Carlu-Bordeaux-1951).

5. POTENTIELS DE PROJET ET DE DÉVELOPPEMENT DE RECHERCHES

Cette étude bien que limitée à un corpus relativement restreint dont la représentativité reste à démontrer, a néanmoins permis de mettre en rapport les types de bâti les plus courants dans les réalisations de l'après-guerre avec quelques distributions récurrentes parmi les infinies solutions théoriquement possibles. Ainsi les appartements traversants (à double exposition) caractéristiques des immeubles à deux logements par palier, permettent une grande variété de distribution et de système constructif. Ils sont très courants jusqu'à la fin des années 1950. La décennie 1960 est en revanche marquée par la prolifération des appartements d'angle et mono-orientés, résultant de la disposition de plus de 2 (souvent quatre et trois) logements par niveau dans chaque bâtiment. Cela semble s'expliquer, comme déjà plus ou moins avancé dans d'autres recherches (MOLEY, 1998, p. 211, 228, 321), par un ensemble d'enjeux et de facteurs économiques, réglementaires et constructifs, notamment la volonté d'épaissir le bâti et réduire les circulations ; la possibilité à partir des années 1955 de placer les salles d'eau et les escaliers au centre du bâtiment en les aérant par des gaines de ventilation, et le développement du système structurel basé sur des refends transversaux rapidement réalisables grâce au procédé de coffrage tunnel. Or, le manque d'éléments plus précis notamment sur les procédés constructifs et

les systèmes structurels adoptés dans chaque bâtiment de chaque opération ne permet pas de vérifier et d'affiner cette hypothèse. En effet, les informations sur l'aspect constructif des ensembles se limitaient dans cette étude à des indications sommaires dans les articles de revue et des interprétations, certes précautionneuses mais néanmoins plus ou moins fiables, des plans d'architecture. L'approfondissement de cette question sur des exemples représentatifs à travers l'exploitation des archives et des plans d'exécution et les devis descriptifs, pourrait venir compléter les recherches et ouvrir la voie à la vérification voire l'affinage de l'hypothèse actuelle. Il faudrait aussi rappeler que cette étude ne visait pas une monographie exhaustive de chaque bâtiment, et encore moins de chaque opération, mais une étude sérielle pour révéler les potentialités distributives en lien avec l'apport de l'air et de la lumière, plus ou moins communes aux logements collectifs produits pendant la période dite des Trente Glorieuses. Dans cette perspective, une étude plus poussée sur les orientations des différentes pièces en lien avec la composition des plans masses pourrait également constituer une piste pour les recherches ultérieures.

DISCOURS JUSTIFICATIFS DES PLANS MASSE

Gauthier BOLLE

1. OBJET DE L'ÉTUDE ET HYPOTHÈSES

L'objectif de cette contribution est d'analyser les discours de justification publiés afin d'appréhender la morphologie bâtie et urbaine des opérations de logement, généralement résumée à travers l'élaboration d'un plan de masse. Dans un premier temps, cette analyse a pour but de comprendre quels sont les éléments essentiels pris en compte ou revendiqués de manière fréquente comme aspects constitutifs de ces plans de masse. Dans un second temps, l'objectif est de confronter l'analyse des discours à celle des formes elles-mêmes afin de dégager ou conforter des récurrences spécifiques ou bien certains aspects plus transversaux.

La première hypothèse est ici posée que certaines des récurrences formelles définies par notre équipe ont un ancrage conceptuel clairement identifié tandis que le recours à des champs argumentaires plus larges fondent une pluralité d'attitudes. Une seconde hypothèse – au regard de la nature même du corpus c'est-à-dire des textes généralement courts et non exhaustifs – est qu'une part importante de la justification des plans de masse n'est pas explicite ou systématiquement revendiquée, mais peut se lire implicitement, notamment à travers la dimension graphique des documents publiés à l'appui de ces discours.

2. ÉTAT DE L'ART

L'ANALYSE DES DISCOURS COMME LIEN ENTRE ACTEURS, FORMES ET CADRE DE PRODUCTION

L'étude des grands ensembles en France a été inaugurée dans les années 1980 par des travaux pionniers permettant d'embrasser cette production dans son ensemble (Vayssière, 1988). L'approche de Bruno Vayssière et d'autres chercheurs, dans son sillage (Monnier et Klein, 2002), ont permis de jeter les fondements de connaissance du contexte socio-économique et de cette production de masse spécifique au Trente Glorieuses. D'un côté, l'analyse des formes et des conditions – notamment à travers le rôle éminemment prescripteur joué par l'Etat – se prolonge jusqu'aujourd'hui à travers de nombreux travaux. Ces études approfondissent généralement la connaissance fine du cadre politique et technique encadrant cette production ; François Tomas met à jour le consensus politique et social qui se cristallise au fil des années 1950 et 1960 autour des grands ensembles (Tomas et al., 2003) ; Gwenaëlle Le Goullon livre une analyse du cadre réglementaire (Le Goullon, 2014) ; Paul Landauer restitue l'histoire d'un des grands commanditaires de la période, la SCIC (Landauer, 2010). L'analyse des formes bâties n'apparaît généralement qu'au second plan de ses approches à dimension historique. Parmi les rares tentatives d'étude intrinsèque des formes, l'architecte Jean-Patrick Fortin a proposé une lecture fine des caractéristiques formelles de certains grands ensembles, abondant ainsi le concept d'une architecture sans auteur, une architecture dite « statistique » comme l'avancé Vayssière. Il n'a livré malheureusement ni sa méthode ni le corpus exact sur lequel s'appuie son analyse (Fortin, 2001).

Il faut noter que les discours des concepteurs eux-mêmes sont relativement absents de ces différentes approches qui tentent soit de balayer un contexte général à partir de sources exogènes aux objets (fonds d'archives administratifs ou techniques) soit de fonder l'analyse sur les objets eux-mêmes.

D'un autre côté, la multiplication progressive des approches monographiques ont permis d'approfondir la connaissance des grands bâtisseurs de cette période à l'instar des travaux menés entre autres sur André Lurçat (Cohen, 1995), Emile Aillaud (Lefrançois et Landauer, 2011) ou encore Jean Dubuisson (Guillerm, 2011). Ces grandes figures et leurs édifices parfois iconique sont célébrés comme les éléments forts d'un patrimoine en cours d'émergence ou parfois menacés (Henry, 2011), mettant en exergue la singularité des leurs discours et approches. Néanmoins, des études récentes proposent d'éclairer des figures et des noms moins célébrés mais aussi très présentes durant cette période comme Pierre Dufau (Massire, 2017) ou Gustave Stoskopf (Bolle, 2017).

Le retour en force de la dimension biographique, fondée sur les archives et écrits des architectes, restitue la complexité des postures doctrinales des architectes à cette période pris entre les feux de la Modernité et un système de production relativement contraint. Pour autant, il n'y a pas encore d'études confrontant la proximité, les nuances et la variété des positions prises par les différents architectes de cette période outrepassant ainsi l'analyse de trajectoires ou de postures individuelles comme c'est le cas pour d'autres périodes ou pour des « mouvements » plus particuliers (Kourniati, 2019).

Parmi les rares jalons de notre approche, la fortune tardive de certains concepts comme celui de l'unité de voisinage, a été éclairée par un article d'Hélène Jannièr fondé sur l'analyse des publications à ce sujet dans les pages de la revue *Urbanisme* (Jannièr, 2008). L'analyse menée par Anne Portnoï prolonge en partie l'analyse des circulations théoriques en matière d'urbanisme à cette période (Portnoï, 2019). En ce qui concerne l'exploitation directe des revues comme sources historiques sur une période de l'histoire de l'architecture et de la ville, si l'entre-deux-guerres (Jannièr, 2002) et les années 1960 et 1970 (Coudroy de Lille, 2006) ont suscité des travaux, les années 1950 en France et la production courante durant les Trente Glorieuses reste à éclairer.

Ainsi, l'histoire de la production du logement collectif durant les Trente Glorieuses s'est enrichie depuis 30

ans d'études éclairant soit des éléments du contexte général de production, soit des grandes figures de la période ou certaines opérations emblématiques abordées de façon monographique. L'opportunité de rapprocher et croiser les discours des architectes n'a pas encore été pleinement saisie par les historiens et l'approche développée constitue un premier jalon, à travers un regard transversal porté sur un corpus d'opérations diverses, dans la lignée de deux articles publiés sur ces questions, l'un questionnant la scène alsacienne (Bolle, 2013), l'autre la circulation de modèles étrangers dans la conception des grands ensembles (Bolle, 2019).

3. MÉTHODOLOGIE ET PÉDAGOGIE IMPLIQUÉE

Afin de répondre à ces objectifs, la méthodologie consiste en une analyse systématique des discours publiés (forme du texte, champs lexicaux, notions, types et articulation des arguments). Les sources sur lesquelles nous nous appuyons sont des articles publiés au sein de revues phares de la presse professionnelle – *L'Architecture d'Aujourd'hui*, *Techniques et Architecture*, *L'Architecture Française* – entre 1945 et 1975. Les publications analysées, richement illustrées, sont accompagnées de textes laconiques, qui correspondent souvent à des notices rédigées par les architectes eux-mêmes. Quand une même opération bénéficie de plusieurs publications, les informations récoltées sont d'ailleurs souvent redondantes – les textes étant même parfois totalement identiques – et apportent ainsi relativement peu de compléments. Ainsi, au sein des textes considérés, il s'agit généralement de seulement quelques phrases (par article) qui concernent explicitement l'échelle globale de l'opération. Ces intentions sont généralement précédées d'une description rapide du terrain et de l'environnement proche et souvent accompagnées ou articulées à des propos portant sur la dimension constructive et la conception de la cellule d'habitation. Nous évoquerons simplement ici les questions relevant de la dimension d'ensemble et des options prises quant à l'implantation bâtie.

La dimension sélective et engagée de *L'Architecture d'Aujourd'hui* est lisible dans notre corpus ; les ensembles valorisés dans les pages de cette revue bénéficient souvent d'un ou plusieurs articles dans les autres revues considérées ou alors valorisent des approches moins « orthodoxes » et parfois non relayées par les autres revues. À l'inverse, une opération valorisée par une publication dans *Techniques et Architecture* ou *L'Architecture Française* n'est pas automatiquement sélectionnée ou retenue dans *L'Architecture d'Aujourd'hui*, encore plus nettement à partir de la fin des années 1950, marquée

par un revirement doctrinal fort de sa ligne éditoriale (*L'Architecture d'Aujourd'hui*, emboîtant fortement le pas du mouvement de critique à l'encontre des grands ensembles). Au final, peu d'opérations bénéficient d'une couverture globale sur l'ensemble des trois titres. C'est le cas de certaines rares et vastes opérations (n°0131 ; n°0210). Toutefois, on relève plus fréquemment deux articles sur une opération dans la même revue voire au sein de deux revues distinctes.

D'ailleurs, une des caractéristiques de ce corpus d'études est la dimension publicitaire de certains passages, les architectes avançant des arguments parant à d'éventuelles critiques. Ainsi, l'argument de la « variété », de la « diversité » architecturale et celui de la volonté d'éviter une forme de monotonie sont relativement fréquents, notamment dans le cadre des opérations de grande ampleur (notamment les opérations « Grand ordre » orthogonal ou organique). En revanche, la dimension critique et distanciée des propositions est quasi absente – le registre est principalement descriptif. La critique – déjà très rare – se limite à des questions plastiques ou compositionnelles, résonnant avec le vocabulaire « beaux-arts ». Par exemple, en évoquant le projet de l'ensemble de la Benauges mené à Bordeaux par Jacques Carlu (n°0182), *L'Architecture d'Aujourd'hui* regrette « la disparité de l'architecture » proposé sur ce site et la composition d'un plan masse « insuffisamment équilibrée » nuisant à l'unité de l'ensemble (*L'Architecture d'Aujourd'hui*, 1956).

Parmi les expériences de pédagogie impliquée, notamment à l'ENSAP de Bordeaux, le travail de mémoire de Master mené à l'ENSAPBx Bordeaux par Angèle Pavia (*L'Expansion urbaine de Bordeaux, entre 1950 et 1960, étude croisée de cinq cités d'habitation*, fév. 2019, sous la direction de G. Bolle) s'est inscrit également dans cette dynamique d'analyse en croisant publications et discours avec l'analyse des formes bâties et des archives disponibles (notamment aux Archives de Bordeaux Métropole).

L'étude démontre le maintien partiel à Bordeaux d'une tradition d'habitat individuel associé au phénomène de construction des grands ensembles. Par ailleurs, les étudiants du séminaire d'histoire ont produit un article sur l'œuvre de l'architecte Jean Dubuisson à Bordeaux et notamment l'ensemble de

Saige Formanoir, reprenant des éléments d'analyse du projet Smart French (Léa Etchegoyen et al., « Jean Dubuisson à Bordeaux : le parc des expositions et le grand ensemble de Saige Formanoir », *Transversale*, n°2, déc. 2017, p. 83-97.).

4. CONNAISSANCES NOUVELLES ACQUISES

NATURE ET STRUCTURATION DES DISCOURS SELON LES RÉCURRENCES REPÉRÉES DANS LE CORPUS

Les discours analysés soulignent de manière transversale le maintien du savoir-faire compositionnel héritier de la tradition et de l'enseignement beaux-arts (Diener, 2017), associé sans heurt au processus d'industrialisation de la construction du logement pour le plus grand nombre. La grande échelle devient ainsi un motif de composition qui privilégie généralement un vocabulaire plastique abstrait. Néanmoins, les architectes font parfois référence à des éléments historiques plus anciens, comme lorsque l'architecte Eugène Beaudouin en appelle aux qualités formelles du « parc Monceau » dont il entend en partie s'inspirer pour la conception du jardin de la Cité Rotterdam à Strasbourg (n°0048 ; *L'Architecture d'Aujourd'hui*, 1951).

En dépit du caractère incomplet des informations récoltées, et qui peut être enrichi par une analyse des documents graphiques publiés en illustration, de grandes catégories argumentatives concernant les aspects qui déterminent la forme urbaine – la composition du plan masse – des opérations émergent nettement. En effet, certaines récurrences clairement identifiées relèvent de stratégies discursives et conceptuelles assez nettes. Par exemple, les opérations de type « Unité » (7 cas sur 78, 12 sur 227) vante la compacité comme critère essentiel d'assemblage des cellules. C'est le cas à Marseille, où l'architecte Fernand Boukobza, conçoit un ensemble de 220 logements baptisé « unité d'habitation Brasilia » revendiquant le double héritage des œuvres de Le Corbusier et d'Oscar Niemeyer (n°0322). Les opérations « Reconstruction » (7 cas sur 78, 19 sur 227) placent le rapport à l'existant comme un élément primordial de la composition qui doit s'intégrer dans des contextes urbains particuliers, comme Henri-Labourdette à Beauvais (n°0012). Même si pour les opérations relevant de ces récurrences, d'autres types d'argument sont généralement convoqués (celui d'un nécessaire ensoleillement notamment), la hiérarchie des choix en matière d'implantation urbaine est clairement lisible.

En revanche, les autres récurrences – notamment celles de type « Ordre » – relèvent de stratégies argumentatives plus complexes, articulant différentes dimensions. Rappelons ici que la caractéristique majeure des opérations « Ordre » consiste en la répartition de volumes construits distincts selon une

composition générant des densités variées dans la parcelle. Ces opérations sont de tailles très diverses, et nous pouvons distinguer : le « Grand ordre » (1200 à 10000 logements) le « Petit ordre » (moins de 1200 logements) et enfin, des opérations présentant des systèmes compositionnels hétérogènes, associant différents modèles ou types. La récurrence « Ordre » – considérée dans son ensemble (Grand ordre, Petit ordre, Ordre topographique et Ordre 60, etc) – est largement majoritaire au sein du corpus et elle est également présente sur la totalité de notre période d'étude. En effet, dans la sélection des 78, plus d'une trentaine de cas sont ainsi repérables, correspondant à des articles publiés dans les revues entre 1950 et 1972. Afin d'analyser les discours concernant les opérations relevant globalement de cette récurrence, nous évoquerons les trois grandes familles argumentatives, employées chacune de manière plus ou moins explicite par les auteurs des textes et des opérations.

OMNIPRÉSENCE DE LA DIMENSION PAYSAGÈRE : LE SITE OU LA COMPOSITION COMME ÉLÉMENT MOTEUR

La dimension paysagère fonde littéralement les opérations de type « Grand parc » (7 cas sur 78, 13 cas sur 227), dans lesquelles les architectes conservent, confortent voire créent de grands jardins centraux et génèrent des densités bâties très faibles. L'importance accordée à la dimension paysagère dans le discours des architectes est aussi à mettre en lien à l'émergence du paysagisme en tant que profession et discipline autonome (Blanchon, 1999).

Cette dimension paysagère, entendue dans un sens large, est aussi la catégorie argumentative la plus présente et la plus récurrente du corpus, particulièrement au sein de la sélection des 78 opérations. En revanche, celle-ci peut être convoquée par les concepteurs de manière extrêmement variée. Ainsi, le paysage existant devient un élément d'appui de la composition : on veut maintenir ou prolonger une structure paysagère voire bâtie existante, maintenir des massifs boisés ou des sujets anciens. Le projet naît d'une volonté de prolongation partielle de la description topographique du site. L'ensemble de 1100 logements bâtis à Chambéry par Laurent Chappis (n°0024) s'appuie sur une description précise du terrain, de sa topographie marquée, du paysage et des vues qui dictent la composition d'ensemble (que cela soit explicitement argumenté ou simplement

visible sur les documents photographiques ou graphiques). L'article signale aussi d'ailleurs la présence d'un château, maintenu et réaménagé en centre social et administratif (TA, 1952) (voir figure 3.01).

Pour la construction d'un ensemble de 1260 logements – première opération d'envergure de l'Office HLM et de la ville de Saint-Etienne – dans le quartier Beaulieu (n°0050), un groupe d'architectes placés sous la direction d'Édouard Hur et Yves Gouyon propose une « unité de voisinage » réalisée entre 1950 et 1956. Des volumes variés aérés par de vastes espaces verts s'intègrent dans un site escarpé grâce à un plan de masse aux lignes radioconcentriques (*L'Architecture d'Aujourd'hui*, 1954). Cette recherche d'ancrage dans le paysage concerne parfois l'environnement bâti du site. Ainsi, l'ensemble construit par Eugène Beaudouin à Sceaux en 1962 (n°0040) présente des bâtis aux volumétries variées et notamment des « bâtiments bas en bandes, qui doivent assurer, par leur volume et leur aspect morcelé, une transition avec la zone résidentielle environnante » (*Architecture française*, 1958). De manière relativement fréquente, la vue associée à un site donné devient le point d'appui du discours argumentatif lui-même. C'est le cas de l'opération menée par Jean Dubuisson à Biarritz en 1965 (n°0767), où il est précisé « Les bâtiments sont orientés de manière à bénéficier au maximum du panorama général et des vues proches sur les jardins » et même selon une prise en compte des « vents dominants » (*L'Architecture d'Aujourd'hui*, 1965).

Une sorte de point d'équilibre semble être généralement recherché entre valorisation de certains éléments du site existant et, notamment dans le cas où celui-ci est jugé sans intérêt, création d'un paysage urbain et architectural palliant à cette « carence ». Ainsi, la « monotonie du relief » engage l'architecte à apporter un soin accru à l'architecture et l'implantation des volumes, comme pour l'ensemble de Chalon-sur-Saône construit par G. Bessard sur d'anciens terrains maraîchers (n°0803 ; *Architecture française*, 1968). L'architecte Gustave Stoskopf aux Mureaux (n°197), maintient dans sa composition le « mouvement de terrain et la végétation existante » et assure la conservation d'un « taillis bordant un ancien ru » (*Techniques et Architecture*, 1961).

Dans d'autres cas, la composition architecturale elle-même devient l'occasion de créer, de générer un paysage « nouveau » à usage collectif, comme Otton à Saint-Denis (n°0041) qui propose une implantation en « bordure des voies existantes et délimitant un espace intérieur » (AF, 1957). Michelin à Epinay-sur-Seine en 1964 (n°0131) imagine un fonctionnement par « îlots » (chacun bénéficiant de son propre groupe scolaire), « reliés entre eux par une promenade plantée, prolongée à l'ouest par une place formant parc en face du Centre culturel. » (AA 1960). Ainsi généralement, plus la taille du foncier et de l'opération augmentent, plus l'ambition de générer un paysage nouveau est affirmée : on le perçoit très nettement

dans tous les exemples réunis sous la récurrence « Grand ordre » - qu'il soit orthogonal (16 cas sur 78, 30 sur 227) ou organique (4 cas sur 78, 6 sur 227). Ainsi, la volonté de diversifier les « effets », la taille et l'orientation du bâti participe d'une composition d'ensemble, de la création d'un paysage urbain voire même humain, comme pour l'opération de Coulon à Mournes (n°0181) : « Dans cette ville nouvelle, l'implantation des logements a été guidée par le souci de créer des « paysages urbains ». L'implantation des bâtiments élevés concrétise la structure des quartiers dont le caractère sociologique permet de conserver l'échelle humaine favorable à un bon développement de la vie urbaine. » (*L'Architecture d'Aujourd'hui*, 1960).

Lorsqu'elles sont plus réduites et construites en milieu urbain, les opérations tentent d'offrir une compensation « verte » à cette situation. C'est le cas de l'opération de 150 logements menée par Dubard de Gaillarbois à Paris en 1954 (n°0585) : « Réalisé dans le XV^e arrondissement, dense en petites industries, le groupe a été conçu avec le souci de créer un îlot de verdure aérant et égayant le quartier. » (*Architecture française*, 1956).

Cette volonté de création paysagère s'appuie, chez certains concepteurs, sur une lecture du tissu urbain environnant repris en « écho » au sein même du projet. Candilis pour l'extension de Bagnols-sur-Cèze (n°0097) affirme à ce sujet : « Si l'ancien Bagnols est dominé par trois points, une tour romane et deux clochers gothiques, qui lui donnent son visage propre et servent de repères d'orientation, l'agglomération moderne reprend en contre-point le thème de ces trois pôles » (*Techniques et Architecture*, 1959). Evidemment cette importance accordée au paysage – existant ou généré – est articulée au sein du discours à d'autres échelles conceptuelles. Ainsi, l'architecte Pison à Paris en 1952 propose un ensemble de 650 logements (n°0435) en affirmant trois idées directrices : « donner aux pièces d'habitation le maximum d'ensoleillement, procurer aux habitants

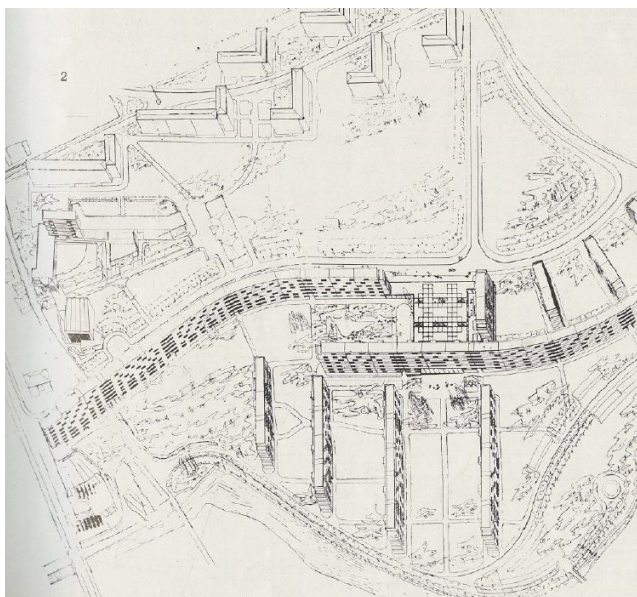


Figure 3.01 : Dessin axonométrique de l'opération Chappis-Chambéry-1952. TA, 1952, n3-4, p.59.

les meilleures conditions de confort et de repos, créer un cadre agréable et aéré. » (AA, 1952). Cette trilogie argumentative, nettement explicite, est quasi toujours présente ou détectable au sein des articles et documents publiés.

ÉQUIPEMENT ET AMÉNAGEMENT : VECTEURS ESSENTIELS DE L'ORGANISATION DES PLANS MASSES

Au delà de la dimension paysagère et contextuelle, la question de l'équipement et de la desserte des ensembles d'habitation – qu'elle soit automobile ou piétonne – est également souvent convoquée dans les discours d'appui de ces réalisations, soulignant généralement le degré d'insularité accordé à l'ensemble ou aux sous-ensembles qui le constituent comme à leur fonctionnement socio-spatial. En effet, la volonté de faciliter la vie des familles se traduit par une étude des liens entre équipements et logement.

Pour les opérations de taille importante, l'équipement est considéré généralement selon une double échelle : celle de la proximité immédiate (à l'échelle d'un sous-ensemble) ou celle d'un rayonnement de l'équipement sur l'ensemble, voir au delà. Pour le quartier Beaulieu (n°0050), inscrit dans une zone résidentielle existante, l'architecte assume une « réduction relative des zones d'intérêt commun » tout en manifestant une volonté de dégager des vues sur le groupe scolaire depuis les volumes créés (AF, 1953). Aussi, la volonté de marquer le centre de la composition par un équipement rayonnant sur l'ensemble de l'opération est souvent manifeste. À Rennes, au Gros-Chêne (n°0277), l'architecte affirme ainsi : « Le centre commercial le plus important placé en amphithéâtre autour de la place principale sera l'élément le plus vivant de la composition » (*L'Architecture d'aujourd'hui*, 1962).

En outre, la question de l'équipement est intrinsèquement liée à celle de la desserte et des cheminements. À Epinay-sur-Seine (n°0266), Bauer propose des équipements implantés « au milieu de la nature » de manière à ce que « le chemin le plus court de la mère de famille (maximum 400 m) » se fasse sans traverser des voies à grande circulation (*Architecture française*, 1969). A Villeneuve-St-Georges, l'architecte Dubrulle (n°0400) conçoit un ensemble subdivisé en trois « unités de résidence », équipée et comprenant 350 logements chacune tandis que s'ajoutent des équipements généraux destinés à l'ensemble (*Techniques et Architecture*, 1951). A Nantes (n°0023), l'architecte Favraud développe une « unité résidentielle » regroupant 1500 logements sur 100 hectares et annonce : « L'unité comprendra, en outre, des services communs ; un centre social dans la partie la plus haute du terrain ; deux centres commerciaux, le plus près possible des voies d'accès, deux groupes scolaires pour garçons et filles : des garderies et jardins d'enfants ; des garages sur les voies de desserte ; des espaces libres et des terrains de jeux. » (*Techniques et Architecture*, 1952). Concernant ces aspects, certains arguments sont

donc très fréquents. Outre la proximité et la richesse des équipements, on argue très fréquemment du rejet en périphérie et si possible au nord des voies de desserte et de stationnement. Les grandes opérations menées par Colboc à Bondy en 1959 (n°0701) et à Poissy en 1961 (n°0706) en sont tout à fait représentatives. À Bondy, pour une opération regroupant 1507 logements, l'implantation se fait selon trois « îlots », chacun pourvu d'un groupe commercial et d'une crèche-garderie-halte d'enfants, en application manifeste du concept d'unité de voisinage. Il est prévu que la zone n°3 soit également munie d'un équipement culturel important. Chaque groupe d'immeuble définit surtout un espace vert central planté et aménagé, tandis que les voies d'accès automobile sont volontairement placées au nord et rejetées en périphérie (*Architecture française*, 1959).

Le projet de Tournier à Fontainebleau-Avon en 1968 (n°0802) est tout à fait représentatif de l'articulation entre la dimension paysagère et ce type de structuration de l'équipement et des dessertes (voir figure 3.02). En effet, construit en lisière d'une forêt, dans un « cadre naturel propice à l'épanouissement de la vie familiale et évitant toute concentration d'habitat » (*Architecture française*, 1968) l'architecte positionne au centre du quartier tous les équipements « nécessaires à la vie collective » et tente d'éviter que les circulation automobiles ne traversent l'ensemble. Chaque « quartier » est desservi par des voies en forme d'« antennes en cul-de-sac » (*Architecture française*, 1968).

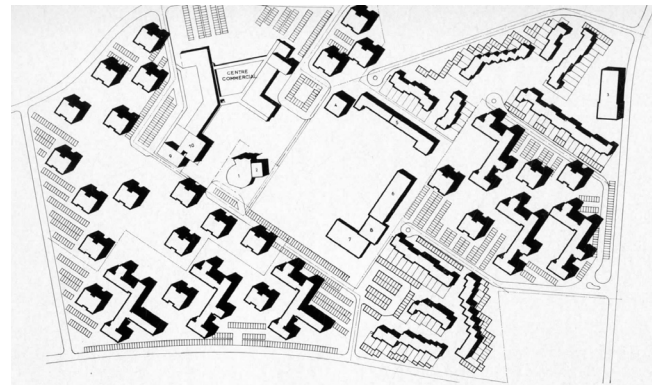


Figure 3.02 : Plan masse de l'opération Tournier-Avon-Fontainebleau-1968. *Architecture Française*, 1968, n°305-306, p12.

La répartition volumétrique des logements conforte parfois la volonté de faire émerger des éléments visuellement dominants au sein de la composition. Les tours, parfois en substitution ou en complément de la stratégie d'équipements, viennent souligner les effets de composition dans la troisième dimension. Ainsi, la hiérarchisation des compositions est le plus souvent obtenue par la distinction nette du rôle de repère vertical que joue(nt) la ou les tour(s) au milieu d'un ensemble d'édifices bas et linéaires associé parfois à la mise en place d'un axe majeur, qui structure la composition de l'ensemble. Cette tendance est très nette dans les ensembles produits par Stoskopf marqués par la volonté d'effets

monumentaux (0197 ; 0659) mais aussi par ceux produits par Candilis (0097). À Epinay-sur-Seine en 1969 (n°0266), l'architecte Bauer positionne cinq tours en cœur de parcelle entourée de 9 barres de 12 étages qui viennent occuper la périphérie du terrain et permettre « d'étager » la composition des volumes. Chez Coulon à Mourenx (n°0181), cette idée est affirmée ainsi : « l'implantation de bâtiments élevés concrétise la structure des quartiers » (*L'Architecture d'Aujourd'hui*, 1960). En effet, trois grandes zones comprenant des unités de logement collectif, de logement individuel, et des équipements de quartier sont créées et cette structuration est repérable par les émergences verticales.

A L'OMBRE DES DISCOURS : USAGES TACITES DE CONCEPTS ET ÉVOLUTION DES TYPES D'ARGUMENTS

La volonté d'autarcie socio-spatiale, de quasi « insularité » de l'ensemble au sein de l'environnement, via la construction de tous les équipements nécessaires au quartier amène parfois les architectes à parler même de la construction de « nouvelle ville », comme le fait Stoskopf pour le quartier de la Meinau en 1959 (n°0659). L'analyse des opérations de notre corpus – discours et formes – traduit l'assimilation de plusieurs concepts qui ne sont pas toujours explicitement formulés mais intègrent de manière lisible la pratique des agences et des commanditaires de la période. Tout d'abord, la majorité des opérations publiées illustrent une prise en compte d'un ensoleillement optimal des logements. Cet aspect, un des leitmotivs des opérateurs de cette période, devient même parfois la clé de lecture des opérations sans qu'elle soit toujours explicitement formulée. Ainsi, l'espacement entre les volumes est très généralement dicté par la portée de l'ombre la plus défavorable, au moment du solstice d'hiver, comme cela est prescrit dans la Charte d'Athènes. Parfois, comme dans le projet mené par Colboc à Bondy (n°0701), le discours compositionnel est explicitement consacré aux questions d'orientation et de prospect vantées comme principes directeurs du plan de masse, associées à la volonté de générer une diversité typologique des cellules d'habitation (*Architecture Française*, 1959). Généralement, les orientations des barres sont calées sur les directions cardinales – ou dans une position intermédiaire –,

et les plans de masse affichent, pour des raisons contextuelles ou compositionnelles, quelques licences ou exceptions vis-à-vis de ces choix généraux d'ensoleillement.

Notons enfin que le vocabulaire révèle par ailleurs un usage approximatif de certains concepts théoriques. En effet, d'un point de vue de la conception urbaine, la présence de termes et formes dérivées de l'« unité de voisinage » est également très caractéristique. Conceptualisée aux États-Unis dans les années 1920 par l'urbaniste Clarence Arthur Perry (1872-1944) et aussi promue par l'historien Lewis Mumford (1895-1990), l'unité de voisinage (Neighborhood Unit) est un outil de planification urbaine. Cette notion trouve des applications précoces en Angleterre et aussi en Italie, dans le cadre de l'extension urbaine des grandes villes à partir des années 1940. Elle n'apparaît en France qu'une dizaine d'années plus tard, où son application se manifeste sans pour autant être toujours explicitement formulée (Jannièr, 2008 ; Portnoï, 2019 ; Bolle, 2019). Cette notion intègre l'étude des déplacements quotidiens, les capacités des écoles ou du centre civique, éléments qui occupent le cœur de l'unité, au sein d'un espace vert collectif. Cet échelon intermédiaire - conçu artificiellement - regroupe environ 5 000 habitants. Peu dense et vécu principalement du point de vue du piéton, il n'a pas vocation à s'étendre mais plutôt à s'articuler à d'autres unités au sein de l'organisme urbain. L'emploi tacite du concept par les promoteurs français est caractéristique des opérations menées à partir du milieu des années 1950.

Cet usage de la notion d'unité de voisinage est récurrent dans notre corpus même si les discours des architectes banalisent voire floutent l'application de ce concept nouveau. Diluée au sein du vocabulaire de l'urbanisme courant, l'unité de voisinage est parfois associée à l'idée d'îlot voire d'unité d'habitation bien qu'elle ne relève pas du tout de cette catégorie. Ainsi, le terme « unité » est fréquemment employé par les architectes mais associé à des adjectifs variés, se référant tout autant au concept initial d'unité de voisinage qu'à une volonté d'atteindre une forme d'unité plastique (qu'elle soit un hommage à Le Corbusier ou à l'unité de la composition telle qu'entendue à l'École des beaux-arts).

5. POTENTIELS DE PROJET ET DE DÉVELOPPEMENT DE RECHERCHES

Certaines des récurrences clairement identifiées relèvent d'approches conceptuelles assez nettement identifiées (Unités, Reconstruction). En revanche, les autres récurrences – notamment toutes les récurrences de type « Ordre » – relèvent de stratégies argumentatives plus complexes, articulant différentes dimensions. Ainsi, l'omniprésence de la dimension paysagère, qu'il s'agisse de paysage conforté ou généré, l'articulation entre équipements de la cité et modes de desserte et enfin, l'usage tacite de concepts urbanistiques modernes alimentent

une sorte de trilogie argumentative plus ou moins équilibrée selon les exemples considérés. En effet, les différentes catégories argumentatives décrites ici sont souvent articulées et associées entre elles afin de justifier les choix d'implantation. Il est d'ailleurs notable que les opérations de taille conséquente agrègent souvent l'ensemble de ces catégories argumentatives.

À Mourenx (n°0181), par exemple, on retrouve dans la proposition de Coulon, l'affirmation nette de cette

trilogie : le souci de « créer des paysages urbains », celui de l'orientation et du bon ensoleillement du bâti et enfin, le concept de hiérarchisation des équipements appliqué selon 4 échelles différentes – de l'équipement de proximité jusqu'à un équipement destiné à la ville entière – (*L'Architecture d'aujourd'hui*, 1960). Par ailleurs, les notions constitutives de certaines récurrences très déterminées se retrouvent au sein d'autres types d'opérations. Par exemple, on peut retrouver en filigrane la notion de « Grand parc » au sein de la composition de nombreuses opérations, comme si le parc constituait un centre générateur de la composition, éventuellement complété et enrichi d'espaces verts publics secondaires.

Par ailleurs, l'ampleur chronologique de notre corpus – correspondant aux Trente Glorieuses marquées par des fortes évolutions en matière de conception des ensembles d'habitation – permet aussi de déceler quelques modifications dans les modes d'argumentation et de vocabulaire de description, en dépit des permanences analysées ici. Au fil des années 1960 et 1970, la dimension sociale est davantage convoquée. Pour l'opération menée par Jacques Beufé à Gonesse en 1967 (n°0253- voir figure 3.03), *L'Architecture Française* note : « on ne peut dissocier la conception du groupe d'habitation de la conception de ses indispensables prolongements socio-culturels. ». La question des perceptions habitantes, jusque là peu évoquée, est ainsi soulevée notamment à travers la volonté de composer avec « tous éléments qui jouent suivant le psychisme de l'individu. » (*Architecture Française*, 1973).

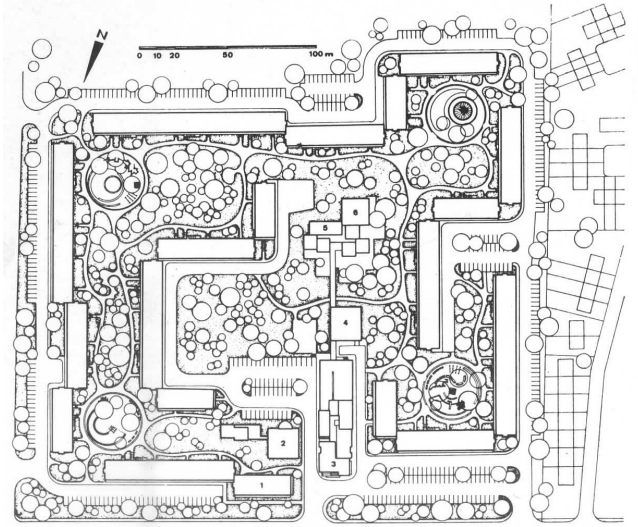


Figure 3.03 Plan masse de l'opération Beufé-Gonesse-1967
Architecture Française, 1972, n°363-364, p.56.

RATIONALITÉ SOLAIRE DES COMPOSITIONS ARCHITECTURALES ET URBAINES

Karim EL ALAMI, Ignacio REQUENA, Daniel SIRET

1. OBJET DE L'ÉTUDE ET HYPOTHÈSES

La question de l'ensoleillement devient fondamentale dans les discours sur l'architecture et l'urbanisme à partir de la fin du XIXe siècle. La modernité « radieuse » fait ainsi du soleil un enjeu central de toute construction, d'abord dans une perspective hygiéniste puis dans une visée plus hédoniste (SIRET, 2013a). La crise énergétique des années 1970 comme la crise environnementale contemporaine replacent la question solaire au centre du débat architectural et urbain. Dès lors se pose la question des qualités solaires des bâtiments hérités de la période moderne dans une perspective d'adaptation aux enjeux de la ville durable.

Les controverses sur l'orientation solaire des bâtiments dans la période moderne témoignent de la difficulté à donner une signification pratique à l'injonction hygiéniste d'une insolation « maximale ». Entre la recherche du plus long temps d'insolation, l'optimisation saisonnière de l'énergie transmise sur les façades ou la dilution des ombres portées, les choix d'orientation apparaissent incertains. Les controverses qui en découlent trouvent un écho fort dans la littérature théorique produite dans la première moitié du XXe siècle mais leur influence dans les pratiques constructives effectives reste mal connue. C'est l'objectif de cette recherche que de combler cette lacune en réalisant l'analyse des choix d'orientation solaire dans le corpus de logements construits des années 1950 aux années 1970 à partir de la base de données SmartFrench.

2. ÉTAT DE L'ART

À notre connaissance, aucune analyse systématique des caractéristiques solaires des grands ensembles construits après-guerre n'a été entreprise. Il n'existe donc pas d'état de l'art de la question. C'est d'ailleurs ce qui a rendu ce projet de recherche particulièrement stimulant, la base de données SmartFrench permettant pour la première fois d'aborder la question solaire dans une perspective statistique renseignant à grande échelle sur les pratiques de conception d'une génération d'architectes.

S'il n'existe pas d'état de l'art de la question, un certain nombre des connaissances préexistent bien évidemment et sont nécessaires à la mise en œuvre du projet. Elles s'inscrivent dans deux courants

En pratique, la recherche s'est organisée autour des questions suivantes :

- Comment peut-on caractériser les grands ensembles du corpus SmartFrench du point de vue de l'ensoleillement ? Cette question ouvre différents problèmes concernant les orientations préférentielles des bâtiments, le potentiel de captation solaire d'hiver, le potentiel de protection solaire d'été, l'ensoleillement des espaces publics attenants.
- À partir des résultats précédents, que peut-on dire de la mise en œuvre, par les architectes d'après-guerre et à grande échelle, des principes d'orientation solaire discutés avant-guerre ? Il nous est apparu important de comprendre comment les positions théoriques défendues dans les années 1920 et 1930 sont reprises et transcrites dans les choix architecturaux et urbains des grands ensembles.
- Au croisement de ces deux ensembles de questions, quelle forme de rationalité solaire peut être interprétée dans les projets de grands ensembles et quelles conséquences en tirer sur le potentiel d'adaptation de ces bâtiments aujourd'hui ?

de recherche différents. Le premier est de nature historique et il porte sur le poids et la nature des préconisations en matière d'exposition solaire dans les théories architecturales et urbaines de la pensée moderne. Le second courant est de nature technique et porte sur les indicateurs de caractérisation solaire des bâtiments en général.

PRÉCONISATIONS D'EXPOSITION SOLAIRE DANS LES THÉORIES ARCHITECTURALES ET URBAINES DE LA MODERNITÉ

À la fin du XIXe siècle, le pouvoir microbicide du rayonnement solaire direct est mis en évidence.

La reconnaissance de cette capacité d'asepsie du rayonnement direct change la perspective des architectes qui doivent désormais composer avec le mouvement du soleil (SIRET, 2013b). Elle modifie en profondeur les modes de conception de l'espace en imposant de s'interroger sur l'orientation des façades, sur les ombres portées par les bâtiments à différentes heures et différentes saisons, et sur la manière de produire dans la ville les conditions d'une insolation maximale.

C'est dans ce contexte hygiéniste qu'apparaissent de nouvelles architectures véritablement héliotropes, comme les maisons et autres structures tournantes, capables de suivre le mouvement du soleil de telle sorte que leurs façades soient constamment irradiées. S'il faut orienter l'espace pour irradier les bâtiments et les corps, il n'est bien sûr pas question de faire tourner les villes comme on fait tourner les maisons. Il revient donc aux urbanistes et architectes de formuler les conditions d'organisation de l'environnement qui permettent d'assurer une exposition maximale des lieux d'habitation. Ces conditions dépendent de l'orientation des bâtiments et de la configuration des volumes susceptible de limiter les ombres portées (HARZALLAH, 2007).

L'interprétation dominante au XIXe siècle et au début du XXe siècle ne prend en compte que la durée d'exposition au soleil. Comme une plaque photographique, les bâtiments seraient d'autant mieux exposés qu'ils seraient plus longuement soumis aux rayons solaires. Cette interprétation conduit à préférer l'orientation des façades à l'est et à l'ouest, c'est-à-dire les bâtiments longs axés nord-sud, orientation défendue notamment pour les pavillons d'hôpitaux au XIXe siècle. Cette orientation est considérée comme la seule capable d'offrir un ensoleillement maximal en alternant les expositions du matin et du soir. La théorie de l'axe héliothermique (AUGUSTIN-REY et al., 1928 ; HARZALLAH et al., 2005) reprise par Le Corbusier dans sa Ville Radieuse en 1935, s'inscrit dans cette veine.

La prise en compte de l'angle d'incidence du soleil et de l'énergie effectivement transmise aux façades conduit d'autres auteurs à préconiser l'orientation au sud comme celle qui permet de capter le rayonnement solaire en hiver. Dès les années 1920, Ludwig Hilberseimer donne une solution radicale à la question de l'exposition optimale de la ville : il suffit d'orienter tous les bâtiments vers le sud et de les espacer de telle sorte qu'ils ne s'ombrent jamais mutuellement. L'espacement est plus ou moins grand selon la latitude, et la forme de la ville ainsi produite présage d'un urbanisme rationnel dicté par la géométrie solaire. Cette position apparaît cependant inacceptable pour les tenants de l'hygiénisme en ce qu'elle laisse la moitié des façades (au nord) sans soleil.

Entre ces deux positions opposées, l'orientation diagonale prônée par plusieurs auteurs apparaît

comme une forme de compromis. Elle évite l'exposition plein nord et met en avant les avantages combinés des expositions est et ouest (temps d'exposition maximal) et sud (énergie transmise maximale en hiver). Dans la première décennie du XXe siècle, l'architecte Américain William Atkinson, pionnier de l'architecture et de l'urbanisme solaires aux États-Unis, défend l'orientation diagonale en mettant en avant un autre argument qui concerne le temps d'ombrage au sol porté par les bâtiments. En calculant précisément ce temps – et en donnant de ce fait naissance à la science de l'ensoleillement (SIRET, 2014) –, Atkinson met en évidence que, à volume et hauteur égale, l'orientation diagonale minimise les ombres portées. Cette approche prend tout son sens dans le contexte de l'émergence des villes à gratteciel aux États-Unis.

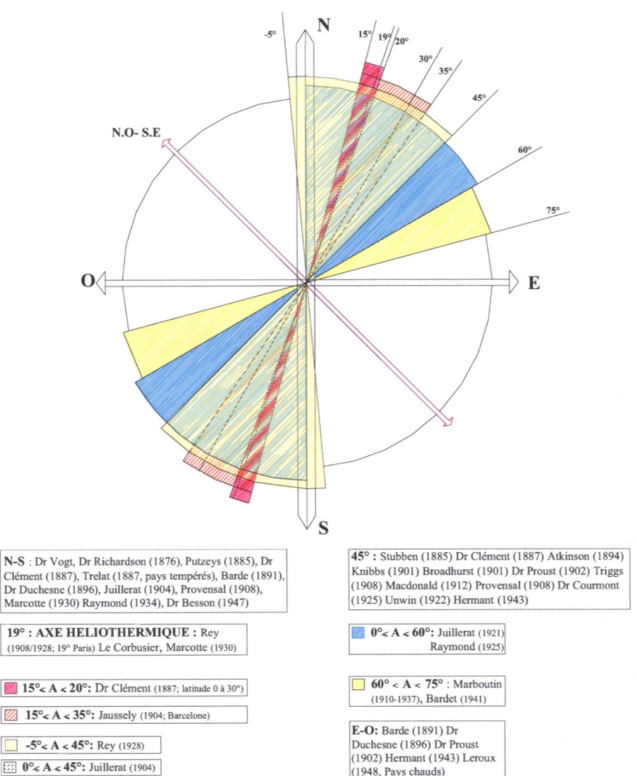


Figure 4.01 : Choix d'orientation des bâtiments préconisés par différents auteurs analysés par (HARZALLAH, 2007).

Entre temps d'exposition, énergie transmise et dilution des ombres, les choix d'orientation apparaissent donc complexes et peu consensuels, comme le montre le diagramme ci-dessus. Loin d'être anecdotiques, ces controverses sur l'orientation témoignent de la difficulté à donner une signification pratique à l'injonction hygiéniste d'une insolation « maximale ». Comment traduire en termes architecturaux ce postulat du maximum de soleil ? Les enjeux de la reconstruction vont donner l'occasion d'expériences tangibles à grande échelle pour évaluer les différentes approches théoriques proposées.

INDICATEURS DE CARACTÉRISATION SOLAIRE DES BÂTIMENTS

Cette question est largement traitée par la littérature technique depuis de nombreuses années.

De multiples indicateurs et outils de caractérisation de l'ensoleillement dans des géométries complexes ont été proposés et sont utilisés par les architectes et urbanistes et par les bureaux d'études. Nous ne pouvons pas les exposer de manière exhaustive ici. Nous pouvons cependant les classer en deux catégories que nous utiliserons par la suite :

- Les indicateurs synthétiques qui permettent d'estimer de manière globale les performances ou défaillances d'une configuration spatiale donnée au regard de l'ensoleillement ;
- Les simulations d'ensoleillement obtenues à partir de modèles, qui permettent de prévoir les caractéristiques d'ensoleillement de chaque point d'une forme architecturale ou urbaine complexe.

Ces différents outils s'inscrivent dans des questionnements différenciés. Si les indicateurs se prêtent à des estimations rapides et comparatives, ils ne permettent généralement pas de rentrer dans les qualités spécifiques d'un projet. Ils sont utiles à des fins statistiques. A contrario, les outils de simulation d'ensoleillement permettent de rentrer en détail dans les qualités d'un projet en particulier dont ils offrent une analyse d'ensoleillement potentiel dans l'espace et dans le temps. Ils sont utiles à l'appréciation des propriétés solaires des espaces, en termes énergétiques mais aussi en termes d'usages et de qualité des ambiances.

3. MÉTHODOLOGIE ET PÉDAGOGIE IMPLIQUÉE

Pour répondre aux questions de recherche présentées ci-avant, nous avons procédé à l'analyse solaire d'un corpus de projets issus de la base de données SmartFrench. Cette analyse s'est appuyée conjointement sur une approche par indicateurs synthétiques, permettant une évaluation statistique du corpus, et sur une approche par simulation numérique, permettant une appréciation plus qualitative de l'ensoleillement des projets étudiés.

La recherche a été menée par Karim El Alami, à travers son stage de recherche du master-2 Sciences et techniques des environnements urbains (STEU) sous la direction de Daniel Siret et Ignacio Requena au sein de l'équipe CRENAU de l'UMR AAU à l'ENSA Nantes. Le master universitaire STEU délivré par l'École Centrale de Nantes en partenariat avec l'ENSA Nantes, permet de former des spécialistes des environnements urbains, capables d'en appréhender les dimensions techniques, spatiales et culturelles. Le stage de recherche réalisé dans le cadre de ce master a généralement lieu en laboratoire sur une période de cinq mois à temps plein. Cette période comprend

l'appropriation du sujet et de son état de l'art par l'étudiant ainsi que l'apprentissage des outils de simulation et d'analyse, et la rédaction d'un rapport de master. On peut considérer que trois mois à temps plein ont pu être réellement consacrés à la mise en œuvre opérationnelle de la recherche.

Au regard de cette contrainte de temps, et considérant par ailleurs l'état d'avancement de la base de données SmartFrench au moment de la réalisation de la recherche (la base était alors incomplète), il a été décidé de travailler sur un échantillon restreint dans la perspective de tester la méthodologie proposée. 13 projets de grands ensembles ont été sélectionnés dans la base SmartFrench, représentant un ensemble de 112 bâtiments et de 492 façades. Le choix des projets a été réalisé en fonction de considérations pratiques de disponibilité des données dans la base et d'accès aux données complémentaires nécessaires (en particulier, accès aux revues décrivant les projets). Le tableau ci-après donne la liste des projets retenus.

Identifiant SMART FRENCH	Nom	Lieu	Latitude	Année de conception	Année de livraison	Architecte(s)	Protection	Nombre de logements	Nombre de bâtiments
5	Front de mer sud	Le Havre	49.50	1946	1956	P-E. Lambert	ZPPAU – Patrimoine mondial UNESCO	72	3
27	Cité Saint-Rémy Nord	Saint-Denis	48.85		1957	F. Ottin		600	11
38	Résidence Fernand Pouillon	Aix-en-Provence	43.50	1951	1953	F. Pouillon	Patrimoine XXe siècle	200	9
39	Groupe d'immeubles HLM au quai des Belges	Strasbourg	48.50	1951	1953	G. Stoskopf		256	9

44	Cité des Bleuets	Créteil	48.80	1959	1962	P. Bossard	Patrimoine XXe siècle	560	10
77	La Citadelle	Bagnols-sur-Cèze	44.16	1956	1958	G. Candilis		370	21
84	Résidence le Château de Louveciennes	Louveciennes	48.85	1957	1961	P. Herbé	Patrimoine XXe siècle	260	16
114	Quartier de la Chancellerie	Bourges	47.00	1946	1960	M. Andrault et P. Parat		231	5
120	Cité des Provinces françaises	Paris	48.85	1951	1959	B. Zehrfuss		776	3
121	Les Buffets, Fontenay aux Roses	Paris	48.85	1957	1959	G. Lagneau		261	11
165	Cité des Hauts Pavés	Nantes	47.20	1947	1952	M. Roux-Spitz		164	11
175	Unité d'habitation	Marseille	43.30	1945	1952	Le Corbusier	Monument Historique	321	1
303	Chantier expérimental MRU	Aubervilliers	48.85	1950	1952	A. Sive		173	2

Tableau 4.01 : Récapitulatif des 13 projets analysés.

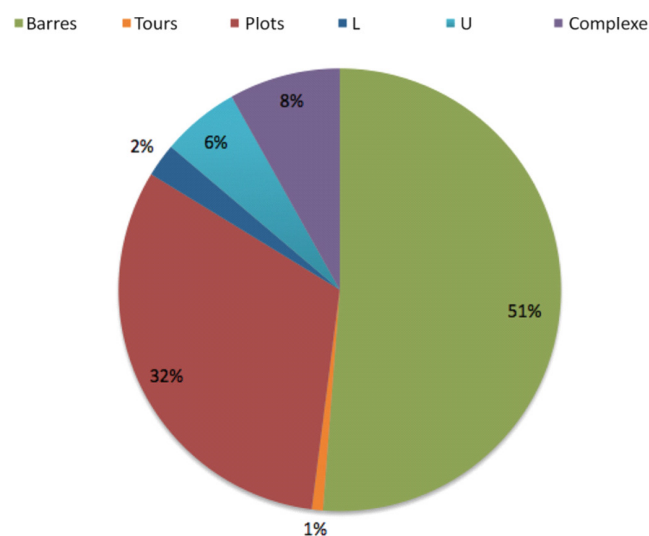


Figure 4.02 : Répartition des bâtiments du corpus analysé suivant leur type.

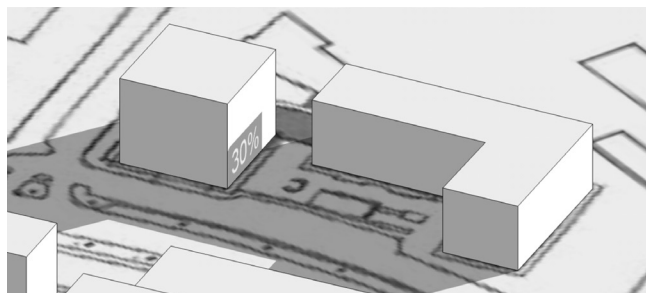


Figure 4.03 : Exemple d'estimation du pourcentage de masque dû à l'ombre portée sur une façade le 21 décembre à midi.

INDICATEURS SOLAIRES

Comme indiqué plus haut, deux modalités d'analyse ont été mises en œuvre : la caractérisation générale des projets à base d'indicateurs solaires d'une part ; et l'analyse d'ensoleillement à partir de simulations numériques d'autre part. Pour chacun des 112 bâtiments des 13 projets sélectionnés, la base de données a été complétée avec les informations suivantes :

- La surface au sol
- La hauteur
- Le nombre d'étages
- Le type morphologique : barre, tour, plot, L, U ou formes complexes (plus de la moitié des bâtiments du corpus sont de type barre, et près du tiers du type plot, cf. Figure 4.02 ci-contre)
- Le caractère traversant des appartements du plan courant
- Le caractère libre ou non du rez-de-chaussée

Enfin pour chacune des 492 façades des 112 bâtiments sont calculés :

- L'orientation absolue et le secteur (nous avons choisi une représentation en 12 secteurs)
- Le pourcentage linéaire de la façade au regard du périmètre de l'immeuble
- La présence d'ouvertures, de balcons, coursives ou loggias
- Le pourcentage de vitrages
- Le type de pièces attenantes (cuisines, séjours, chambres, salles de bain)
- Le pourcentage de masques le 21 décembre à midi (ombres portées estimées à partir des simulations solaires, cf. figure 4.03 ci-contre)
- La durée potentielle d'exposition de chaque point de la façade pour les journées des solstices et équinoxes (évaluation en site dégagé).

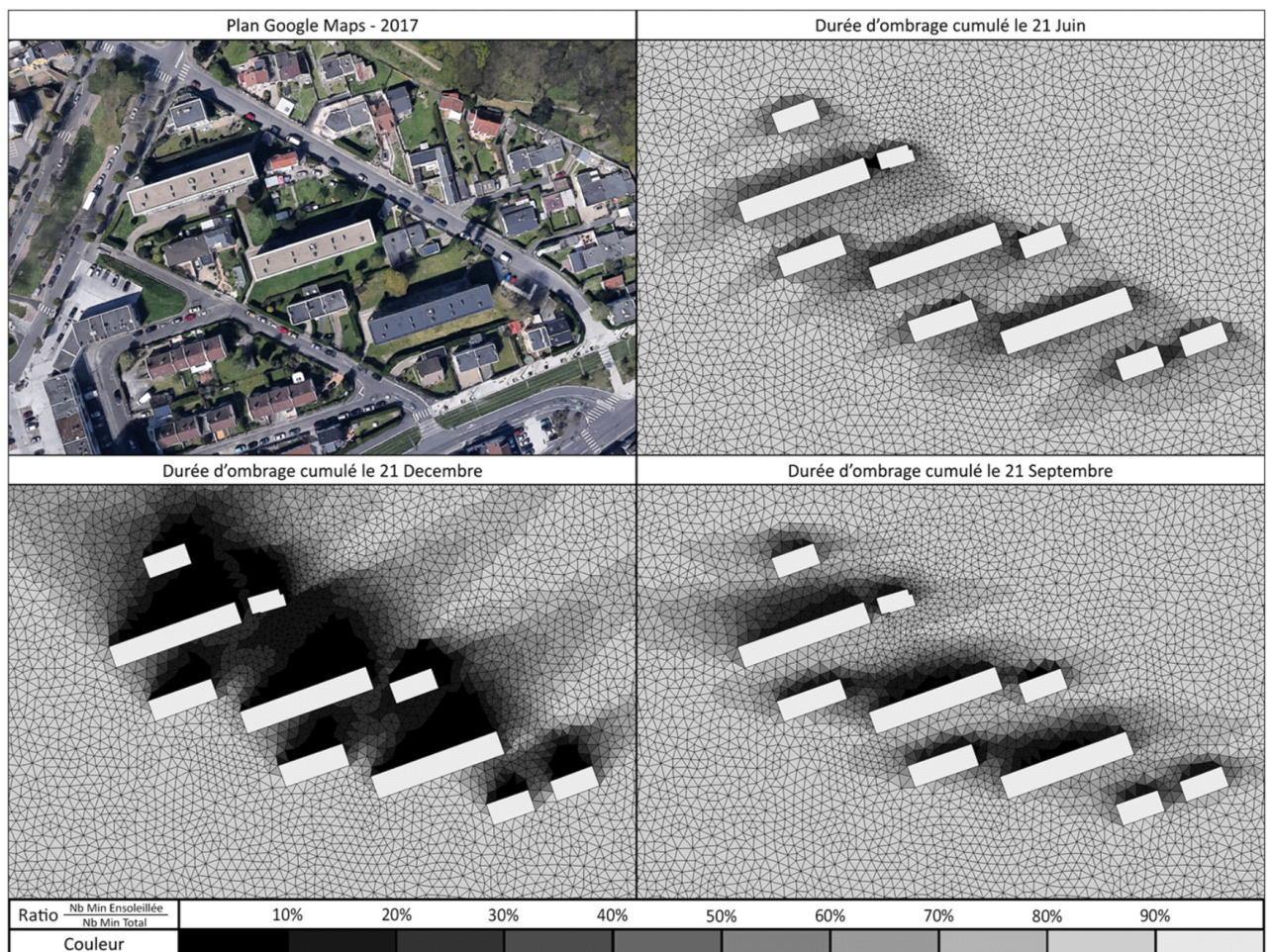
Comme on le voit, l'ensemble de ces paramètres exigent une information détaillée sur chaque projet, avec des dimensions connues et un plan d'étage courant suffisamment précis. Il s'agit d'un important travail de compilation de données.

À partir de ces informations, un nouvel indicateur de potentiel d'exposition a été créé. Pour chaque façade d'un bâtiment, ce potentiel est calculé comme le produit du pourcentage linéaire de la façade et de son pourcentage de vitrage. Plus une façade est importante à l'échelle du bâtiment, et plus elle est vitrée, plus son potentiel d'exposition est élevé. Nous appelons « façade dominante » d'un bâtiment la ou les façades qui ont le potentiel d'exposition le plus élevé.

L'utilisation du logiciel SketchUp, bien connu des étudiants en architecture, a permis de réaliser rapidement le travail de modélisation géométrique des bâtiments – le principal frein étant le manque d'information sur les dimensions des bâtiments, information qu'il a fallu rechercher dans les revues d'époque ou, le cas échéant, évaluer à partir des vues aériennes 3D disponibles sur les moteurs de recherche cartographique. Le plug-in T4SU, intégré à SketchUp, permet de répondre à nos questions sur les durées d'ensoleillement des façades et des espaces attenants aux immeubles, comme le montre la figure 4.04 ci-dessous.

SIMULATIONS D'ENSOLEILLEMENT

Pour faciliter le travail de simulation d'ensoleillement, nous avons choisi de recourir à une approche simplifiée basée sur le logiciel SketchUp et le plug-in T4SU développé dans notre laboratoire par Thomas Leduc.



Figures 4.04 : Exemple de simulations d'ensoleillement dans les espaces ouverts d'un grand ensemble : durées journalières d'ensoleillement au sol aux deux solstices et aux équinoxes.

4. CONNAISSANCES NOUVELLES ACQUISES

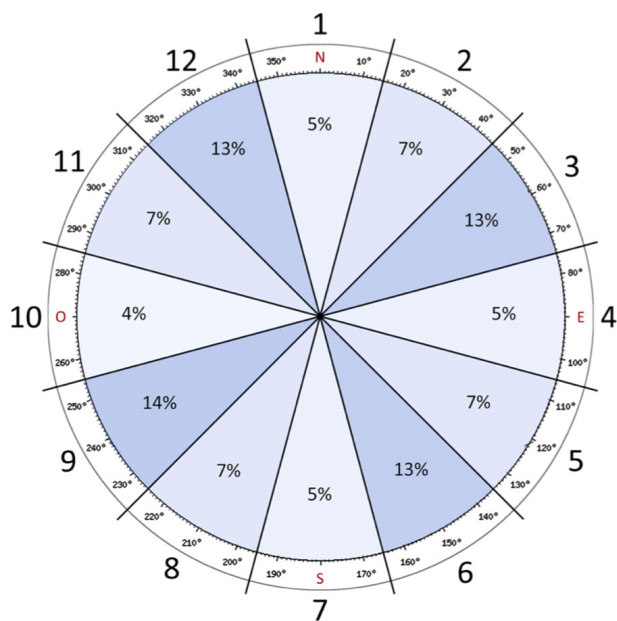


Figure 4.05 : Distribution des façades suivant leur orientation.

ORIENTATIONS DOMINANTES

L'analyse d'ensoleillement a permis de mettre en évidence une nette préférence pour les orientations diagonales dans le corpus étudié, que ce soit pour les bâtiments de type barre, de type plot ou de type tour. Les architectes semblent ainsi privilégier une exposition moyenne, ménageant différents potentiels, bien loin des débats tranchés d'avant-guerre opposant les orientations est-ouest et nord-sud.

La figure 4.05 montre ainsi que la distribution des façades suivant leur orientation s'effectue de manière assez homogène sur l'ensemble des secteurs, avec une prédominance des façades sur les secteurs 3 et 9 (14% et 13%, façades sud-ouest et opposées nord-est) et sur les secteurs 6 et 12 (13% chacun, façades sud-est et opposées nord-ouest).

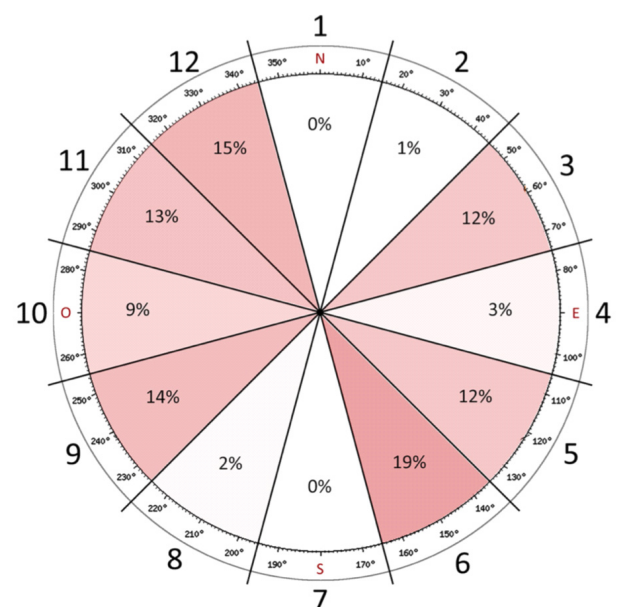


Figure 4.06 : Distribution des façades « dominantes » suivant leur orientation.

La répartition des façades « dominantes », c'est-à-dire celles qui présentent le plus fort potentiel d'exposition, est encore plus éloquent (cf. figure 4.06). On constate ainsi qu'aucune façade dominante du corpus d'étude n'est orientée plein sud. Au contraire, les façades dominantes sont orientées sud-est / nord-ouest (secteurs 5-6 et 11-12) ou bien sud-ouest / nord-est (secteurs 9-10 et 3-4).

Ce résultat est une surprise. L'absence d'orientation dominante plein sud montre la réminiscence des a priori hygiénistes dans les manières de concevoir. Choisir une orientation au sud c'est en effet exposer la façade opposée plein nord, une solution toujours dénoncée dans la littérature hygiéniste. Dans ce contexte, l'orientation diagonale permet d'entretenir l'illusion qu'aucune façade ne subit le plein nord, et qu'un peu des bénéfiques de chacune des théories dominantes pourra être préservé.

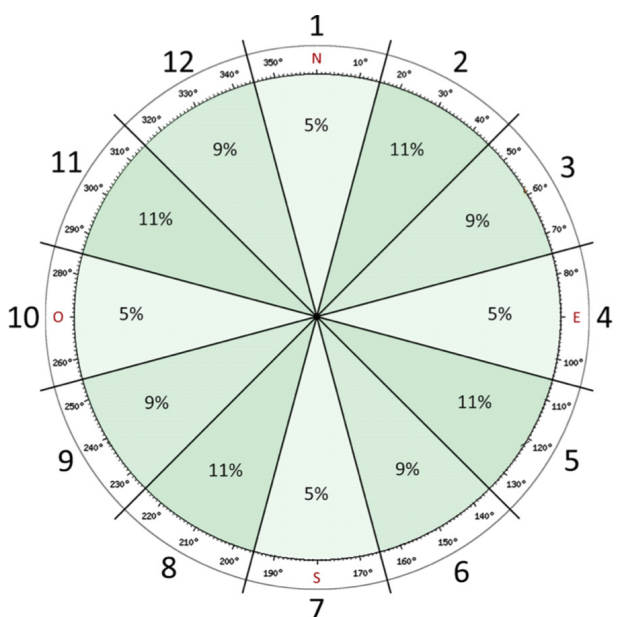


Figure 4.07 : Distribution des façades des bâtiments de type barre suivant leur orientation.

On peut observer que les orientations dominantes varient suivant les types morphologiques des bâtiments. Ceux de type barre (51% du corpus des 112 bâtiments étudiés) se répartissent presque uniformément sur l'ensemble des secteurs, avec cependant une sous-représentation des expositions franches nord-sud (secteurs 1/7) et est-ouest (secteurs 4/10), comme le montre la figure 4.07. Autrement dit, les barres sont les plus flexibles en termes d'orientation. Elles sont exposées de manière indifférenciée, mais plus souvent dans une exposition diagonale et moins souvent dans une exposition cardinale.

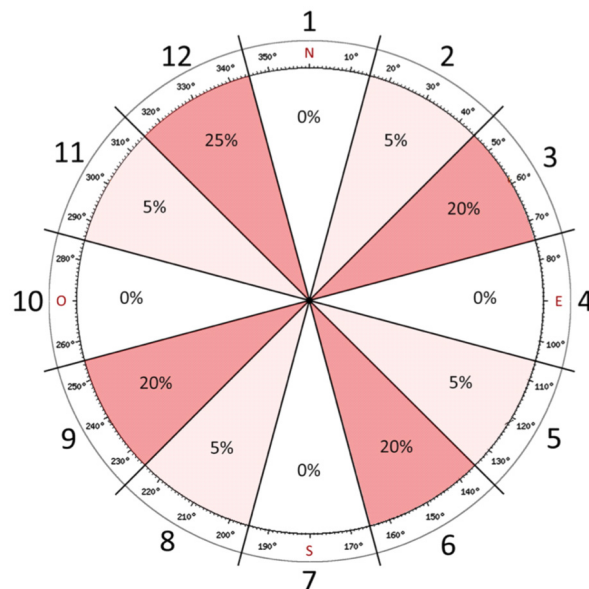


Figure 4.08 : Distribution des façades des bâtiments de type plot suivant leur orientation.

Les bâtiments de type plot (32% du corpus) se répartissent quant à eux exclusivement sur les orientations diagonales, avec une dominante des expositions sud-ouest / nord-est (secteurs 9/3) et sud-est / nord-ouest (secteurs 6/12). Tout se passe comme si l'organisation en plots, offrant quatre façades équivalentes, imposait quatre orientations les plus équivalentes possibles (cf. figure 4.08).

Enfin, on pourra noter que la présence de balcons ou de loggias ne modifie pas ces préférences pour les orientations diagonales, comme le montre les figures 4.09 et 4.10.

COMPOSITION DES PLANS MASSES

Les simulations d'ensoleillement au solstice d'hiver à midi montrent que les bâtiments sont presque toujours espacés de telle sorte que l'ombre portée par l'un ne déborde pas sur la façade des autres, protégeant ainsi l'accès au soleil potentiel des façades en hiver (cf. figure 10). Cette composition solaire se superpose aux logiques de composition plus formelle des plans masses.

On peut voir ici l'influence des prescriptions hygiénistes d'avant-guerre et de la Charte d'Athènes qui mettent en avant la règle des « deux heures de soleil en hiver ». L'article 26 de la Charte d'Athènes précise ainsi : « Il faut exiger des constructeurs une épure démontrant qu'au solstice d'hiver le soleil pénètre dans chaque logis au minimum deux heures par jour. Faute de quoi, l'autorisation de bâtir sera refusée. » Les différents règlements régissant la construction des grands ensembles qui se succèdent à partir de 1955 vont dans le même sens d'une préservation de l'ensoleillement d'hiver à des fins hygiénistes.

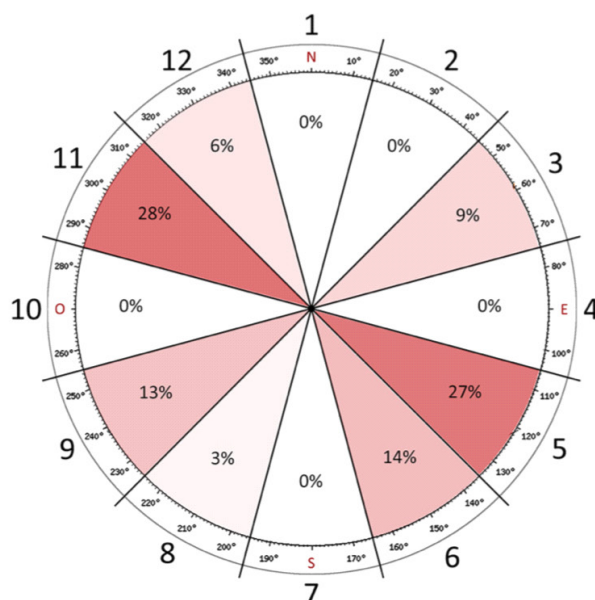


Figure 4.09 : Distribution des façades avec balcons suivant leur orientation.

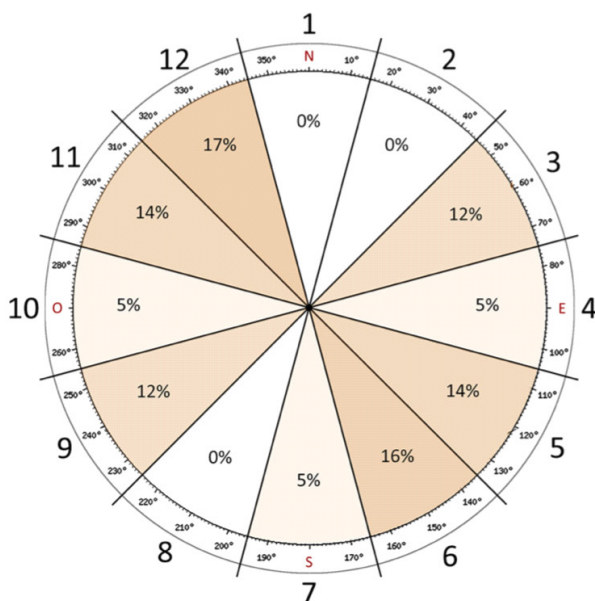
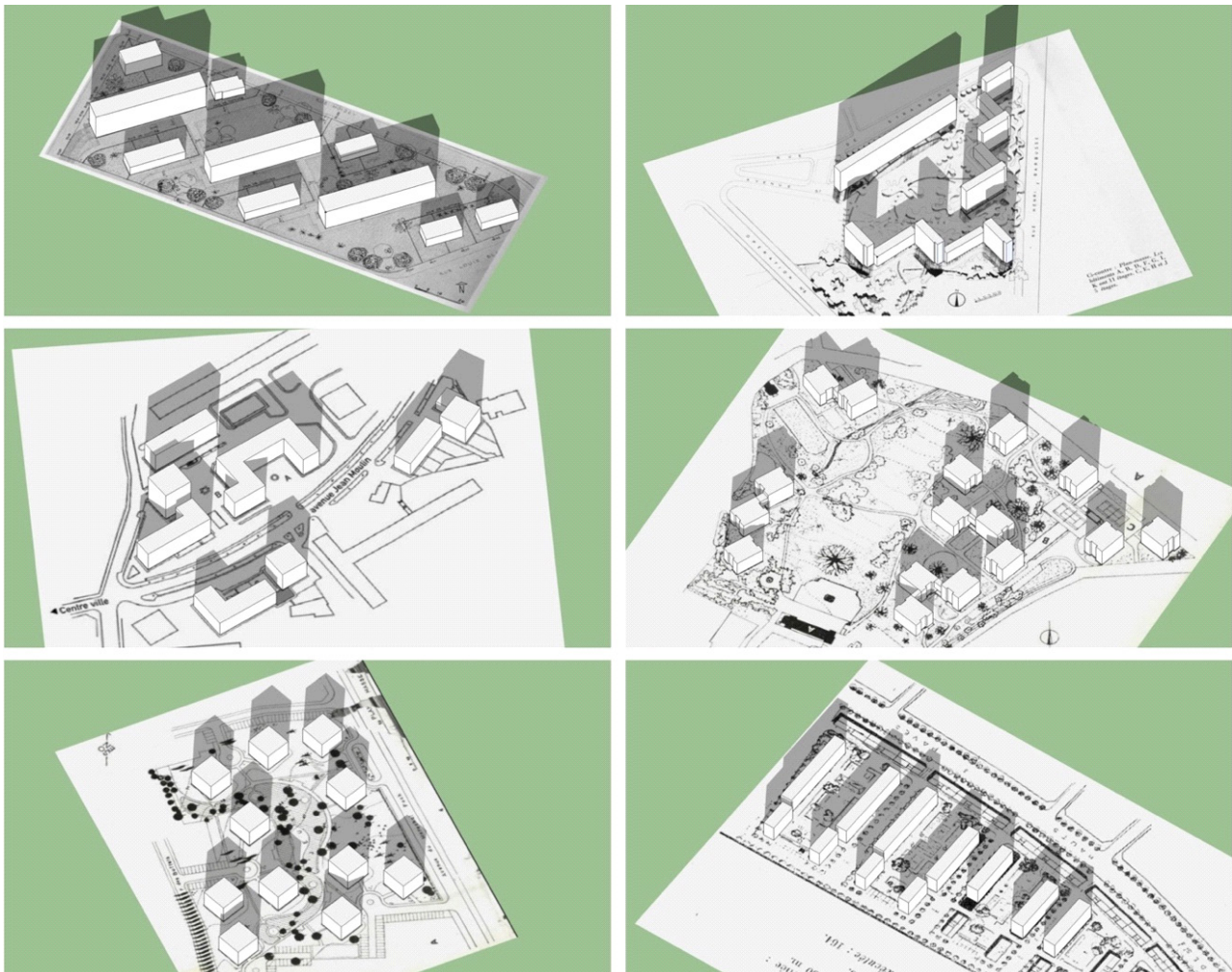


Figure 4.10 : Distribution des façades avec loggias suivant leur orientation.

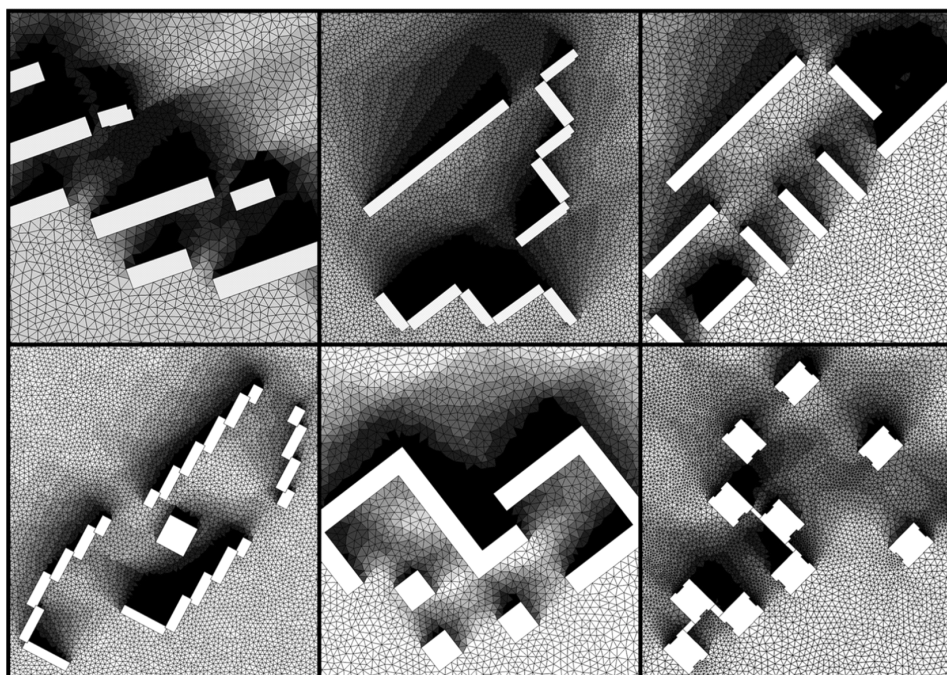


Figures 4.11 : Exemples de projets du corpus où la composition du plan masse semble dictée par l'ombre portée par les bâtiments au solstice d'hiver à midi.

ENSOLEILLEMENT DES ESPACES OUVERTS

Les simulations d'enseillement menées sur le corpus d'étude montrent que les architectes des grands ensembles sont peu préoccupés par les qualités des espaces ouverts attenants aux bâtiments.

En privilégiant des bâtiments compacts et souvent hauts, espacés de la longueur de leurs ombres portées en hiver, ils créent de fait des conditions d'ombrage très fort des espaces extérieurs entre les bâtiments. En hiver, ceux-ci apparaissent comme des zones noires très inconfortables (figure 4.11).



Figures 4.12 : Exemple de simulations d'enseillement au sol en hiver dans les espaces ouverts de différents projets du corpus étudiés.

SYNTHÈSE

La disposition des bâtiments dans les grands ensembles de logements obéit à une rationalité solaire minimale qui semble s'organiser selon deux grands principes :

- Favoriser les orientations diagonales qui permettent de garantir une certaine forme d'équité d'ensoleillement de l'ensemble des façades des bâtiments ;
- Favoriser l'ensoleillement d'hiver sur toutes les façades en évitant les effets de masques à travers une composition des bâtiments attentive aux ombres portées le 21 décembre à midi.

Cette rationalité solaire minimale se conjugue avec les logiques de composition formelle analysées par ailleurs dans le cadre du projet de recherche Smart French (cf. article du présent rapport p.43). Plusieurs limites de cette approche hygiéniste de l'ensoleillement peuvent être mises en évidence :

- La faible optimisation des gains solaires potentiels maximaux liée au fait que les concepteurs évitent les orientations plein sud et qu'ils distinguent peu les propriétés des façades selon les expositions (loggias et balcons au nord-est ou nord-ouest par exemple) ;
- La faible attention à la qualité des espaces ouverts attenants aux bâtiments dont une partie

est plongée dans l'ombre des tours et des barres pendant l'hiver ;

- L'excès potentiel d'ensoleillement sur les façades est et ouest peut conduire à des situations d'inconfort en été.

Ces constats nous conduisent à penser que la question solaire est prise en compte dans la conception des grands ensembles, mais sans engagement réel des architectes qui misent sur des dispositions moyennes et sur la simple application d'une règle hygiéniste contestable. On est loin ici des préoccupations bioclimatiques qui apparaîtront quelques décennies plus tard (cf. article du présent rapport p.61).

LIMITES DE LA RECHERCHE

Comme indiqué plus haut, il nous est difficile de connaître la valeur de généralité des résultats obtenus sur un échantillon de 13 projets et de 112 bâtiments. La recherche a montré la faisabilité d'une analyse solaire d'un corpus de bâtiments à partir d'indicateurs à portée statistique et de simulations numériques plus qualitative. Les résultats obtenus invitent à un examen systématique d'un corpus beaucoup plus large. Une telle approche requiert des moyens d'investigation importants pour la constitution des bases de données, la mise en œuvre des analyses solaires et des simulations à grande échelle, et les interprétations statistiques.

5. POTENTIELS DE PROJETS ET DE DÉVELOPPEMENT DE RECHERCHE

Une composition des plans masses attentive à l'accès au soleil offre-t-elle des qualités environnementales supplémentaires à ces ensembles de logements ? La réponse doit être nuancée. D'une part, la garantie de l'accès au soleil des façades en hiver n'est intéressante que lorsque les façades bénéficient d'orientations favorables, c'est-à-dire les orientations au sud, plus ou moins 30 degrés environ. Or, seule une faible partie des façades des bâtiments étudiés bénéficient d'une telle orientation. D'autre part, l'étalement des ombres portées sur l'espace ouvert attenant aux bâtiments transforme ces espaces en zones de circulation sans qualité en hiver.

De manière générale, lorsqu'elles sont avérées, les qualités d'exposition des bâtiments doivent être mises à profit dans les processus de rénovation. Il s'agit ici de s'assurer que :

- Le potentiel de captation d'hiver ou de mi-saison est bien utilisé, ce qui implique notamment de conserver les vitrages les plus larges possibles et de favoriser le captage de la chaleur à travers l'inertie du bâtiment ;
- Les risques liés à une surexposition solaire sont maîtrisés par une ventilation naturelle suffisante notamment ;
- Le confort des habitants est préservé, par des dispositifs occultants divers qui permettent à chacun de moduler l'apport de chaleur et de lumière.

Les projets devraient parallèlement être attentifs à l'organisation des espaces ouverts extérieurs pour privilégier des usages conformes à leurs qualités d'ensoleillement à différentes saisons.

CARACTÉRISATION DES QUALITÉS BIOCLIMATIQUES DES PROJETS

Amir Mahamoud ISSA, Ignacio REQUENA, Daniel SIRET

1. OBJET DE L'ÉTUDE ET HYPOTHÈSES

L'étude des aspects environnementaux de l'architecture intéresse l'histoire architecturale depuis longtemps. Aujourd'hui nous assistons à l'émergence d'une sous-discipline, celle de l'histoire environnementale de l'architecture (environmental history of architecture) qui intègre les apports de plusieurs domaines comme l'histoire des techniques, l'histoire environnementale ou l'histoire des sensibilités (BARBER et al., 2018). Les chercheurs contribuant à ce champ cherchent à renouveler l'analyse historique de la production architecturale et urbaine selon de nouveaux cadres conceptuels liés à la gestion des ressources énergétiques, à la sensibilité aux climats ou aux dimensions culturelles du confort (BARBER, 2016 ; CHANG et WINTER, 2015 ; SIRET, 2013a ; HAWKES, 2012). Parallèlement, des historiens d'autres domaines s'intéressent à l'objet architectural comme marqueur de la sensibilité d'une société à la question environnementale (COOPER, 2008 ; JANKOVIC, 2013).

Ces recherches aboutissent au constat que les préoccupations concernant les interactions entre l'architecture, l'habitant et le climat ont toujours fait partie du savoir-faire des architectes. Cependant, ces interactions se sont considérablement transformées tout au long de l'histoire et plus particulièrement au siècle dernier, comme l'architecture organique de F.L. Wright (1914), le bioréalisme en architecture de R. Neutra (1929) et la Ville Radieuse (soleil-espace-verdure) de Le Corbusier (1934). Pendant les années d'après-guerre, un tournant plus scientifique et déterministe est apparu, avec par exemple le Weather Control Project de J.M. Fitch (1948), la climatologie de l'habitation de R. Leroux (1949) ou l'architecture bioclimatique de V. Olgyay (1963).

Ces théories, dites environmentalistes après-coup,

ont souvent été présentées comme des connaissances isolées et contraires aux grands courants de la modernité. Plusieurs travaux ont montré que ces connaissances étaient en réalité diffusées à travers les revues d'architecture (REQUENA-RUIZ, 2016) et intégrées dans certaines formations en architecture (ANKER, 2010). Malgré la nouvelle importance accordée aux approches pré-environmentalistes en architecture, la littérature produite reste générale et l'influence des connaissances développées par les théoriciens sur les pratiques constructives effectives a été peu évaluée. C'est l'objet de la présente recherche que de contribuer à ce passage entre théories et pratiques à travers la base de données SmartFrench. Nous sommes ainsi amenés à nous demander si les architectes d'après-guerre ont incorporé des critères bioclimatiques dans la conception des grands ensembles et conséquemment, s'il existe un parc immobilier de grands ensembles aux caractéristiques proches des préconisations de l'architecture bioclimatique.

Pour apporter quelques éléments de réponse à ces questions, cette étude met en place une démarche de recherche basée sur l'étude des qualités environnementales de l'objet architectural même à partir de la base de données SmartFrench. Nous avons deux objectifs :

- Élaborer des indices quantitatifs permettant de caractériser les potentiels bioclimatiques des architectures des grands ensembles, ces indices devant être adaptés au travail à partir d'une base de données ;
- Comprendre à l'aide de ces indices les principaux phénomènes environnementaux à l'œuvre dans ces architectures.

2. ÉTAT DE L'ART

Les travaux mobilisant des indices physiques sur la gestion des flux d'énergie dans le bâtiment sont principalement axés sur le bâtiment neuf. Ceci implique une maîtrise des caractéristiques formelles et constructives des projets ainsi que la possibilité de recours à des simulations numériques maîtrisées des phénomènes. Parmi les sources ayant travaillé sur des approches théoriques ou empiriques, nous avons retenu pour cette étude les indices adaptés

aux données disponibles dans la base SmartFrench, laquelle a été complétée, dans certains cas, par des recherches complémentaires. Les sources concernent principalement les travaux de (CHATELET et al., 2000 ; FERNANDEZ et LAVIGNE, 2009 ; FERRUCCI et al., 2018 ; IZARD et GUYOT, 1979 ; LIEBARD, 1996 ; MUSY et al., 2006 ; NEILA GONZALEZ, 2004 ; OLGAY, 1963). Nous décrivons ici succinctement les grands principes pris en compte dans l'analyse.

CAPTATION DE L'APPORT SOLAIRE HIVER/ÉTÉ

Il s'agit ici d'évaluer la capacité d'un bâtiment à capter l'énergie du soleil pendant l'hiver et à se protéger de la surchauffe en été. Nous pouvons regrouper les indices selon plusieurs paramètres :

L'orientation du bâtiment :

- Indice d'orientation sud et ouest (%) : pourcentage des surfaces de façade orientées vers le sud et l'ouest.
- Indice d'exploitation de l'orientation sud (%) : pourcentage des surfaces des espaces de vie orientées au sud par rapport à la surface habitable totale.
- Indice de captage solaire (%) : rapport entre l'énergie reçue par les façades du bâtiment et l'énergie reçue par un bâtiment théorique orienté nord-sud.

La gestion des masques solaires :

- Indice de performance solaire (%) : rapport entre l'énergie solaire incidente sur la façade avec masques (Wh/m^2) et son équivalent sans masque de l'environnement.
- Indice d'ombre portée (%) : surface de façade masquée par rapport à la surface totale de façade pour une période ou date de référence (par exemple, le 21 décembre).

Le potentiel captatif de la forme architecturale :

- Indice d'apport solaire (Wh/m^2) : moyenne annuelle d'énergie solaire incidente sur les façades rapportée à la surface habitable du bâtiment en m^2 .
- Indice d'ouverture (%) : rapport entre la surface des ouvertures et la surface totale de façades.

DÉPERDITION D'ÉNERGIE

Il s'agit ici d'évaluer la capacité du bâtiment à conserver l'énergie, captée passivement ou injectée par des systèmes de chauffage. L'équilibre entre déperdition et captation d'énergie étant complexe, l'analyse de ce phénomène ne répond pas à une échelle binaire et dépend du climat local. La majorité des indices de l'état de l'art s'appuie sur la compacité, qui mesure le rapport entre la surface d'enveloppe et le volume intérieur :

- Indice de compacité surfacique (%) : rapport entre la surface cumulée des façades, toitures et planchers exposés à l'extérieur et la surface habitable.
- Indice de compacité volumique (m^{-1}) : rapport entre la surface cumulée de façades et le volume du bâti.
- Indice de compacité pondérée ($W.m^2/K$) : rapport entre la somme des surfaces de façades multipliées chacune par son coefficient de

transmission thermique ($W/m^2.K$) et la surface cumulée de planchers.

STOCKAGE ET DÉPHASAGE DE L'ONDE THERMIQUE

Caractérisé par l'inertie thermique, ce phénomène décrit la capacité du bâtiment à stocker l'énergie et à la restituer au moment voulu. Physiquement, il dépend de l'effet combiné de la capacité d'accumulation et de la résistance thermique, aspects dont le calcul requiert une connaissance détaillée des caractéristiques des matériaux, notamment la chaleur spécifique ou capacité thermique massique ($J/kg.K$) et la masse volumique (kg/m^3). Le seul indice trouvé dans la norme NF ISO 13786 n'est pas adaptable pour notre étude compte tenu du manque de données et du temps de calcul nécessaire.

VENTILATION NATURELLE

Le potentiel d'un bâtiment à capter les courants d'air pour ventiler les logements répond à des questions hygiéniques ainsi qu'au besoin de confort en été. Nous pouvons regrouper les indices selon plusieurs paramètres :

Masques aérodynamiques produits par l'environnement :

- Classe de rugosité environnante : provenant de l'Eurocode 1, cet indice classe l'exposition aux vents selon l'environnement et la hauteur du bâtiment par rapport au gabarit urbain.
- Indice de densité volumique urbaine (m^{-1}) : rapport entre la volumétrie construite (m^3) et la surface de la parcelle étudiée (m^2).

Forme architecturale :

- Indice d'orientation des façades par rapport aux vents dominants (%) : proportion de linéaires de façade orientée face ou perpendiculairement aux vents dominants.
- Coefficient de ventilabilité : établi par Ferrucci et al. (2018), cet indice estime la capacité de ventilation d'un bâtiment en fonction de son orientation et de la proportion longueur/largeur pour les tours, et hauteur/largeur pour les barres.

Typologie architecturale :

- Indice d'ouvertures (%) : établi par Olgyay (1963), cet indice compare la surface des ouvertures situées dans la façade exposée aux vents dominants (entrée d'air) et la surface des ouvertures des façades opposées (sortie d'air).

3. MÉTHODOLOGIE ET PÉDAGOGIE IMPLIQUÉE

Pour estimer les qualités bioclimatiques des projets de la base de données SmartFrench, nous avons développé cinq indices synthétiques à partir de l'état de l'art. Ils caractérisent les phénomènes de captation d'énergie solaire en hiver, de prévention des surchauffes en été, de gestion des déperditions thermiques, de stockage de l'énergie et de ventilation naturelle des espaces. L'analyse statistique comparée des indices a servi de support à la discussion sur les potentiels bioclimatiques des bâtiments du corpus. Enfin, l'ensemble des bâtiments composant le corpus a été traité statistiquement de manière à mettre en évidence les éventuelles corrélations et regroupements selon leurs indices bioclimatiques.

La recherche a été menée par Amir Mahamoud Issa, à travers son stage de recherche du master-2 Sciences et techniques des environnements urbains (STEU) sous la direction d'Ignacio Requena et Daniel Siret au sein de l'équipe CRENAU de l'UMR AAU à l'ENSA Nantes. On peut considérer que trois mois à temps plein ont pu être réellement consacrés à la mise en œuvre opérationnelle de la recherche.

Au regard de ces enjeux méthodologiques et de notre expérience précédente sur la base de données (cf. article sur la rationalité solaire des compositions architecturales et urbaines), nous avons décidé de limiter le travail des indicateurs à un corpus de 14 projets, correspondant à 133 bâtiments, 580 façades et 5044 logements. Le choix des projets a été réalisé en fonction de considérations pratiques de disponibilité des données dans la base et d'accès aux données complémentaires nécessaires (en particulier, accès aux revues décrivant les projets). Ces projets sont les 13 projets étudiés dans le cadre de l'analyse solaire des compositions architecturales et urbaines (voir le tableau figure 2 dans cet article) auxquels s'ajoute le projet Les Bas Coudrais de E. Beaudoin à Sceaux (1957-1962).

INDICES DÉVELOPPÉS

Indices 1 et 2 : captation d'énergie solaire en hiver et prévention de surchauffe en été

Il s'agit de mesurer le potentiel de captation de l'énergie solaire par le bâtiment en hiver et en été. Les indices prennent en compte l'irradiation solaire du site, le rapport des surfaces opaques/vitrées des façades et les ombres portées. Le calcul implique une différenciation des données pour la saison hivernale et estivale. Pour la première, il s'agit de caractériser l'apport d'énergie solaire pour chauffer les logements passivement. Tandis que pour la deuxième, l'objectif est de caractériser l'éventuel risque de surchauffe. Autrement dit, cet indice ne prend pas en compte d'éventuels moyens de protection solaire actionnés par les habitants (volets, stores, rideaux, etc.). Notre indice met en relation plusieurs aspects liés au

contexte climatique, à la forme urbaine, à la forme architecturale et à la configuration des façades. Les paramètres nécessaires au calcul de l'indice sont l'énergie moyenne reçue par chaque façade en hiver et en été (kWh/m² par jour, calculé à l'aide du logiciel en ligne CALSOL), le coefficient de façade ensoleillée (%) à midi pour le solstice d'hiver et pour le solstice d'été, la surface de vitrage (m²) et le coefficient de vitrage ensoleillé (%). Afin d'obtenir un indice comparatif, cette valeur est rapportée à la surface totale de planchers habités (m²).

Indice 3 : déperditions thermiques

Comme l'indique l'état de l'art, le principal indice comparatif est la compacité volumique. Nous intégrons la construction et la géométrie de l'enveloppe en faisant l'hypothèse que c'est principalement la surface de vitrage qui augmente les déperditions. Plus la surface de vitrage sera importante, plus le bâtiment sera déperditif. Cette simplification est forcément réductrice et néglige des phénomènes physiques complexes de transfert d'énergie ; toutefois, elle reste proche de la réalité physique du bâtiment et n'impose pas d'hypothèses sur la composition des parois. L'indice proposé relie la surface de façade vitrée (m²) au volume total du bâtiment (m³), donnant lieu à un indice en m⁻¹.

Indice 4 : stockage de l'énergie

Cet indice caractérise la capacité d'un bâtiment à stocker l'énergie captée. Afin de réduire au maximum les hypothèses sur les modes constructifs et la physique des matériaux, notre indice est basé sur l'hypothèse que le stockage d'énergie sera réalisé essentiellement dans la masse du bâtiment. Plus un bâtiment est massif, plus il est capable de retenir l'énergie apportée par les sources extérieures. L'indice mis en place évalue la masse volumique du bâtiment (T/m³), en reliant la masse totale (T) des éléments à plus grand potentiel de stockage (planchers, murs de refend, façades et parois massives) et le volume du bâtiment (m³). Les sources pour l'évaluation des projets sont les articles de revues présents dans la base SmartFrench ainsi que la littérature en histoire de la construction (BUTTIENWIESSER et CHEVET, 1997 ; LAMBERT et al., 2009 ; VAN DER VOORDE et al., 2015).

Indice 5 : ventilation naturelle des espaces

Il s'agit de caractériser la ventilabilité du bâtiment afin d'évacuer l'énergie captée pendant les périodes de surchauffe et de retrouver des conditions confortables à l'intérieur. L'expérimentation des indices présentés lors de l'état de l'art ne nous semblait pas concluante pour le traitement d'un large corpus de formes architecturales et urbaines diverses situées dans des contextes urbains variables. L'indice qui nous a semblé le plus robuste et adapté est celui de la perméabilité à l'air du bâtiment en fonction de la

typologie des appartements. Pour chaque bâtiment, nous avons ainsi calculé le ratio des appartements non traversants, des appartements traversants avec deux façades opposées et des appartements traversants avec deux façades perpendiculaires (appartements d'angle).

ANALYSE STATISTIQUE DES RÉSULTATS

À partir de ces indices, nous avons développé une analyse statistique des bâtiments de la base de données. Dans un premier temps, nous avons analysé les potentiels bioclimatiques par comparaison des indices deux à deux :

- Potentiel à gérer les flux solaires (captation d'hiver versus captation d'été),
- Potentiel de maîtrise de l'énergie pour le confort d'hiver (captation d'hiver versus stockage),
- Potentiel à conserver la chaleur et la fraîcheur (déperditions versus stockage),
- Potentiel de confort d'été (captation d'été versus

ventilation naturelle).

Ensuite, le corpus de 133 bâtiments, caractérisés chacun par cinq indices, a été soumis à une analyse statistique par composantes principales et clustering k-means à l'aide du logiciel R Studio. Ceci nous a permis de comparer les interactions et corrélations entre indices ainsi que de tenter des regroupements des bâtiments à partir de leurs caractéristiques bioclimatiques.

4. CONNAISSANCES NOUVELLES ACQUISES

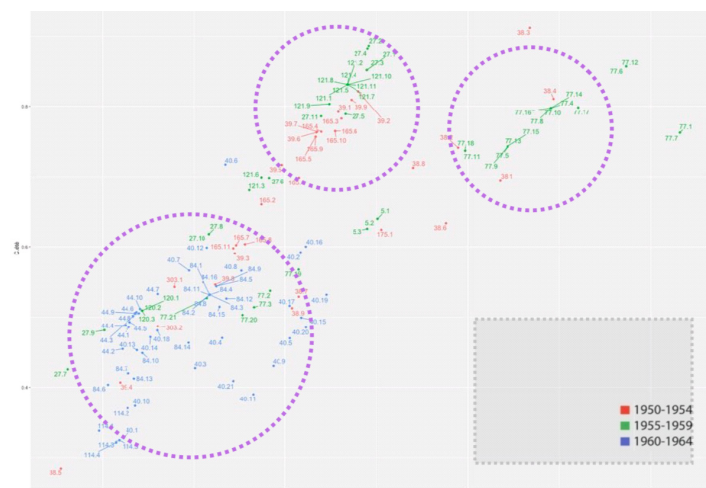


Figure 5.01 : Comparaison entre captation d'hiver (axe horizontal) et captation d'été (axe vertical), projets colorés par périodes : 1950-1954 (rouge), 1955-1959 (vert) et 1960-1964 (bleu).

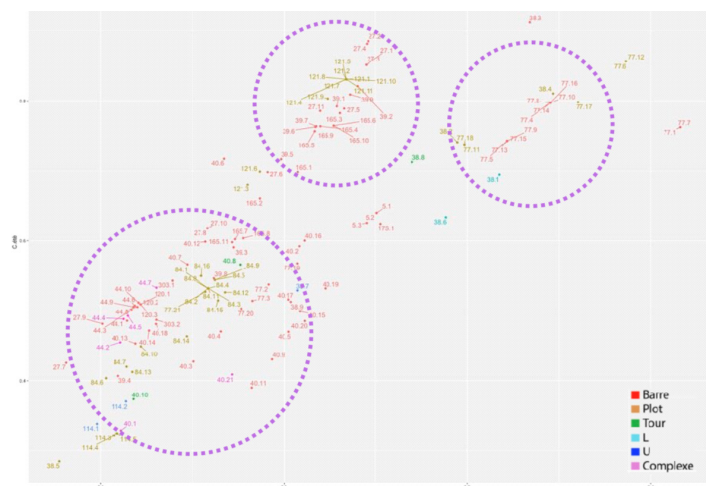


Figure 5.02 : Comparaison entre captation d'hiver (axe horizontal) et captation d'été (axe vertical), projets colorés par typologie : barres (rouge), plots (jaune), tours (vert), L (cyan), U (bleu) et types complexes (violet).

POTENTIEL À GÉRER LES FLUX SOLAIRES HIVER/ÉTÉ

La comparaison entre les indices de captation solaire en hiver et en été (cf. figure 1) montre que, de manière générale, nous sommes face à un corpus de bâtiments hautement captatifs en hiver comme en été. La forte corrélation des indices hiver/été indique que les bâtiments qui ont un faible risque de surchauffe en été ont également une faible capacité de captation de l'apport solaire en hiver.

Ce constat met en évidence la difficulté à trouver un équilibre entre la captation d'hiver et la protection d'été par le seul recours à la forme architecturale et aux dispositifs fixes, comme l'orientation du bâtiment, l'ouverture des façades ou la mise en œuvre de protections solaires fixes (balcons, loggias). Cependant, pour les bâtiments hautement captatifs, le risque de surchauffe pourrait être minimisé à l'aide de dispositifs actionnés par les habitants (volets, stores, rideaux). Par conséquent, les bâtiments se trouvant dans cette partie du graphe sont susceptibles de retrouver plus facilement de bonnes conditions de confort en été.

La prise en compte de l'année de construction dans l'analyse montre que les projets des années 1950 correspondent majoritairement au cas de figure des bâtiments captatifs en hiver comme en été (figure 5.01, bâtiments colorés en rouge et en vert). Au contraire, les

projets des années 1960 sont moins captatifs et se trouvent regroupés dans la partie basse du graphe. Cette différence peut s'expliquer par le changement des modes constructifs et de la réglementation qui conduisent, pendant les années 1960, à des bâtiments plus profonds, avec des noyaux de services intérieurs et des façades plus massives.

L'analyse par types de bâtiments (cf. figure 5.02) montre que les deux types principaux du corpus (barres d'une part, plots et tours d'autre part) ne suivent pas de tendance particulière. Les barres avec des appartements à double orientation optimisent la captation d'énergie solaire de même que les plots avec des appartements d'angle.

POTENTIEL DE MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE POUR LE CONFORT D'HIVER

La comparaison entre l'indice de captation d'hiver et l'indice d'inertie thermique (cf. figure 5.03) nous permet de constater l'absence de bâtiments gérant correctement les deux phénomènes. Notre corpus est essentiellement composé de bâtiments à fortes masses volumiques avec une faible captation pendant les années 1960 et, inversement, de bâtiments captatifs avec une masse volumique moyenne pendant les années 1950. Un tel effet est prévisible du fait des changements de modes constructifs expliqués précédemment entre les décennies 1950 et 1960.

POTENTIEL À CONSERVER LA CHALEUR ET LA FRAÎCHEUR

La comparaison entre les indices de conservation et de stockage de l'énergie (cf. figure 5.04) montre que, pendant les années 1950, les bâtiments sont plus ou moins compacts mais souvent plus légers que ceux des années 1960. Cette tendance nous renseigne sur leur faible capacité à déphaser les effets de l'onde thermique extérieure afin de produire des conditions d'ambiance thermique relativement stables à l'intérieur. Les exemples des années 1960 sont globalement plus compacts et lourds ; ils sont donc moins sensibles aux changements thermiques quotidiens.

POTENTIEL DE CONFORT D'ÉTÉ

La comparaison entre l'indice de mono-orientation (pas de ventilation traversante) et la captation d'été (cf. figure 5.05) révèle que la quasi-totalité des projets analysés dispose des logements favorisant la ventilation naturelle, que ce soit par des appartements traversants ou des appartements d'angle. Dans notre

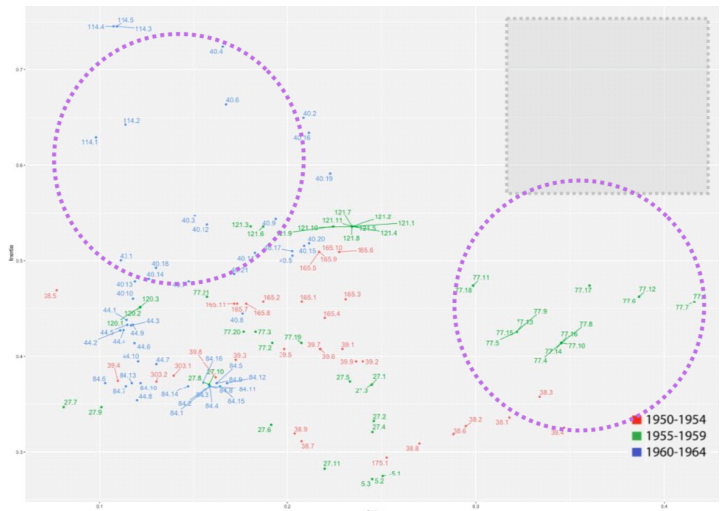


Figure 5.03 : Comparaison entre captation d'hiver (axe horizontal) et inertie thermique (axe vertical), projets colorés par périodes : 1950-1954 (rouge), 1955-1959 (vert) et 1960-1964 (bleu).

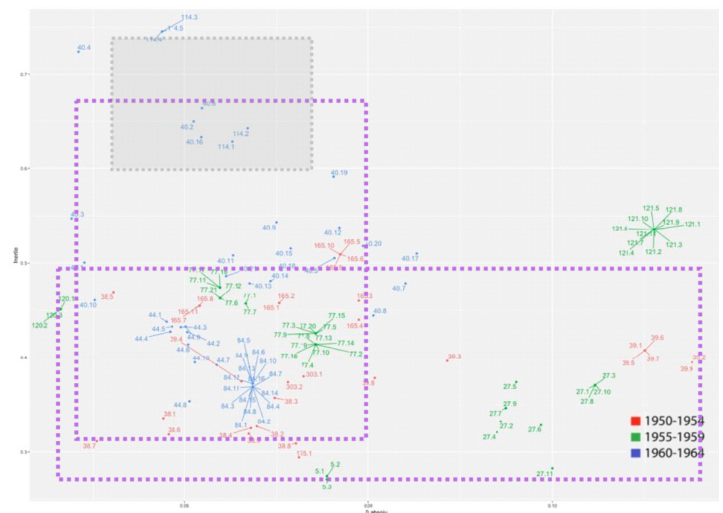


Figure 5.04 : Comparaison entre compacité (axe horizontal) et inertie thermique (axe vertical), projets colorés par périodes : 1950-1954 (rouge), 1955-1959 (vert) et 1960-1964 (bleu).

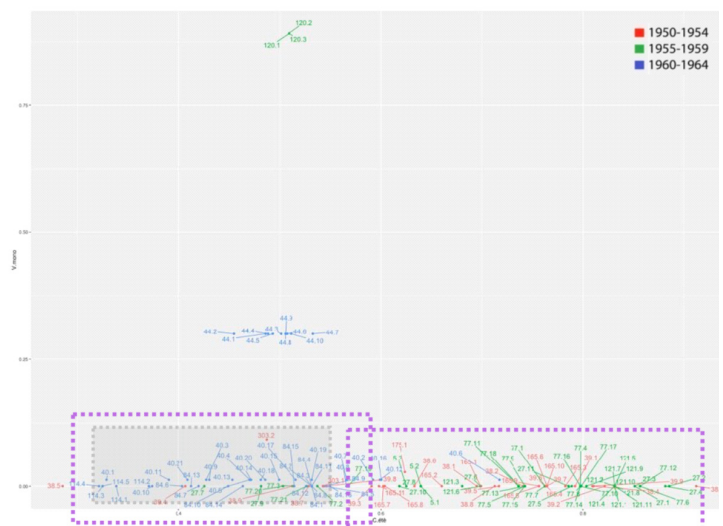


Figure 5.05 : Comparaison entre captation d'été (axe horizontal) et ratio d'appartements non traversants (axe vertical), projets colorés par périodes : 1950-1954 (rouge), 1955-1959 (vert) et 1960-1964 (bleu).

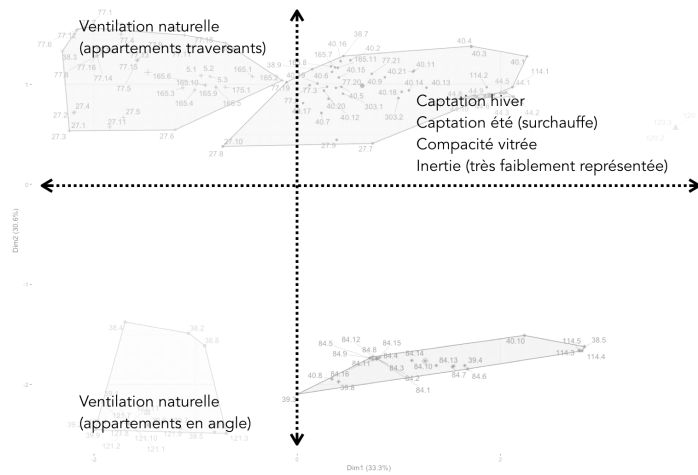


Figure 5.06 : Indices représentés par l'analyse factorielle et évalués pour la division en clusters

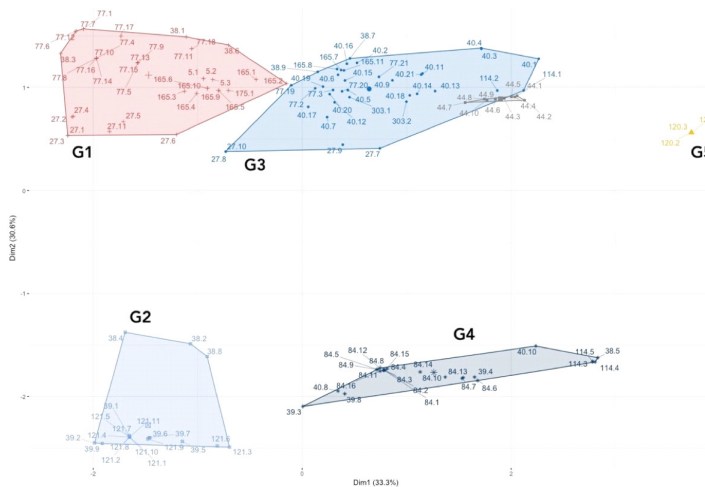


Figure 5.07 : Analyse du corpus par clustering

- Groupe 1 (G1 sur la figure 5.07) : il s'agit de bâtiments avec une captation d'hiver et d'été élevées, moyennement compacts et avec des appartements traversants. Ce groupe est composé de 36 bâtiments parmi lesquels ceux des projets de La Citadelle à Bagnols-sur-Cèze (Candilis-Josic-Woods), la Cité des Hauts Pavés à Nantes (Roux-Spitz) et l'Unité d'Habitation à Marseille (Le Corbusier).
- Groupe 2 (G2) : il s'agit de bâtiments avec une captation d'hiver et d'été légèrement plus basse, moyennement compacts et avec des appartements en angle. Ce groupe est composé de 20 bâtiments, dont 11 du projet des Buffets à Fontenay-aux-Roses (Lagneau).
- Groupe 3 (G3) : il s'agit de bâtiments plus compacts que les groupes précédents avec des appartements traversants et une capacité de captation d'hiver ou d'été diminuée par des loggias et balcons trop profonds, ou ponctuellement du fait des masques solaires de l'environnement. Ce groupe est composé de 49 bâtiments, parmi lesquels plusieurs bâtiments des projets de la Chancellerie à Bourges (Andrault et Parat), des Bas Coudrais à Sceaux (Beaudoin), ou encore de la Cité des Bleuets à Créteil (Bossard).
- Groupe 4 (G4) : il s'agit de bâtiments d'une compacité similaire au groupe 3, avec des appartements orientés en angle, mais avec une capacité de captation réduite souvent par un mauvais choix d'orientation solaire ou du fait des masques solaires entre bâtiments. Ce groupe est composé de 25 bâtiments, dont l'ensemble des bâtiments de la Résidence Le Château de Louveciennes (Herbé et Le Couteur).
- Groupe 5 (G5) : il s'agit d'un groupe très réduit avec des bâtiments compacts, avec une captation d'hiver et/ou d'été moyenne et des appartements mono-orientés. Ce groupe est seulement composé des 3 bâtiments de la Cité des Provinces françaises à Nanterre (Zehrfuss).

Cette analyse montre qu'il est difficile d'appréhender les caractéristiques bioclimatiques des grands ensemble en les considérant par projet. Bien que l'approche globale de l'architecte soit essentielle, des aspects comme l'orientation, les typologies d'appartements ou le format d'ouverture modifient le potentiel bioclimatique de chaque bâtiment au sein d'un même projet.

corpus, les cas où l'architecte choisit la mono-orientation des appartements sont marginaux, comme la Cité des Provinces françaises de Bernard Zehrfuss (Nanterre, 1957-1959). Nous pouvons faire l'hypothèse que l'héritage hygiéniste sur l'accès à l'air frais, inspirateur du Cahier de prescriptions techniques et fonctionnelles minima (1955), reste bien ancré dans l'architecture de la Reconstruction.

CLASSIFICATION DES BÂTIMENTS SELON LEURS CARACTÉRISTIQUES BIOCLIMATIQUES

La figure 5.06 montre une classification des bâtiments selon deux axes principaux : l'axe horizontal synthétise la capacité de captation d'hiver (plus captatif à gauche), la capacité de captation d'été (plus captatif à gauche), la compacité vitrée (plus compact à droite) et très faiblement l'inertie thermique. L'axe vertical représente le type de ventilation traversant (en haut) ou en angle (en bas).

L'analyse par la technique de clustering dégage cinq regroupements dont les caractéristiques bioclimatiques sont proches (cf. figure 5.07). Il est important de souligner que l'analyse est faite par bâtiment et non par projet. Un même projet peut proposer des typologies architecturales différentes ou des bâtiments identiques orientés différemment. Des bâtiments différents d'un même projet peuvent donc appartenir à des groupes différents.

LIMITES DE LA RECHERCHE

Comme indiqué plus haut, il nous est difficile de connaître la valeur de généralité des résultats obtenus sur un échantillon de 133 bâtiments. La recherche a montré la faisabilité d'une caractérisation bioclimatique d'un corpus de bâtiments à partir

d'indicateurs à portée statistique. Les résultats obtenus invitent à un examen systématique d'un corpus beaucoup plus large. Une telle approche requiert des moyens d'investigation importants pour la constitution des bases de données, la mise en œuvre des indices et l'analyse statistique.

5. POTENTIELS DE PROJETS ET DE DÉVELOPPEMENT DE RECHERCHE

Existerait-il un parc immobilier de la Reconstruction aux caractéristiques proches des préconisations de l'architecture bioclimatique ? Les résultats partiels que nous avons obtenus nous conduisent à penser que les préceptes du bioclimatisme ne sont pas totalement intégrés dans l'architecture des grands ensembles. Cependant, l'analyse par clustering montre qu'un certain nombre de bâtiments du corpus répondent à plusieurs critères bioclimatiques, notamment la captation d'énergie solaire en hiver et la ventilabilité des appartements dans les groupes 1 et 2, avec 56 bâtiments sur 133. Ces deux aspects, fortement ancrés dans le savoir-faire des architectes et les normes de la Reconstruction, pourraient faire l'objet d'approches plus fines pour l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments concernés.

L'analyse souligne les différentes qualités entre les constructions des années 1950 et celles des années 1960, ce qui doit conduire à un traitement différencié. De même, elle montre l'impact minimale de la typologie architecturale sur le potentiel bioclimatique. Ainsi, les plots et les tours avec des appartements en angle peuvent répondre de la même manière aux enjeux environnementaux que les barres avec des appartements traversants.

Enfin, ce travail contribue à la construction du champ de l'histoire environnementale de l'architecture par une approche nouvelle : l'analyse de la production architecturale par des indices thématiques. Celle-ci permet de mieux comprendre la transmission des connaissances et théories vers la pratique quotidienne de l'architecture. Le croisement des résultats, sur la base d'un échantillon plus large et avec le travail des collègues historiens de l'architecture et des techniques, aiderait à clarifier les enjeux environnementaux de l'architecture de la période.

MÉTHODE D'ANALYSE DU POTENTIEL AÉRAULIQUE DES GRANDS IMMEUBLES 1945-1975, PROPOSITION DE

STRATÉGIES PASSIVES DE VENTILATION ET PRÉSENTATION DES OUTILS POUR L'ÉTUDE

Margherita FERRUCCI

1. ABSTRACT

La consommation d'énergie dans les bâtiments représente 40% de la consommation totale d'énergie en Europe, dont 27% est due aux logements. Les émissions de gaz à effet de serre générées par les ménages représentent 19% des émissions totales européennes. Une réduction de ces émissions et de la consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment peut être réalisée en agissant sur la réhabilitation des logements existants, comme ceux de 1945 à 1975. Cette typologie d'édifices présente des dimensions importantes qui génèrent une forte interaction avec l'environnement. Cette caractéristique nous amène à évaluer leur potentialité aéraulique et à identifier des stratégies bioclimatiques pour la réhabilitation. Vis-à-vis du nombre d'immeubles présents, il s'avère nécessaire d'établir une méthodologie d'analyse qui puisse aboutir à travers des observations simples, à des scénarios de réhabilitation efficaces. Nous avons choisi d'analyser 60 programmes en déterminant les éléments qui décrivent la géométrie des édifices, l'environnement, la typologie des façades et la disposition des logements afin de relever les caractéristiques les plus courantes. A l'aide d'une analyse statistique, il a été

possible de choisir les paramètres significatifs pour la modélisation théorique des immeubles et de formuler des propositions concrètes de rénovation susceptibles de s'adapter facilement à chaque opération. Dans la discussion finale nous présentons des méthodes d'étude de stratégies bioclimatiques avec deux cas d'étude développés un dans l'annexe et dans la notice du Laboratoire Eiffel. Les outils et les méthodes utilisés sont : des simulations numériques (computations numériques de mécanique des fluides, CFD Computational Fluid Dynamics) pour l'analyse des circuits de ventilation activée par tirage thermique, et des expérimentations à échelle réduite en soufflerie pour l'étude du potentiel aérodynamique généré par le vent. Avec ces exemples il est possible de sélectionner des méthodes-analyse, de mettre en évidence les potentialités aérauliques de ces grands immeubles et de relever les criticités qui peuvent se présenter dans la modélisation d'un système. En même temps, cela ouvre des pistes de recherche très détaillées sur le dimensionnement du système de ventilation, qui devrait être étudié de façon plus exhaustive dans de futurs développements de recherche.

2. INTRODUCTION

La consommation d'énergie dans les bâtiments représente environ 40% de la consommation totale d'énergie finale en Europe, dont 27% sont dus aux logements. Ces besoins en énergie sont principalement couverts par des sources non renouvelables. En 2013, l'énergie finale provenant de sources renouvelables des ménages de l'UE-28 ne représentait que 15%. En 2012, les émissions de gaz à effet de serre générées par les ménages ont été à l'origine de 19% des émissions totales européennes [Eurostat 2015]. La directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments (European Directive on the Energy Performance of Buildings 2012/27/EU) oblige chaque État membre à mettre en oeuvre des politiques visant à améliorer les bâtiments, jusqu'à ce qu'ils ne consomment presque plus d'énergie d'ici fin 2020. Toutefois, une réduction complète des émissions dans le secteur du bâtiment peut être réalisée en agissant seulement sur les immeubles existants. À cet effet plusieurs projets ont démarré pour rendre le processus d'économie d'énergie

dans le secteur européen du logement plus transparent, comme le projet EPISCOPE [Stein et al., 2014] : celui-ci vise à développer des approches de surveillance ciblées, combinées à des analyses de scénarios et à des typologies de construction. Ceci fait suite aux précédents projets européens DATAMINE Loga et al., 2009] et TABULA [Loga et al., 2012]. DATAMINE (2006-2008), visait à améliorer les connaissances sur la performance énergétique en utilisant des certificats de performance énergétique (nouvellement introduits à cette époque). TABULA (2009-2012) proposait une approche harmonisée de classification des stocks de bâtiments en fonction de leurs propriétés liées à l'énergie. Un schéma commun a été développé et mis en oeuvre dans 13 pays européens. Le projet EPISCOPE élargit la portée de TABULA pour inclure un total de 20 pays européens. Dans le cadre d'EPISCOPE, des données statistiques officielles ont été collectées concernant l'état et la qualité de l'enveloppe du bâtiment et des systèmes de chauffage des logements ainsi que les tendances en matière de rénovation de bâtiments

résidentiels (<http://www.buildingsdata.eu/data-sources/episcopo-data>). En conclusion, toutes les études sur ces projets [Filippidou et al., 2016], [Corrado et Ballarini., 2016], [Serrano-Lanzarote et al., 2016] soulignent un message assez clair : les objectifs d'économie d'énergie basés sur la rénovation du parc de logements ne peuvent pas être atteints avec les pratiques de rénovation actuelles. Il est évident qu'il est nécessaire de trouver des moyens d'augmenter considérablement le taux et les méthodes de rénovation pour y parvenir, sinon nous mettrions à mal nos attentes réalistes de réduction de demande d'énergie du parc de logements existants [Visscher et al., 2016].

D'où l'intérêt de promouvoir des techniques de ventilation naturelle couplées à des stratégies passives de refroidissement et de réchauffement. Dans les cas où la ventilation naturelle n'est pas suffisante, elle est associée à des systèmes de ventilation mécanique et à la climatisation (ventilation assistée) [Villi, 2009] en bénéficiant quand même d'une réduction de consommation d'énergie. Un autre aspect intéressant de l'utilisation des stratégies passives est la réduction des émissions de gaz à effet de serre, comme le dioxyde de carbone [Bordass et al., 2001]¹. Outre ces avantages, la ventilation naturelle apporte des bénéfices pour la santé des occupants, comme le démontrent les résultats du HOPE projet [Bluyssen et al., 2011]. Les symptômes du Sick Building (Syndrome SBS, syndrome du bâtiment malsain²) régulièrement observés dans les bâtiments avec Ventilation Mécanique Contrôlée, diminuent dans les locaux naturellement ventilés, même s'ils présentent la même qualité d'air que ceux avec VMC. En effet il y a de fortes corrélations entre les systèmes de ventilation et la perception de confort qui souvent diminue avec le VMC.

Aujourd'hui on assiste à la réalisation d'édifices naturellement ventilés (ou en ventilation assistée) mais la réhabilitation des grands ensembles avec l'emploi de stratégies passives aérauliques est un sujet très peu développé en France. Bien que le rythme des opérations de réhabilitation se soit fortement accéléré depuis la parution de la loi Grenelle 1 de 2008, beaucoup d'opérations sur les grands immeubles ont été menées hâtivement, sans prise en compte de la qualité architecturale des édifices, souvent jugée de prime abord sans intérêt comme le démontre l'étude Apur [Apur, 2016]. Cette étude capitalise aussi des enseignements qui se sont révélés au fil des opérations dans les réhabilitations de logements construits à Paris de 1945 à 1974, en venant compléter l'étude précédente [Apur, 2011]. Le diagnostic initial de réhabilitation doit comprendre une analyse de la qualité architecturale de l'édifice, dont l'intérêt est témoigné dans les études [Vayssié, 1988], [Lambert et Nègre, 2009], [Graf et Marino, 2013], [Graf, 2014], [Labruyne, 2016], [Labruyne et al., 2018]. La typologie d'édifices du parc immobilier de logements de l'après-guerre est considérable. Ce qui

nous amène à évaluer leur potentialité aéraulique, fort dépendante de leur impact avec l'environnement : le vent, le soleil et la température. En particulier, la forme du bâtiment et ses dimensions influencent la ventilation due au vent [Olgyay, 1963 ; Gandemer, 1992 ; Ferrucci et Brocato, 2018].

Trouver des solutions et des techniques de réhabilitation qui utilisent de nouveaux circuits aérauliques, déjà partiellement existants, est un défi indéniable. Vu l'amplitude du parc immobilier, l'amélioration des performances énergétique amenées par le changement des circuits aérauliques dans les logements en hiver ou en été (ou dans les deux saisons) pourrait amener de fortes réductions de la demande d'énergie et des émissions de CO2 pour chaque opération (sans considérer l'amélioration du confort).

Dans ce travail, une méthode d'analyse aide à mettre en évidence certaines caractéristiques favorables au développement des stratégies bioclimatiques pour cette multitude d'immeubles de grande taille. Étant donnée l'immensité du parc à analyser, le problème se pose de savoir comment intervenir à ce sujet, c'est-à-dire comment étudier un aussi grand nombre de bâtiments avec des ressources limitées (temps, moyens, chercheurs). La méthode, présentée dans le paragraphe suivant, décrit les choix effectués. Les résultats de l'analyse amènent des propositions de réhabilitation. L'objectif de cette analyse est d'arriver à cibler les caractéristiques du parc immobilier les plus courantes, afin de modéliser les immeubles, du point de vue de l'aéraulique et aérodynamique, avec trois ou quatre modèles représentatifs de chaque scénario. Avec la modélisation, théorique dans une première phase, expérimentale et numérique dans une deuxième (développée partiellement ici), il sera possible de formaliser la problématique et avancer des propositions concrètes de rénovation susceptibles de s'adapter facilement à chaque opération. Cette idéalisation d'un édifice dans un modèle qui le représente se rapproche de l'idée de l'«averaged building» utilisé par Loga et al.. Sauf que dans notre cas, l'édifice d'étude garde ses caractéristiques réelles mais appartient à un modèle de référence théorique (une classe) auquel il est possible d'appliquer certaines stratégies de réhabilitation.

¹ Ces 23 cas d'étude PROBE Studies (Post Occupancy Review of Building Engineering) font partie d'un vaste projet de recherche effectué de 1995 à 2002 soutenu par le Chartered Institution of Building Services Engineers in United Kingdom qui met en évidence une réduction d'un facteur 6 des émissions de CO2 des bâtiments naturellement ventilés par rapport à ceux qui sont climatisés.

² Les symptômes associés à une mauvaise ventilation sont : migraine, difficulté à se concentrer, problèmes respiratoires, faiblesse, sécheresse de la bouche et nausées. Cela entraîne, non seulement une diminution du bien-être et de la santé des occupants, mais aussi une diminution de la productivité sur les lieux de travail avec une augmentation conséquente du coût du travail et des impacts sociaux et sanitaires [Hanssen, 1997]

3. METHODE D'ANALYSE COMPARATIVE

Vis-à-vis du grand nombre d'immeubles, il s'avère nécessaire d'établir une méthodologie d'analyse qui puisse conduire, à travers des observations simples, à des pistes de réhabilitation. Pour évaluer le potentiel du parc, nous avons choisi de collecter certaines informations clé en analysant 60 programmes parmi les 78 choisis par l'équipe des historiens. Bien que l'analyse ne soit pas exhaustive, nous sommes attentifs à ce que l'échantillon soit représentatif de l'ensemble du parc avec une variété de géométries et de solutions constructives très riche. Avec une analyse comparative, nous avons déterminé les éléments qui décrivent la géométrie des édifices, l'environnement, la typologie des façades et la disposition des logements. Tous les éléments sont mis en relation avec la volumétrie de chaque typologie de façon à mesurer l'importance de chaque paramètre.

La base de données Smartfrench a été utilisée pour connaître la géolocalisation des programmes, leurs références (architecte, date du projet, usage) et visualiser les plans typologiques. Nous avons retenus seulement les projets ayant à disposition les plans type des logements. Les informations géométriques, l'environnement, la typologie des façades et l'usage du RDC ont été repérés grâce aux images de Google Earth 3D. Quand les images étaient indisponibles, nous n'avons pas pris en compte le programme. Les caractéristiques collectées pour chaque édifice de chaque projet sont :

- Le type d'environnement. Nous utilisons le système de classement de la rugosité du terrain proposé dans l'Eurocode 1. Nous attribuons une valeur en fonction de la densité du milieu bâti (0 front de mer, II campagne sans construction, IIIa site peu urbanisé, IIIb site urbanisé et IV très urbanisé). Cette indication permet de comprendre l'impact du vent sur les bâtiments (au front de mer ils seront très exposés aux vents, dans un site urbanisé ils seront protégés) Figure 6.01.

- L'interaction aérodynamique entre les édifices de même programme : valeur = 1, il y a une interaction, valeur = 0, pas d'interaction. Ce paramètre nous indique si les bâtiments environnants peuvent amener à des effets de masque sur l'édifice d'étude, Figure 6.02

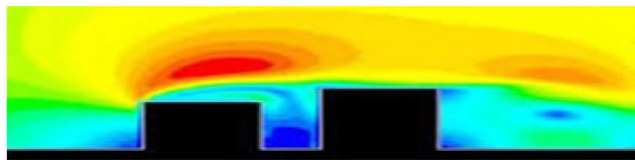


Figure 6.02 : Interaction aérodynamique entre les édifices du même programme (simulation CFD)

- Avec les dimensions des immeubles (largeur W, longueur L, et hauteur H) [m], il est possible de connaître le volume global de chaque bâtiment et de déterminer le rapport de forme de la section horizontale $rh = L/W$ et le rapport de forme de la section verticale $rv = H/L$ de l'édifice.
- Le nombre des étages R+X, où X est l'étage au-dessus du RDC. Ce paramètre nous permet de classer les bâtiments très rapidement par nombre d'étages.
- La hauteur moyenne, H_c [m], au-dessus de la canopée bâtie et son ratio par rapport à la hauteur du bâtiment de référence a été calculée (H_c/H %). Cette émergence de l'édifice permet de connaître les potentialités de ventilation traversant les logements afin qu'ils puissent être bien balayés par le vent. H_c nous indique aussi si l'édifice est au-dessus ou au-dessous de la canopée bâtie environnante.
- La typologie des façades de chaque édifice avec : balcons, loggias, fenêtres et mur, Figure 6.03.
- Si un système de protection solaire est existant.



Figure 6.01 : Classe de rugosité aérodynamique : 0, II, IIIa, IIIb, IV (lecture à partir du haut à gauche, sens horaire)

- Présence d'espaces privatifs extérieurs (square, jardin, parkings privés).
- Le type de ventilation (traversant et/ou non façade et/ou diagonal) a été étudié en évaluant la disposition des logements a Figure 6.04.
- Evaluation de la présence de conduits (cheminées et canaux de vide-ordures).
- Identification de la destination au rez-de-chaussée (RDC) : garages, locaux non exploités, magasins (indiqué avec l'appellation «service») ou destinés aux logements (indiqué avec l'appellation «résidentiel»)



Fenêtres Loggias Mur Pignon Balcons

Figure 6.03 : Typologie des façades

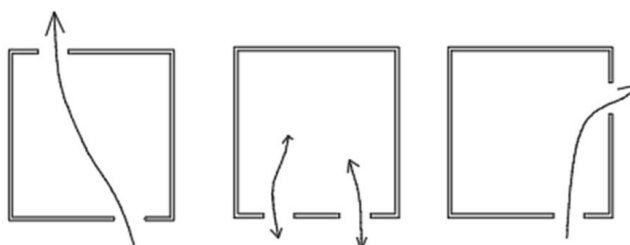


Figure 6.04 : Type de ventilation : ventilation traversant, mono-façade, diagonale (de gauche à droite)

A chaque caractéristique nous avons associé la somme des volumétries V [m3] des édifices de manière à connaître l'impact de chaque caractéristique sur l'ensemble du parc (sauf point a, b et h de la liste). Pour déterminer la volumétrie globale de chaque édifice nous avons appliqué la formule ci-dessous :

$$V = (L * W * H) - h * (p)$$

avec W largeur, L longueur, H hauteur
 p = 0, si RDC = service,
 p = 1, si RDC = résidentiel,
 h = 3 m, hauteur du RDC.

Une fois toutes ces données collectées, nous avons appliqué des opérateurs statistiques (moyenne, médiane) dans le but de formuler des «modélisations théoriques type » des édifices. Pour simplifier la lecture des analyses et les rapprocher des typologies morphologiques qui fonctionnent différemment selon leur forme, nous allons

regrouper les édifices en 3 catégories : les bâtiments bas, les tours et les tours-barres. La classification dépend du nombre d'étages et du rapport de forme verticale et horizontale selon la loi suivante :

- si $x > 4$ et $rh \leq 4$ -> Tour
 - si $x \leq 4$ -> Bâtiments Bas : barres ou plots
 - si $x > 4$ et $rh > 4$ -> Tour-Barre
- avec x = nombre des étages et rh = rapport de forme horizontale.

4. RESULTATS DE L'ANALYSE COMPARATIVE

Le récapitulatif des volumétries des logements analysés est présenté dans le Tableau 6.01 :

Volume	% sur total analysé	Typologie de l'immeuble
3 427 096.00 m ³	34%	Bas
2 260 191.33 m ³	22%	Tour
4 468 372.90 m ³	44%	Tour-Barre
6 728 564.23 m ³	66%	Tour + Tour-Barre
Tt 10 155 660.22 m³	100%	

Tableau 6.01 : Répartition volumétrique des types d'immeubles

Pour ce qui concerne l'étude de l'environnement, le Tableau 6.01 montre le pourcentage des bâtiments situés dans un environnement réparti selon les différentes classes de rugosité aérodynamique (Eurocode 1). Le Tableau 6.02 présente la quantité des formes bâties qui ont une interaction aérodynamique entre elles mêmes (voire point (b) de la liste dans le paragraphe 4). Dans la Figure 6.05, il y a la distribution en pourcentage des typologies des édifices et, dans le Tableau 6.03, les valeurs moyennes des dimensions et des rapports de forme des trois typologies morphologiques. Le Tableau 6.04 présente les détails concernant la hauteur moyenne, au-dessus de la canopée bâtie, Hc [m] et son ratio par rapport à la hauteur du bâtiment de référence, Hc/H [%]. Dans le Tableau 6.05 la typologie de ventilation dans les logements est mise en évidence. Ce renseignement vient de l'analyse des plans type des logements et des observations des photographies des immeubles à l'aide de Google Earth 3D. À partir de ces visualisations nous avons aussi remarqué que 59% des RDC des immeubles sont destinés aux services (magasins, local non utilisé) et 41% est à usage résidentiel. Le Tableau 6.06 illustre la typologie des façades par morphologie.

Classe de rugosité	Bas	Tour	Tour-Barre
0	0%	2%	0%
2	1%	0%	1%
3b	71%	38%	68%
4	28%	60%	30%
Interaction	96%	65%	89%

Tableau 6.02 : Classe de rugosité aérodynamique environneme tale selon les trois typologies d'édifices et % d'interaction aérodynamique entre bâtiments selon la typologie

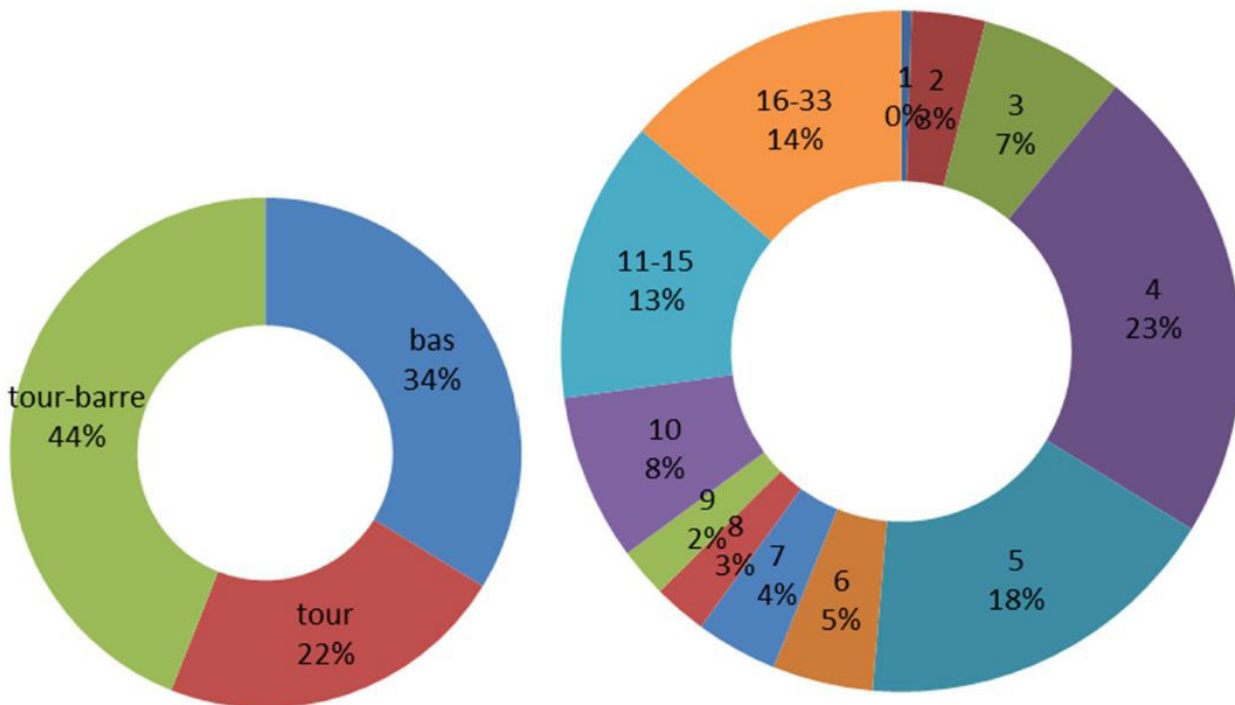


Figure 6.05 : Quantité en pourcentage des bâtiments bas, tours, tours-barres (à gauche) et distribution en pourcentage selon les étages de R+1 à R+33.

Bas 34%

	H	L	W	rv	rh
Moyenne pesée	14	77	11	1,5	7,3
Moyenne	13	91	11	1,4	8,1
Maximun	17	380	20	19	38,3
Minimun	6	19	7	0,5	1

Les conduits d'aération sont présents dans toutes les opérations. On remarque dans la plupart des cas l'absence de systèmes de protection solaire. Chaque opération est bâtie sur une parcelle très vaste, ce qui permet d'avoir un grand espace privatif au pied des immeubles (jardin, terrain vague, parkings, square).

Tour 22%

	H	L	W	rv	rh
Moyenne pesée	56	31	24	2,4	1,5
Moyenne	41	26	20	2,2	1,6
Maximun	100	58	53	5	4
Minimun	16	9	8	0,7	0,3

	Traversant	Diagonal	Mono-façade
Bas	95,58%	6,67%	7,77%
Tour	19,46%	51,86%	80,26%
Tour-Barre	97,67%	6,45%	17,80%

Tableau 6.05 : Pourcentage de logements selon la typologie de ventilation

Tour-Barre 44%

	H	L	W	rv	rh
Moyenne pesée	27	94	11	2,4	8,6
Moyenne	27	90	11	2,5	8
Maximun	64	277	19,7	5,4	21,3
Minimun	12	31,3	7	1,1	4

	Loggia	Mur	Balcon	Fenêtres
Bas	12%	33%	9%	47%
Tour	25%	2%	4%	71%
Tour-Barre	24%	19%	10%	46%

Tableau 6.06 : Pourcentage de la typologie des façades

Tableau 6.03 : Moyenne pesée par rapport à la volumétrie des édifices, moyenne, maximum et minimum des dimensions (hauteur H, longueur L et largeur W) et rapports de forme des édifices (horizontale et verticale) pour chaque typologie de bâtiment (bas, tour et tour-barre). Les dimensions sont exprimées en [m]. Le pourcentage à côté de chaque typologie nous rappelle la quantité d'édifices de ce type du parc analysé.

	Bas 34%		Tour 22%		Tour-Barre 44%	
	Hc[m]	Hc/H	Hc[m]	Hc/H	Hc[m]	Hc/H
Moyenne pesée	0,7	3%	41	68%	13	43%
Médiane	0,0	0%	21	58%	12	46%
Maximun	13,5	1%	78	1%	52	1%
Minimun	16,5	-3%	-1	0%	-13,5	-1%

Tableau 6.04 : Valeurs de la hauteur au-dessus la canopée bâtie environnante Hc, et son ratio par rapport à la hauteur du bâtiment de référence. Moyenne pesée, médiane, valeur minimale et maximale

5. MODELES THEORIQUES DES EDIFICES

Les données ci-contre montrent que les bâtiments sont situés dans un environnement urbain dense (classe IIIb) ou très dense (IV), donc nous ne pourrions pas éviter de représenter la canopée urbaine autour des programmes dans leur modélisation. En outre l'indice d'interaction aérodynamique montre qu'entre les bâtiments d'un même programme, il y a toujours une interaction aérodynamique. Donc, dans la modélisation des édifices d'un programme, il faudra prendre en compte la présence des autres bâtiments (Tableau 6.02). Il ne sera pas possible de modéliser le bâtiment seul, théoriquement ou expérimentalement, car en fait, il interagit avec les bâtiments environnants.

L'analyse du Tableau 6.03 permet de modéliser les édifices selon une typologie morphologique ayant certaines caractéristiques géométriques. Trois types ont été définis : les bâtiments bas, les tours et les tours-barres qui représentent respectivement les 34%, 22% et 44% du parc immobilier. Pour pouvoir travailler sur un modèle qui puisse être fidèle à la réalité, nous avons besoin d'attribuer à ces typologies morphologiques des caractéristiques spatiales et influentes dans l'aérodynamique et dans la prise au vent de l'édifice. Les dimensions significatives à prendre en compte et qui s'adaptent à la variété du parc immobilier, sont celles calculées avec l'opérateur, de la moyenne pesée par rapport à la quantité des immeubles (exprimée par la volumétrie). Avec cette opération, le modèle théorique du bâtiment bas fait 14 m x 77 m x 11 m (hauteur, longueur de la façade principale, largeur), de la tour 56 m x 31 m x 24 m et de la tour-barre fait 27 m x 94 m x 11 m. La hauteur moyenne d'émergence des édifices par rapport à la hauteur moyenne de la canopée urbaine est pour le bâtiments bas, les tours et les tours-barres, respectivement de 0.7m (3% de H), 41 m (68% de H) et 13 m (43% de H), voir Tableau 6.04. Les bâtiments bas restent complètement immergés dans l'environnement urbain sans pouvoir profiter des vents, donc on ne pourra pas compter sur le potentiel aérodynamique, à moins de créer des dispositifs spécifiques, comme des cheminées aérodynamiques et solaires (voire paragraphe 6). Les tours et les tours-barres, au contraire, profitent en grande partie du potentiel aérodynamique créé par les vents (sauf pour les 4 premiers étages). Dans l'analyse on remarque aussi que les logements dans les bâtiments bas et de type tour-barre, profitent d'une ventilation

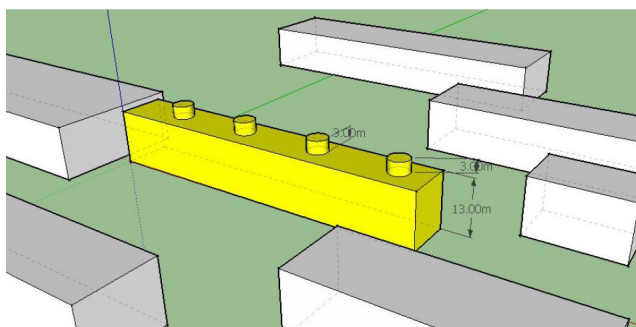


Figure 6.06 : En jaune, modèle de l'édifice type «bas» de hauteur 13 m, immergé complètement dans l'environnement urbain. En blanc les édifices environnants de hauteur égale à la hauteur moyenne de la canopée bâtie. Dans la toiture terrasse nous avons représenté des dispositifs de type cheminée pour améliorer le tirage thermique et aérodynamique.

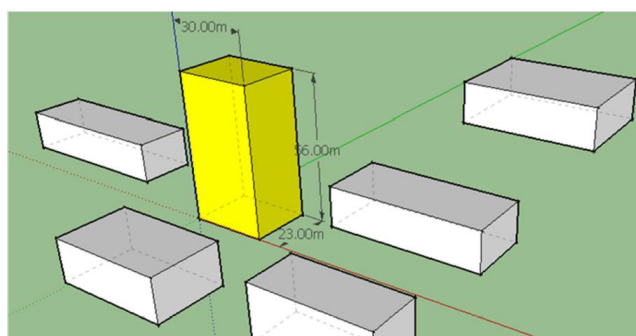


Figure 6.07 : En jaune, modèle de l'édifice type «tour» de hauteur 56 m. En blanc les édifices environnants de hauteur égale à la hauteur moyenne de la canopée bâtie.

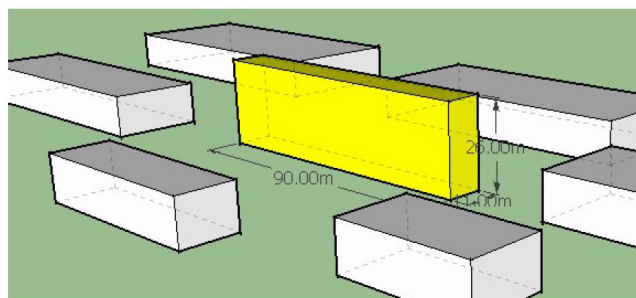


Figure 6.08 : En jaune, modèle de l'édifice type «tour-barre» de hauteur 26 m. En blanc les édifices environnants de hauteur égale à la hauteur moyenne de la canopée bâtie.

traversante. Au contraire, dans les tours nous observons une majorité de ventilations diagonales ou mono-façade (Tableau 6.05). La Figure 6.06, Figure 6.07 et la Figure 6.08 montrent des schémas de modèles théoriques extraits de l'analyse.

6. POTENTIEL DES PROJETS : STRATEGIES BIOCLIMATIQUES

L'étape précédente nous permet de formuler des stratégies de ventilation et de refroidissement passifs pour chaque type morphologique. Il y a certaines opérations et certaines méthodes de ventilation, communes à chaque typologie. Les stratégies se partagent en solutions pour la saison estivale et celles pour la saison hivernale (le mode de fonctionnement peut être différent pendant le jour et la nuit et aussi des criticités peuvent survenir dans les périodes d'intersaisons). Dans les deux scénarios, le but est de ventiler naturellement les bâtiments grâce à leur importante potentialité aérodynamique générée par

leurs grandes dimensions.

À la saison chaude on ventile les logements pendant la journée par un écoulement d'air pré-refroidi dans un «plenum» (cavité) au RDC et au sous-sol, et pendant la nuit, par ventilation traversante (beaucoup de logements ont déjà la disposition traversante). À la saison d'hiver, on ventile naturellement les logements avec un air préchauffé dans un plenum au RDC et/ou au sous-sol. Les conduits d'extraction d'air dans les logements doivent être équipés par des systèmes de récupération de la chaleur (et re-préchauffage de l'air en entrée dans

le logement). Cette démarche d'utilisation d'un plenum est faisable dans les trois typologies d'édifice. En effet, grâce à l'observation de l'usage des RDC, souvent non exploités, et avec un sous-sol omniprésent (source Arup, 2016), il est possible de reconverter cet espace en réservoir d'air (à la fois plus chaud ou plus froid que la température extérieure). La présence de conduits intérieurs, ou la reconversion des anciens vide-ordures, ou la présence des murs creux, serviront de connections pour amener l'air dans les logements ou pour extraire l'air vicié. Le tirage de l'air vicié sera assuré par la dépression aérodynamique générée au niveau de la toiture et par le tirage thermique, développé grâce à l'introduction d'air à différentes températures par le RDC des immeubles. Les tours et les tours-barres pourront développer un haut potentiel de ventilation aérodynamique et thermique grâce à leur grande hauteur (la vitesse du vent, et donc la dépression développée sur les cheminées d'extraction, augmente aussi avec la hauteur et le tirage thermique). Le calcul de la potentialité théorique du système est rendue explicite dans l'Annexe et dans la notice du Laboratoire Eiffel. Des essais en soufflerie sont nécessaires pour déterminer exactement le potentiel de tirage aérodynamique disponible. Des simulations numériques CFD sont nécessaires pour simuler les écoulements d'air générés par les différences thermiques et mettre en évidence les criticités du fonctionnement.

Il est évident que pour les bâtiments bas, ce type de fonctionnement devient plus difficile à réaliser car la hauteur est limitée (13 m environ) et il y a aussi un effet de masque du vent important opéré par les autres édifices. Dans ce cas, une solution pourrait être d'installer sur la toiture-terrasse des bâtiments une cheminée solaire et aérodynamique d'une hauteur de 3 m environ. Pour une évaluation correcte de la hauteur de la cheminée, il est nécessaire de réaliser des études en soufflerie (voir notice du Laboratoire Eiffel). Un schéma de fonctionnement est montré en Figure 6.09 et Figure 6.10.

Pour le développement de la ventilation traversante en saison chaude, il faudra installer des ouvertures automatisées permettant de générer une ventilation nocturne efficace dans les logements, sans risque d'intrusion. Dans les édifices où la ventilation traversante n'est pas présente, il faudra prévoir un réaménagement de la disposition des logements (dans les tours) ou profiter des espaces centraux communs.

D'autres opérations sont possibles pour la réhabilitation des immeubles dans le but d'augmenter leur confort indoor et diminuer les consommations :

- Installation de systèmes de protection solaires (non existants actuellement)
- Les loggias favorisent la ventilation, si elles sont bien aménagées et exposées au sud avec de bons vitrages et des systèmes de protection solaire, elles peuvent servir d'espace tampon pour le préchauffage de l'air (les loggias sont présentes dans 25% des façades des tours et 24% des façades des tours-barres).
- Dans toutes les opérations, pour l'amélioration du confort estival, augmenter la végétation (feuillue) dans les espaces externes privatifs omniprésents.

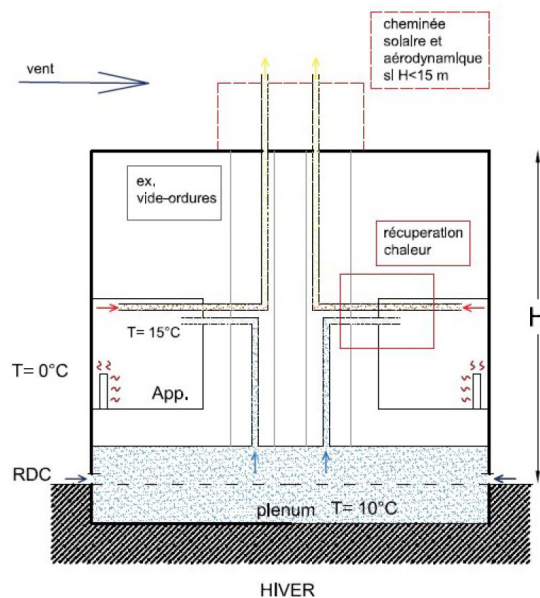


Figure 6.09 : Schéma de fonctionnement du système de ventilation à tirage naturel pour la saison d'hiver (les valeurs des températures sont données à titre indicatif)

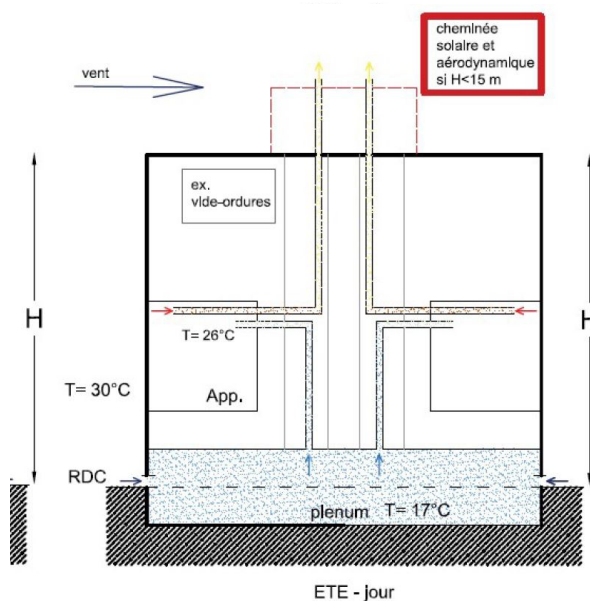
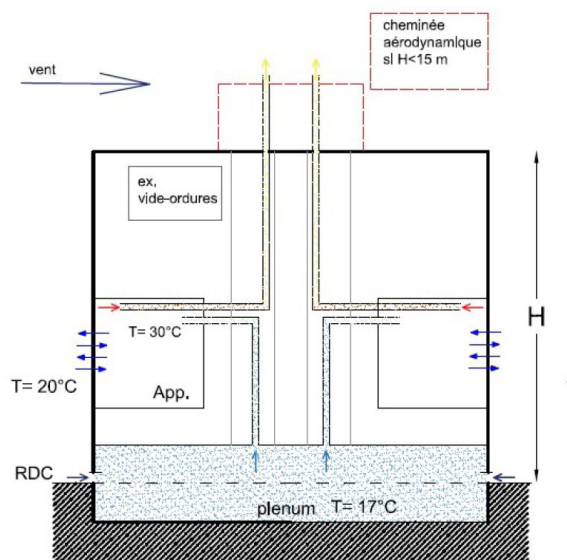


Figure 6.10 : Schéma de fonctionnement du système de ventilation à tirage naturel pour la saison d'été nuit et jour (les valeurs des températures sont données à titre indicatif). Le fonctionnement durant le jour est activé principalement par la cheminée solaire et aérodynamique en toiture

- Remplacement des fenêtres avec fenêtres à haute performance (47% de façades avec fenêtres pour les bâtiments bas, 71% pour les tours, 46% pour les tours-barre).
- Isolation extérieure des murs pignon et/ou utilisation pour captation solaire (33% des façades des bâtiments bas).

Bien évidemment d'autres solutions de réhabilitation peuvent être possibles, mais ici, nous avons ciblé des opérations réalistes par l'observation des données collectées et de l'analyse statistique.

7. DISCUSSION ET DEVELOPPEMENT

Une méthode d'analyse de type statistique du parc immobilier est développée. L'objectif est d'identifier le potentiel aéraulique des immeubles et cibler à l'aide de modèles théoriques, des stratégies de réhabilitations pertinentes et proposer des méthodes d'étude. Il est évident que les modèles théoriques simplifient la réelle problématique, en même temps, ils nous permettent de décomposer le problème et d'arriver à une solution par petits pas. Les stratégies bioclimatiques proposées doivent être analysées de façon plus détaillée à l'aide d'outils numériques et expérimentaux. Dans l'annexe, nous présentons deux études : la première effectuée dans la soufflerie Eiffel pour l'étude aérodynamique concernant l'interaction du vent dans la ventilation, et l'autre, effectuée à l'aide de simulations numériques CFD (avec l'utilisation du code Fire Dynamics Simulator) pour étudier la ventilation par effet thermique en période d'hiver.

Il est sûr que les deux analyses ne sont pas exhaustives pour comprendre la faisabilité effective des systèmes de ventilation envisagés, mais ils permettent de définir certaines approches d'étude, d'établir un cadre, de mettre en évidence certaines criticités qui doivent être développées dans une recherche plus vaste. En particulier les essais en soufflerie (notice jointe) mettent en évidence le potentiel aérodynamique de ces grands immeubles, surtout ceux qui émergent de la canopée bâtie. Les essais donnent les valeurs des pressions exercées par le vent, nécessaires pour un dimensionnement effectif du circuit de ventilation des édifices à barre et tour-barre pour la ventilation traversante et verticale. Les résultats montrent aussi le besoin réel de concevoir des dispositifs de ventilation en toiture comme les cheminées aérodynamiques.

Les simulations CFD présentent le fonctionnement du tirage thermique, en saison froide, d'une configuration particulière (annexe). La simulation montre la forte potentialité du système proposé dans certaines conditions, capable de ventiler les locaux naturellement et de récupérer de la chaleur dans le plenum avec des stratégies passives. Cet exemple concret soulève ici même des questions sur les modélisations qui ne peuvent être réalisées qu'avec une étude beaucoup plus

approfondie. Les points principaux à développer pour les modélisations CFD sont les suivants :

- Les choix géométriques du système et sa réelle typologie, les dimensions des conduits, la volumétrie des locaux, la disposition des parois situées dans le plenum, la typologie des conduits (section rectangulaire ou circulaire) sont des paramètres fondamentaux pour l'étude du système de ventilation. Pour chaque paramètre évoqué, une étude paramétrique est nécessaire, qui puisse guider le concepteur vers un pré-dimensionnement fiable du système.
- L'étude paramétrique des éléments géométriques est couplée à différents scénarios de conditions limites externes. Dans la simulation effectuée, nous sommes dans une situation où le tirage a un bon fonctionnement, car la différence de température DT entre les températures indoor et outdoor est importante (Text=-3°C, Tapp=20°C). Il devient nécessaire de définir les conditions minimales du tirage thermique en période d'été, à l'intersaison et en période d'hiver. Ces conditions de fonctionnement correct sont strictement liées au système technologique-géométrique.

Le dernier point fondamental pour pouvoir étudier ces systèmes est de définir les indicateurs du niveau de performance du système envisagé pour pouvoir comparer des configurations plus performantes. Il faut prendre en compte le débit de renouvellement d'air du système dans les configurations critiques et un bilan énergétique pour le fonctionnement en saison froide et en saison chaude. Si le système de climatisation est prévu, il faut déterminer les volumes du plenum nécessaire pour x m3 de logements, de façon à avoir directement un paramètre aussi économique (prix au m2 du RDC et évaluation des coûts des travaux nécessaires pour augmenter les dimensions du RDC ou du sous-sol).

En conclusion, cette étude jette les bases de la recherche sur l'axe de simulations CFD et l'expérimentation en soufflerie, en individualisant des méthodes, des outils et des pistes d'étude bien claires.

REMERCIEMENTS

L'étude de simulation numérique a été possible grâce à la coopération de Thunderhead Engineering Consultants, qui ont mis à disposition une licence pour l'utilisation de l'interface graphique PyroSim de Fire Dynamics Simulator. Je remercie également M. Jean Signé pour la relecture et la correction du texte

8. Liste des programmes analysés

N.	Réf. programme	Nom du programme	Géolocalisation
1	0009	LURÇAT-SAINT-DENIS-1950	48.945137, 2.350066
2	0012	HENRI-LABOURDETTE-BEAUVAIS-1956	49.426648, 2.084194
3	0018	ATELIER PERRET-LE HAVRE- 1952	49.493586, 0.098519
4	0024	Chappis-Chambéry-1952	45.559293, 5.905349
5	0034	DELACROIX-CAEN-1954	49.184976, -0.364767
6	0040	BEAUDOUIN-SCEAUX-1962	48.783042, 2.299796
7	0041	OTTIN-SAINT-DENIS-1957	48.935382, 2.371085
8	0047	CHEVALIER-IVRY-SUR-SEINE-1953	48.813349, 2.388348
9	0048	BEAUDOUIN-STRASBOURG-1951	48.584436, 7.779306
10	0049	LE COUTEUR-LE MANS-1953	48.003420, 0.190799
11	0050	HUR-SAINT-ETIENNE-1953	45.426320, 4.412832
12	0077	DUBUISSON-UCKANGE-1959	49.302234, 6.148629
13	0079	DUBUISSON-UCKANGE-1963	49.299861, 6.152606
14	0092	DUBUISSON-SAINT-GERMAIN-EN-LAYE-1951	48.900578, 2.057653
15	0104	HERBÉ-LOUVECIENNES-1957	48.861727, 2.117164
16	0109	Aillaud-Nanterre-1973	48.888899, 2.226834
17	0112	Aillaud-Grigny-1963	48.653695, 2.379725
18	0131	Michelin-Epinay-sur-Seine-1964	48.956335, 2.297186
19	0147	Lagneau-Fontenay-aux-Roses-1958	48.788035, 2.300538
20	0164	Badani&Roux-Dorlut-Nice-1964	43.675417, 7.206891
21	0175	Arsène-Henry-Nîmes-1956	43.822352, 4.333958
22	0182	Carlu-Bordeaux-1951	44.844251, -0.546337
23	0194	Roux-Spitz-Nantes-1947	47.223562, -1.564647
24	0204	Le Couteur-Allonnes-1959	47.969893, 0.159655
25	0211	Anger&Puccinelli-Grenoble-1963	45.192107, 5.737581
26	0243	Candilis-Josic-Woods-Toulouse-1967	43.563022, 1.402313
27	0253	Beufé-Gonesse-1967	48.985675, 2.431603
28	0266	Bauer-Epinay-sur-Seine-1969	48.955673, 2.322148

29	0270	Bruyère-Sauss et-les-Pins-1967	43.332124, 5.111324
30	0277	Legrand-Rennes-1959	48.127253, -1.661045
31	0322	BOUKOBZA-MARSEILLE-1957	43.264670, 5.393129
32	0350	0350-Ginsberg-Poissy-1953	48.924278, 2.032229
33	0360	SIVE-AUBERVILLIERS-1951	48.917577, 2.380008
34	0379	STOSKOPF-STRASBOURG-1951	48.577196, 7.77966
35	0400	DUBRULLE-VILLENEUVE-SAINT-GEORGES-1951	48.743532, 2.458274
36	0411	POTTIER-VAUCRESSON-1951	48.841035, 2.160460
37	0435	PISON-PARIS-1952	48.828121, 2.302567
38	0458	DE MAILLY-SEDAN-1950	49.701198, 4.944174
39	0525	BOURDILLAT-VIENNE-1949	45.521378, 4.871751
40	0564	HEAUME ET PERSITZ-BOBIGNY-1956	48.911952, 2.418384
41	0585	DUBARD DE GAILLARBOIS-PARIS-1954	48.835775, 2.286682
42	0588	CAZANEUVE-VINCENNES-1956	48.848027, 2.447213
43	0601	LAMBERT-LE HAVRE-1958	49.509947, 0.138014
44	0616	0616-Pottier-Créteil-1958	48.788601, 2.456070
45	0629	GARDIA SAUVAGE ZAVAGNO-TOULOUSE-1957	43.615353, 1.449046
46	0649	HEAUME ET PERSITZ-PALaiseAU-1960	48.714706, 2.247112
47	0653	DUChEMIN-BOBIGNY-1959	48.911138, 2.439745
48	0659	STOSKOPF-STRABSOURG-1959	48.548343, 7.757225
49	0662	AUDIGIER-PALaiseAU-1960	48.717146, 2.239774
50	0687	COLBOC-VERSAILLES-1959	48.789689, 2.148366
51	0701	COLBOC-BONDY-1959	48.899185, 2.483636
52	0706	COLBOC-POISSY-1961	48.932515, 2.056067
53	0732	ChATELIN-CHATENAY MALABRY-1962	48.774886, 2.268298
54	0742	HEAUME ET PERSITZ-IGNY-1962	48.740812, 2.227941
55	0746	ChRYSOChÉRIS-MARSEILLE-1962	43.262345, 5.402327
56	0754	ANGER ET PUCCINELLI-PARIS-1965	48.89242, 2.377031
57	0767	DUBUISSON-PARIS-1965	43.471558, -1.560901
58	0777	ChATELIN-FRESNES-1964	48.753515, 2.318429
59	0782	EPSTEIN-LA BAULE ESCOUBLAC-1965	47.285300, -2.383332
60	0864	KALISZ-AUBERVILLIERS-1972	48.908754, 2.386258

MÉTHODOLOGIE DE CARACTÉRISATION DE L'ÉCLAIRAGE NATUREL DES LOGEMENTS COLLECTIFS

Yannick SUTTER

1. INTRODUCTION

L'étude de l'éclairage naturel intérieur des bâtiments de logements collectifs français de la période 1945-1975 peut être riche d'enseignements pour les constructions contemporaines. Ces logements, construits avant la première réglementation thermique de 1974 qui a entraîné une diminution des surfaces de percement de façade, offrent un accès souvent généreux à la lumière naturelle. Ainsi, l'exploration réalisée sur ce

thème a consisté à développer une méthodologie de caractérisation des ambiances lumineuses naturelles intérieures applicable aux logements du corpus rassemblé dans la base de données Smart French. Cette méthodologie devait tenir compte du caractère limité des informations disponibles et être simple d'utilisation pour être applicable à l'échelle du corpus par des non spécialistes, comme des étudiants.

2. DESCRIPTION DE LA MÉTHODOLOGIE DÉVELOPPÉE

La caractérisation de l'éclairage naturel d'un espace intérieur peut se faire de diverses manières : par simulation numérique, par calcul en utilisant des formules et indicateurs ou par mesures sur site ou sur maquettes.

Dans notre cas de figure, les mesures ne sont clairement pas adaptées car beaucoup trop complexes à mettre en œuvre et à reproduire sur l'ensemble du corpus. Idem pour les simulations, la modélisation et le temps de calcul sont trop chronophages pour être répétées à grande échelle, sans compter l'expertise nécessaire à leur réalisation qui rend la tâche difficile à déléguer.

Restent les formules et indicateurs de caractérisation de l'éclairage naturel qui présentent un grand avantage : leur simplicité d'utilisation. Nous avons donc sélectionné quelques indicateurs simples de caractérisation de la clarté des locaux, c'est-à-dire qui n'utilisent que des données géométriques basiques facilement accessibles dans la base de données via les plans et élévations

disponibles ainsi que sur Google Street View : la surface de vitrage, la taille des obstructions et la taille des locaux. Nous avons retenu deux indicateurs classiquement utilisés en éclairage naturel : le facteur de lumière du jour moyen qui rend compte de la clarté du local et l'inégalité de profondeur limite qui indique si le fond du local sera clair ou sombre.

INDICATEURS DE CARACTÉRISATION

1. Le facteur de lumière du jour

Le facteur de lumière du jour (exprimé en pourcentage) traduit le ratio entre la quantité de lumière naturelle (l'éclairement) disponible en un point d'un local et la quantité de lumière disponible au même instant à l'extérieur en site dégagé sous un ciel couvert sans soleil. Cette métrique peut être calculée ou mesurée en divers point d'un local ou bien calculée à l'aide de la formule (1) du facteur de lumière du jour moyen [1].

$$FLJ_{moy} = \frac{W \tau \theta}{A(1 - R^2)} \%$$

W est la surface de vitrage (m²)

t est le facteur de transmission lumineuse du vitrage (%)

θ est l'angle de vue du ciel (°)

A est la surface totale des parois du local (m²)

R est le coefficient de réflexion moyen des parois du local

Facteur de lumière du jour	Moins de 1%	de 1% à 2%	de 2% à 4%	de 4% à 7%	de 7% à 12%	Plus de 12%
	Très Faible	Faible	Modéré	Moyen	Elevé	Très Elevé
Zone considérée	Zone éloignée des fenêtres (distance supérieure à 3 fois la hauteur de la fenêtre).			Zone à proximité des fenêtres ou sous des lanternaux		
Impression de clarté	Sombre à peu éclairé		Peu éclairé à Clair		Clair à très clair	
Remarques	Convient aux zones de circulation, stockage etc.		Convient aux locaux de travail		Attention aux éblouissements	
Impression visuelle	Cette zone-----semble être séparée-----			de cette zone		
Ambiance	Le local semble être refermé sur lui-même			Le local s'ouvre vers l'extérieur		

Tableau 7.01 : Facteur de lumière du jour et impression de clarté. Indique les corrélations entre les valeurs du facteur de lumière du jour et l'impression de clarté perçue.

2. La profondeur limite d'un local

L'impression de clarté d'un local est liée à la faible proportion de zones sombres. Classiquement, la paroi verticale la plus éloignée de la façade (le mur du fond) sera celle qui recevra la moins de lumière naturelle. L'inégalité de profondeur limite [1] (2) indique que lorsqu'elle est

respectée, le fond de pièce sera clair et qu'il sera sombre lorsqu'elle ne l'est pas.

Cette inégalité est à considérer avec recul car dans certaines configurations particulièrement obstruées, avec une loggia par exemple, la profondeur devra intégrer la dimension de la loggia.

$$P / L + P / H \leq 2 (1 - R)$$

P est la profondeur du local (m)

L est la largeur du local (m)

H est la hauteur du haut de la fenêtre (m)

R est le coefficient de réflexion moyen des parois intérieures.

MÉTHODOLOGIE DÉVELOPPÉE

L'objectif de la méthodologie développée est d'obtenir une indication de la proportion de locaux clairs et sombres dans les bâtiments de logements collectifs du corpus. Pour chaque niveau et chaque façade d'un bâtiment, les données suivantes doivent être rassemblées :

1. La hauteur du masque

On appellera masque tout volume extérieur masquant la voûte céleste, cela pourra être un bâtiment, un arbre dense ou même la topographie (une montagne par exemple). Cette information est calculée grâce à la hauteur et distance du masque estimée sur Google Street View par un calcul de tangente. Une fois l'élévation de l'obstruction déterminée, chaque niveau et chaque façade se voit attribuer une classification appelée ici le « degré de masque » détaillée dans le tableau 7.01 et sur la figure 7.01.

2. Les données géométriques

- La surface de percement pour chaque niveau et chaque façade : mesures relevées sur les plans et élévations disponibles dans la base de données ainsi que sur Google Street View
- La hauteur, la profondeur et la largeur des locaux pour chaque niveau et chaque façade relevées sur les plans et élévations disponibles dans la base de données

Degré de masque	Hauteur de masque	Caractérisation
0	< 10°	Pas de masque
1	10 – 25°	Masques peu élevés
2	25 – 40°	Masques élevés
3	> 40°	Masques très élevés

Tableau 7.02 : Caractérisation du degré de masque en fonction de sa hauteur

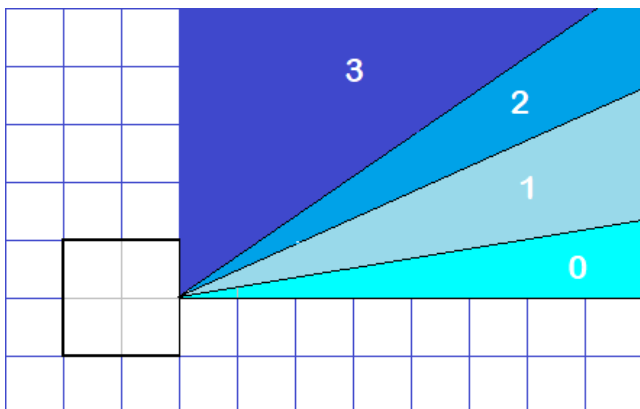


Figure 7.01 : Élévation représentant les 4 zones de degré de masque. Cette information servira à déterminer l'angle O de la formule (1).

3. Le degré d'obstruction de chaque percement

Une ouverture peut être complètement ouverte sur l'extérieur ou subir une obstruction liée aux divers éléments qui peuvent être accrochés à une façade tels que les balcons ou loggias. Ces éléments diminuent la pénétration de la lumière naturelle dans un local et leur taille doit être prise en considération dans la caractérisation de l'éclairage naturel intérieur. Nous proposons une classification en 4 degrés d'obstruction détaillée dans le tableau 7.03 et sur la figure 7.02.

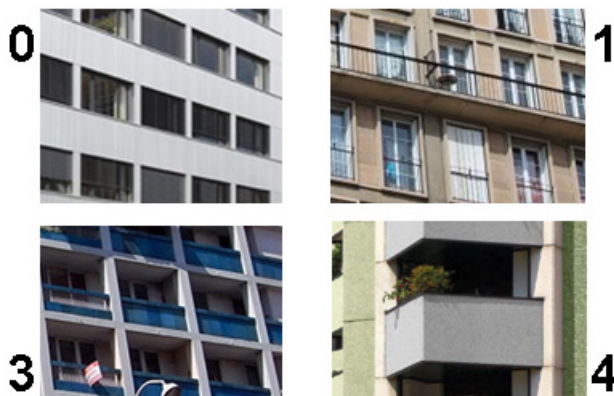


Figure 7.02 : Illustration du degré d'obstruction des percements de façades

Degré d'obstruction du percement	Caractérisation	Situation correspondante	Correction angulaire
0	Non obstrué	Fenêtre dégagée sans obstruction	0°
1	Peu obstrué	Avec petit balcon / débord au dessus ou sur le coté de plus de 50cm et moins d'1m	5°
2	Moyennement obstrué	Loggia de moins d'1m de profondeur ou balcon / débord au dessus de plus d'1m	10°
3	Très obstrué	Loggia de plus d'1m de profondeur	15°

Tableau 7.03 : caractérisation du degré d'obstruction des percements de façade.

COMPILATION DES DONNÉES

Pour chaque bâtiment, les données collectées sont rassemblées dans un tableur qui indique la clarté globale des locaux grâce au calcul du facteur de lumière du jour moyen (cf formule (1)) (voir tableau 7.04) ainsi que l'estimation du fond sombre ou clair (cf formule (2)) (voir tableau 7.05).

FLJ moyen	Clarté du local
< 2 %	Local peu lumineux
2 – 3 %	Local assez lumineux
3 – 4 %	Local lumineux
> 4%	Local très lumineux

Tableau 7.04 : clarté des locaux en fonction des valeurs du facteur de lumière du jour moyen

$P / L + P / H \leq 2 (1 - R)$	Clarté du fond de pièce
Vrai	Fond clair
Faux	Fond sombre

Tableau 7.05 : clarté du fond de pièce

3. EXEMPLES D'APPLICATION

La méthodologie développée a été testée sur trois références du corpus 1 :

- Le Groupe Beaulieu à Saint-Etienne de l'architecte Hur (référence Hur-Saint-Etienne-1953)
- Le Quartier des Quatrans à Caen de l'architecte Delacroix (référence Delacroix-Caen-1954)
- La Cité Maurice-Thorez à Ivry-sur-Seine de l'architecte Chevallier (référence Chevallier-Ivry-sur-Seine-1953)

Le traitement des résultats permet de multiples analyses, nous présentons les principales dans le tableau 7.06 : le degré d'obstruction des ouvertures, le degré de masque et la clarté des locaux. Chaque diagramme indique la proportion des locaux (en surface) qui présentent les caractéristiques indiquées.


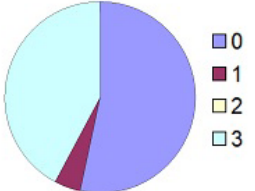
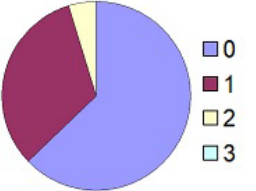
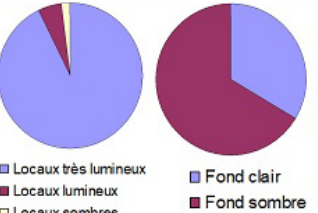



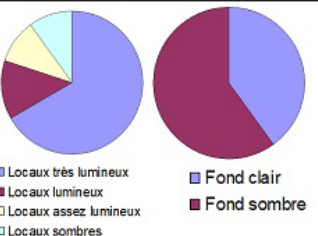

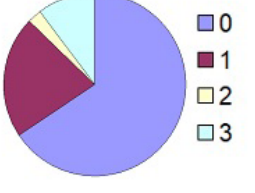
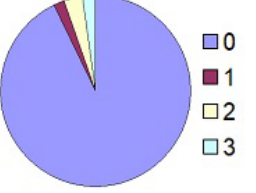
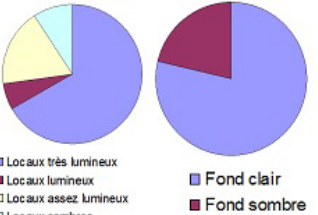
Bâtiment	Degré de masque (cf tableau 2 pour la caractérisation)	Degré d'obstruction des ouvertures (cf tableau 3 pour la caractérisation)	Clarté des locaux (cf tableaux 4 et 5 pour la caractérisation)
 Hur-Saint-Etienne-1954			
 Delacroix-Caen-1954			
 Chevallier-Ivry-sur-Seine-1953			

Tableau 7.06 : Synthèse des résultats de la méthodologie sur trois références du corpus
 Ce travail a été réalisé avec l'aide de Lise BAZIRE, Mathilde BOIDIN et Thomas LASSERRE étudiants à l'ENSA de Normandie

4. ANALYSE STATISTIQUE SUR 78 RÉFÉRENCES

En complément de la méthodologie développée, nous proposons une analyse statistique sur 78 références, soit un total de 842 bâtiments analysés, de l'indice d'ouverture et de l'indice de vitrage.

STATISTIQUES SUR L'INDICE D'OUVERTURE

L'indice d'ouverture est le ratio entre la surface de vitrage et la surface de façade, en d'autres termes il représente le pourcentage de surface de façade qui est vitré.

Pour une première analyse, nous calculons la moyenne de l'indice d'ouverture par bâtiment. L'histogramme de la Figure 3 indique le pourcentage de bâtiments par plage d'indice d'ouverture. La majorité des bâtiments, soit 22.3%, ont un indice de vitrage compris entre 20 et 25%.

Cette analyse est une moyenne par bâtiment qui ne rend pas compte de la répartition par façade. Nous avons donc réalisé une analyse par façade présentée sur l'histogramme de la Figure 7.04.

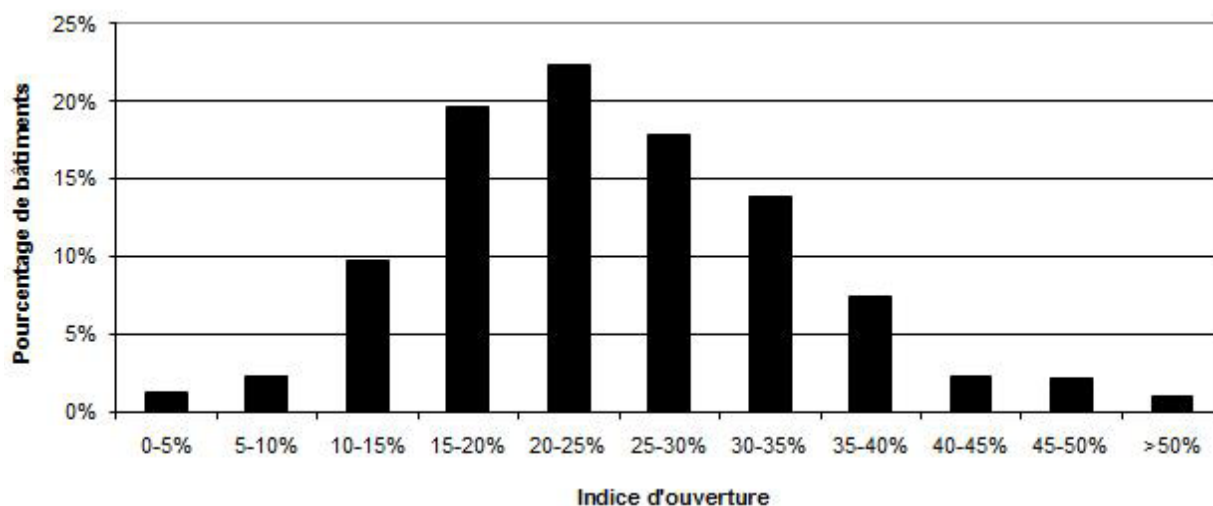


Figure 7.03 : Pourcentage de bâtiments par plage d'indice d'ouverture

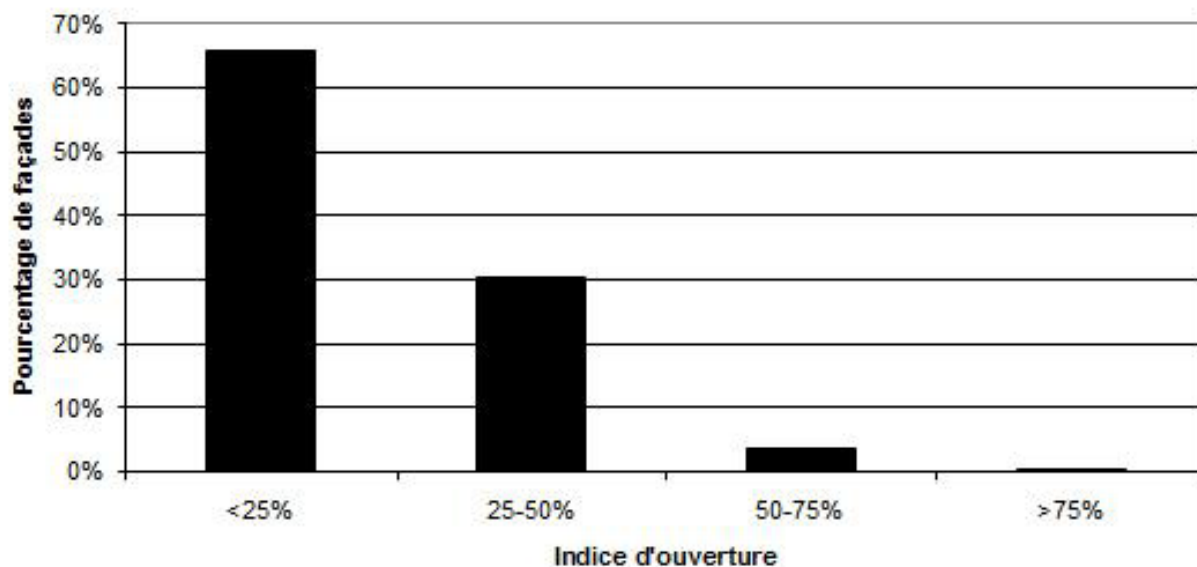


Figure 7.04 : Pourcentage de façades par plage d'indice d'ouverture

Sur un total de 3324 façades analysées, la figure 4 indique que moins de 5% ont un indice d'ouverture supérieur à 50%. C'est un résultat inattendu car les logements de cette période ont souvent des pièces qui offrent des surfacents de vitrage généreuses. Une explication réside dans le fait que cette analyse est réalisée à l'échelle de la façade sur toute sa hauteur et non à l'échelle de la façade de chaque pièce. Une analyse similaire pourrait être réalisée à cette échelle pour mieux rendre compte de cette tendance architecturale de cette période. Les statistiques sur l'indice de vitrage (voir 4.2) permettent

cependant de donner une meilleure idée de la qualité de l'éclairage naturel à l'intérieur de ces logements.

STATISTIQUES SUR L'INDICE DE VITRAGE

L'indice de vitrage est ratio entre la surface de vitrage et la surface habitable. Pour cette analyse, nous avons considéré que la surface habitable d'un bâtiment de logements collectif est égale à 85% de la surface au sol totale. L'histogramme de la Figure 7.05 indique le pourcentage de bâtiments par plage d'indice d'ouverture.

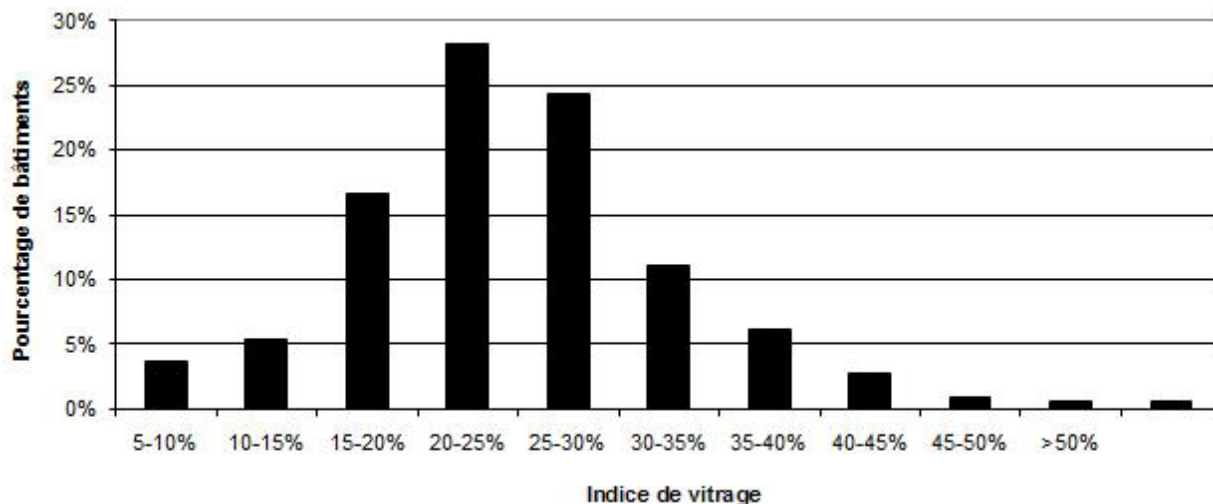


Figure 7.05 : Pourcentage de bâtiments par plage d'indice de vitrage

L'indice de vitrage est l'indicateur utilisé par la réglementation thermique 2012 qui demande que cet indicateur soit supérieur à 1/6 (16.67%) pour les logements. L'analyse des résultats nous indique que

64 % des bâtiments étudiés ont une valeur d'indice de vitrage supérieure à ce critère et sont ainsi conformes à l'exigence d'éclairage naturel de la RT 2012.

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Cette méthodologie permet de réaliser une caractérisation de l'accès à l'éclairage naturel des habitations à l'intérieur d'un bâtiment de logements collectifs. Elle est simple d'utilisation mais nécessite une validation robuste à l'aide simulations pour pouvoir valider les seuils proposés et envisager d'être déployée sur l'ensemble du corpus. A ce degré de validation de la méthodologie, les résultats présentés dans le tableau 6 sont indicatifs.

L'analyse statistique réalisée sur 80 références nous indique qu'une étude à l'échelle du logement pourrait donner des résultats plus probants concernant le ratio de percement par rapport à la façade (indice d'ouverture). Cependant, l'analyse de l'indice de vitrage sur ces référence nous indique que 64% des bâtiments respectent l'exigence d'éclairage naturel de la RT2012 (surface de vitrage > 1/6 surface habitable).

LE PROJET DE RECHERCHE SMART FRENCH. NOTE DE SYNTHÈSE

Raphaël LABRUNYE / Elise Guillerm

Le projet scientifique SMART FRENCH a pour objet de déterminer, à l'échelle de la période 1945-1975 et sur l'ensemble du territoire et, en se fondant sur des sources imprimées majeures, les dénominateurs communs des grands ensembles d'habitation termes d'air, de lumière, de potentialités bioclimatiques, d'implantation et de distribution. Cet objectif vise à mieux connaître les potentialités de transformations environnementales de ces ensembles et à orienter les politiques publiques vers une meilleure appréciation des qualités intrinsèques de ce patrimoine déconsidéré ou ignoré. La perspective se situe bien à un niveau opérationnel national (dispositifs de financements ou normes constructives) et n'est en rien contradictoire avec l'impératif d'une étude spécifique à chaque situation. L'hypothèse initiale reposait sur deux points :

1/ L'urbanisme moderne a été conçu, du moins théoriquement, pour faire circuler l'air et la lumière. Cette conception doit être vérifiable sur le plan statistique, en terme d'appartements traversants, d'éclairage naturel, etc. ainsi que dans l'analyse formelle des plans masses.

2/ L'urbanisme moderne a bénéficié d'une période tout à fait singulière dans l'histoire de l'architecture, en disposant d'une masse de projets de grande dimension à réaliser, souvent avec un cadre réglementaire urbain laissant une grande liberté, qui encourage l'ordre ouvert. Le cadre réglementaire constructif, lui, s'est largement redéfini dans la période, avec des incitations à l'innovation, ajouté à la maîtrise technique extrêmement variée et une croissance économique inédite.

Globalement, les architectes ont les coudées franches pour concevoir leurs projets, avec peu de contraintes externes (de type mitoyenneté ou parcelles complexes), sinon les économies drastiques jusqu'au début des années 1950. C'est dans ce contexte que ces architectes étaient en situation d'articuler les échelles du projet entre elles, en associant implantation des bâtiments et distributions favorables, en permettant de disposer d'appartements avec des orientations judicieuses, une ventilation naturelle fonctionnelle, une lumière adéquate, etc. L'ensemble de ces dispositifs devraient constituer aujourd'hui les fondements des rénovations en mobilisant ces qualités d'ensoleillement, d'apports énergétiques et lumineux ou de confort d'été.

Pour travailler sur ces hypothèses, il paraît nécessaire d'embrasser plusieurs types de données comme les dimensions architecturales, urbaines, constructives, paysagères, les données relatives aux plans (géométriques et géographiques) ou encore les discours de justification. L'exercice est ambitieux et complexe dans la mesure où ces données sont pour la plupart indisponibles ou non répertoriées dans une base existante. La constitution d'une base de données a donc été la première tâche

principale du projet. Compte tenu des considérations de temps et de moyens matériels, la source principale s'est fondée sur les publications des revues d'architecture. Une observation liminaire semble ici indispensable : pour mener à bien un travail statistique, il faut une fiabilité des données sur un corpus cohérent, ce qui ne peut être le cas avec un corpus issu de publications. Le corpus est trop varié dans ses formes, ses maîtrises d'ouvrage, ses financements, ses tailles, etc. pour former des valeurs cohérentes, et surtout des données homogènes. Les apports de connaissances doivent donc être relativisés au regard de deux écueils. Le premier écueil concerne la représentativité de la sélection par rapport à la production réelle. Nous avons tenté de mesurer ces écarts, mais l'ensemble des travaux se borne à tirer des conclusions sur le corpus des publications, non sur l'ensemble des constructions réalisées. Le second écueil concerne la fiabilité des données recueillies. Si certaines ont été calculées à partir d'un travail de re-dessin des projets, la majorité est issue des publications qui donnent des informations lacunaires et non vérifiées. Nous pouvons néanmoins apprécier ce travail au-delà du corpus sur deux aspects. Le premier aspect est le travail de définition des indicateurs, qui reste a priori valable même sur des données peu fiables. Ces indicateurs peuvent être aujourd'hui appliqués sur des corpus plus cohérents, avec des données plus fiables et homogènes. Le second aspect est la pertinence de certains résultats, qui sont particulièrement saillants. On peut donc valablement appliquer les conclusions qu'ils supposent à l'ensemble de la production, même si la valeur elle-même ne serait pas retenue.

Dans un premier temps, nous pouvons valider la première hypothèse en modulant ses conséquences. D'une part, les statistiques sur la lumière corroborent l'idée d'une architecture favorablement éclairée. L'absence de masques d'ombre démontrée par l'étude de Karim El Alami, Daniel Siret et Ignacio Requena permet d'envisager une exposition favorable des façades à la lumière naturelle. L'application de la règle des deux heures de soleil direct au solstice d'hiver a semble-t-il été génératrice de certains plans masse. La forme elle-même des édifices est favorable à l'éclairage des pièces : les 2/3 du corpus étudié présente des édifices de moins de 12m d'épaisseur et 97 % des surfaces bâties sont situées à moins de 6m de la façade (contre 85 % dans les îlots contemporains selon JALLON, 2017). On retrouve des chiffres proches du tissu haussmannien décrits par LAN Architecture (JALLON, 2017). L'étude menée par Yannick Sutter montre que si le ratio de percement ne semble pas très élevé, du fait probablement de la récurrence des murs pignons aveugles, l'analyse de l'indice de vitrage sur ces références nous indique que 64% des bâ-

timents respectent l'exigence d'éclairage naturel de la RT2012 (surface de vitrage > 1/6 surface habitable). Il faudrait affiner la méthode de calcul pour disposer rapidement de ces ratios à partir de données sommaires (modélisation Google Maps). Margherita Ferrucci démontre pour sa part que certaines typologies d'édifices propres aux ensembles urbains de la période (bâtiments hauts peu épais notamment) ont une potentialité de tirage verticale aérodynamique fort qui s'appuie sur : la grande hauteur des immeubles, la présence de conduits d'aération présents dans toutes les opérations, et les parcelles très vastes, ce qui permettent d'avoir un grand espace privatif au pied des immeubles à utiliser pour le développement d'une machine bioclimatique.

Ce constat doit être mis en parallèle des principes constructifs des bâtiments, souvent conçus avec une ventilation naturelle (même lorsque les sanitaires ne sont pas éclairés naturellement) qui peut être améliorée, avec la présence de nombreuses gaines verticales qui sont mobilisables (cheminées vraisemblablement obligatoires jusque dans les années 1963, vide-ordures désaffectés, cages d'escaliers éclairées et larges). Ces études spécifiques sont confortées par les données brutes concernant la distribution des appartements, puisque 66 % du corpus sont traversants et 20 % d'angle. Shahram Abadie montre dans son article qu'effectivement le modèle de distribution le plus courant est celui de 2 appartements par palier, soit une conception individualisée des accès au sein d'immeubles de dimension importante. Ces données sont confortées aussi par M. Ferrucci, qui observe que les bâtiments bas et de type tour-barre profitent d'une ventilation traversante. Au contraire, dans les tours (22% du parc analysé) la ventilation est en majorité diagonale ou mono-façade.

Il faut bien entendu relativiser cela au regard d'une analyse plus détaillée des projets. Daniel Siret montre comment la question de l'orientation solaire relève plus de l'intuitif et de l'implicite chez les architectes. En effet, comme l'explique Gauthier Bolle, la composition des plans masse est régie par d'autres paramètres dont celui de l'insertion dans l'environnement ou les logiques purement formelles (axes par exemple), plus ou moins associé à une vision conceptuelle (théorie de l'unité de voisinage). Cette dimension intuitive se retrouve aussi dans les statistiques d'exposition des salons, des balcons ou des loggias, qui n'ont pas nécessairement les orientations attendues. De la même façon, Amir Issa, Ignacio Requena et Daniel Siret montrent que les bâtiments dans leur ensemble révèlent une absence de prise en compte globale de paramètres bioclimatiques dans leurs conceptions. Néanmoins, les bâtiments peu épais des premières décennies ont un bon potentiel de captation solaire et de ventilation traversante des appartements. L'épaississement des édifices observé dans les décennies suivantes va permettre une meilleure compacité au détriment des autres qualités de captation. La valeur moyenne de la compacité thermique du corpus de 78 est de $0,23\text{m}^{-1}$ paraît exceptionnellement performante (valeur de $0,31\text{m}^{-1}$ dans les îlots contemporains, JALLON, 2017).

Ce que démontrent aussi les modélisations de Karim El Alami, c'est que l'exposition favorable des façades s'ac-

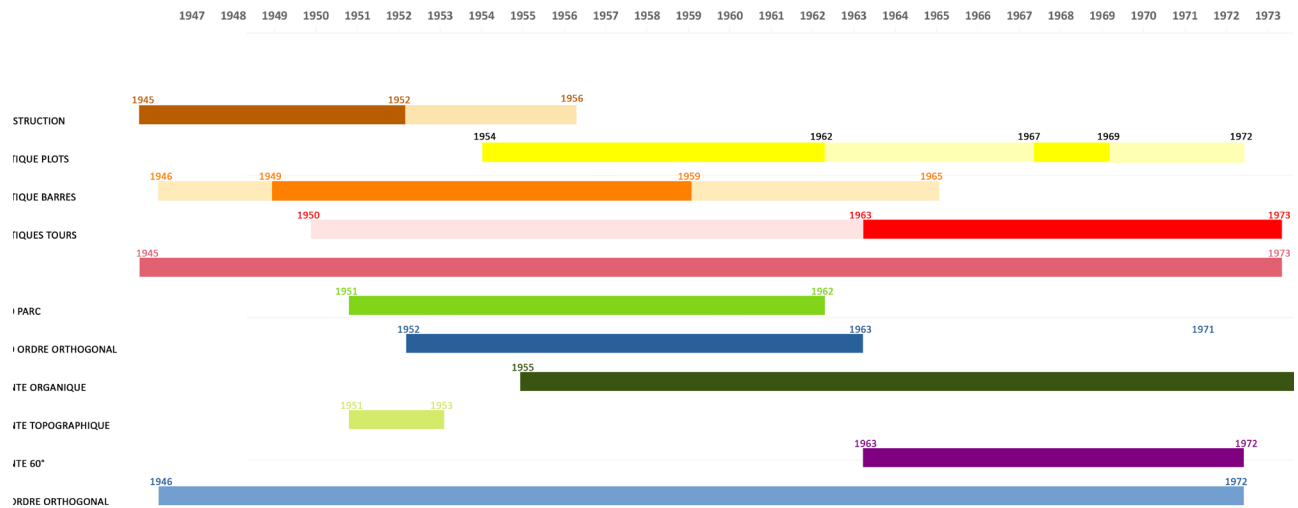
compagne d'une forte dégradation de l'éclairage des espaces paysagers, pourtant un des attendus clairs de la modernité : le bâti «grignote» toute la lumière disponible. L'analyse des discours par Gauthier Bolle (plans masse) et celle de Raphaël Labrunye (réurrences) montrent que, pour autant, la dimension paysagère émerge comme un axe structurant des projets. La période de la Reconstruction se concentre essentiellement sur l'insertion urbaine (vis-à-vis des monuments protégés par exemple), mais les projets de la décennie 1950 s'insèrent majoritairement dans des sites à forte dimension végétale (parc d'un château, bordure de forêt, colline favorable aux vues, etc.). Le plan masse est alors justifié par la préservation des arbres, le respect d'une échelle d'ensemble ou l'orientation des vues majeures. Les années 1960-70, durant lesquelles les plus vastes projets s'implantent dans des sites périphériques, développent l'idée de créer un nouveau paysage urbain et arboré, de sortir de la monotonie par des formes plus spectaculaires (les tours en particulier), dont l'idée n'est plus du tout l'insertion. D'une manière générale, le foncier d'origine devient une donnée majeure de classification des projets. L'échelle constructive est plus difficile à analyser du fait du peu d'informations dans ce domaine.

L'étude montre donc que l'on dispose d'un patrimoine bâti qui se caractérise par sa perméabilité à son environnement avec des édifices de petites dimensions éclairés et ventilés, avec une mauvaise compacité thermique et une absence de prise en compte du confort d'été (façades planes, loggias mal positionnées, balcons en prolongement de séjour mais sans règle d'orientation solaire). Il est donc paradoxal de vouloir les emmitoufler massivement, les isoler de leur environnement plutôt que de tirer parti des énergies et apports naturels présents.

L'étude de ce que nous avons appelé les « réurrences » vient préciser cette conclusion et apporter des éléments de compréhension pour tenter de vérifier l'hypothèse 2. Le principe de la réurrence est initialement de définir les caractéristiques architecturales non pas au travers de la méthode typo-morphologique classique, mais au travers de données statistiques.

En fait, chaque réurrence raconte un principe générateur de projet, articulant le plan masse et les plans de logements. L'articulation avec les principes constructifs n'a pas été démontrée : il y a trop peu d'informations sur ce sujet et cela reste difficile à traiter en matière statistique (les trames constructives par exemple varient d'une façade à l'autre ou au sein d'un même bâtiment). Cette absence de cohérence totale entre plan masse, distribution et système constructif, corrobore a posteriori la méthode développée ici, refusant l'analyse typo-morphologique. Les réurrences ont cependant émergé de l'analyse formelle initiale des plans masse additionnés d'une donnée statistique centrale, la taille de l'opération : les variations possibles sont nettement différentes selon ce critère.

Chronologiquement parlant, nous pouvons tisser quelques grandes lignes au travers de quelques réurrences remarquables.



La Reconstruction cherche avant tout à s'insérer dans la ville existante. Les variations à l'alignement sont une amorce de recherche d'orientations urbaines différentes, mais a priori la question solaire est absente. Lurçat à Saint-Denis oriente les bâtiments selon l'axe de voirie préexistant, qui se trouve être assez favorable (est-ouest légèrement incliné), mais au final les séjours ne sont pas forcément bien orientés. Roux-Spitz oriente bien les barres (nord/sud) mais les séjours restent orientés sur rue (donc est ou ouest). Henri Labourdette à Beauvais montre un cas exemplaire d'articulation savante avec l'existant tout en sortant des alignements, sans favoriser les orientations des séjours parfois au nord-ouest. Le projet Delacroix-Caen-1954 (îlot des Quatrans) très atypique dans les statistiques de la récurrence est justement le seul qui sort complètement de la trame urbaine avec un choix clairement nord/sud pour des raisons solaires.

Émergent à la fin des années 1940 des solutions que l'on a qualifiées de « statistiques » (pour reprendre le terme de Vayssière) dont l'objet est de répartir de manière homogène les bâtiments sur la surface : barres, plots, tours. Les barres sont l'expression la plus sommaire de ces cas. Au fond, les immeubles de la reconstruction sont sortis de leur contexte urbain, rationalisés dans leur dimensionnement car sans contrainte formelle de la parcelle. C'est ce que réclamait déjà Abram dans sa reconstruction d'Orléans où la logique d'industrialisation des blocs sanitaires se heurte à la trame parcellaire qui réduit l'économie réalisée (ABRAM P., « Le chantier expérimental d'Orléans », *L'Architecture d'aujourd'hui*, n°09, décembre 1946, p.7-14.). Dans tous les cas l'orientation solaire est l'élément générateur central des barres et les logements sont parfaitement distribués pour en bénéficier. On pourrait faire l'hypothèse que la faible densité de ces opérations les condamne (éloignements pour éviter les masques d'ombre + bâtiments peu épais + distribution avec 1 appartement par palier), mais en fait leur « performance » de densité est assez bonne par rapport aux autres récurrences.

La récurrence statistique plots qui émerge au milieu des années 1950 poursuit plus en avant la logique d'homogénéisation, au détriment de l'orientation solaire, qui disparaît presque complètement au profit de la re-

cherche d'une maximisation des linéaires de façades (80 m pour 4 logements !). Barres et plots sont un peu les deux faces opposées de la recherche d'optimisation des orientations, qui ne clarifie jamais réellement dans les discours ce qui est attendu : les apports solaires (énergie) ou les apports lumineux ? A moins que ce ne soit la vue ? C'est ce que montre le projet Chatelain-Châtenay-Malabry-1962 où les plans ne sont pas symétriques pour éviter le salon plein nord, ce que ne manqueront pas de proposer plusieurs autres projets. Le terme « d'insolation » apparaît à plusieurs reprises dans les articles de la période sans que l'on sache ce que le terme recouvre réellement au regard de l'ambiguïté de son utilisation. Au regard des sites d'implantation des projets plots, la dimension paysagère semble aussi un élément déterminant dans le choix de cette forme, permettant à tout un chacun de bénéficier de vues sur les jardins presque sans vis-à-vis.

Nous faisons l'hypothèse que la statistique plots a initié des principes qui vont se développer à une autre échelle par la forme des tours. Cette récurrence présente trop de variations pour pouvoir apporter des conclusions statistiques pertinentes, mais le principe reste le même que pour les plots, avec un changement radical des hauteurs de construction et une exploration formelle inédite (entre les tours fleurs, les tours nuages, les tours mais...). La récurrence statistique tours achève la logique solaire au profit de la logique d'homogénéité de distribution quelles que soient les orientations : les tours de Grandval à Créteil en sont le parfait exemple (balcons identiques sur toute la circonférence du plan circulaire, homogénéité des tailles de pièces sans distinction entre séjour ou chambre, etc.), ou celles d'Aillaud à Nanterre avec des choix formels assez différents (variation aléatoire des ouvertures sans prise en compte des orientations). Ce choix s'accompagne d'un discours très fort sur les espaces extérieurs qui créent un nouveau paysage (Aillaud en particulier), propice donc à créer une « bulle » dans lequel sont plongés les logements sans discrimination.

La logique statistique trouve probablement son apogée avec la variante Grand Ordre 60° (qui présente des expressions formelles tant en tours qu'en barres articulées). La géométrie vient au secours de cette recherche

en découpant l'espace en 3 secteurs, maximisant les linéaires de façades et les orientations. Il faudrait analyser plus de cas pour en trouver les conclusions statistiques saillantes, mais a priori là aussi l'orientation des barres ne favorise pas spécifiquement les séjours qui peuvent s'orienter aussi bien au nord-est qu'au sud-ouest. L'étude des types de façades reste à développer, mais globalement ces projets « statistiques » ont des façades assez lisses et prennent peu en compte la protection solaire, en particulier la récurrence barre, ce qui peut sembler étonnant au regard du choix des orientations solaires des édifices.

Les deux premières récurrences se développent plutôt dans les années 1950, alors que les deux suivantes se développent à partir du milieu des années 1960. On peut dire que la progression générale va vers une abstraction de la question solaire.

D'autres récurrences sont aussi identifiables, en particulier « Grand Parc » qui se concentre sur la décennie 1950. Elle dispose de statistiques très spécifiques (la plus faible densité pour des opérations de taille moyenne, 700 logements, occupant une sorte de vide entre les petites opérations de 200 à 300 logements et celles à plus de 1000. C'est probablement la récurrence qui articule le plan masse et les plans de logements de manière la plus savante, car les longues barres de logements traversants s'organisent pour favoriser le maximum de vues vers le parc central tout en offrant à 50 % des séjours une orientation favorable. Autre caractéristique : le mode constructif en murs de refend et panneaux de façade. Cette singularité se retrouve dans la récurrence Grand Ordre topographique où là aussi l'implantation savante des édifices selon l'environnement naturel (un terrain en pente) crée des situations favorables. Les cas repérés sont en nombre réduits mais concentrés dans la première moitié des années 1950. Ces deux récurrences sont les plus caractéristiques, avec les plots, d'une attention particulière des projets au territoire environnant jusqu'à la fin de la décennie 1950.

L'autre grande partie des récurrences est représentée par les Grands Ordres. Ces sont les grandes compositions urbaines qui émergent avec les politiques de construction massive de l'État à partir du début des années 1950 (Plan Courant). Les qualités de distribution observées dans les barres se retrouvent ici dans la mesure où c'est l'élément constitutif principal de ces opérations. Cependant le choix des orientations semble se diversifier au profit d'un axe de composition principal (de type nouvelle voirie créée ou existante, quai), ce qui réduit l'importance de l'orientation solaire. Les variantes montrent très rapidement un point de vue critique sur l'homogénéité de ces formes et se décline selon la dimension topographique, les formes organiques ou des arborescences d'immeubles à 60°.

Il faut relativiser cette analyse car 65 % des items et 21 % des logements sont des « petits ordres orthogonaux » (environ 300 logements) sur lesquels aucun élément saillant commun n'a pu être démontré. Il existe donc sorte de « majorité silencieuse », qui a pour critère principal d'organiser les bâtiments perpendiculaires entre eux sans que l'on connaisse encore ses principes d'orientations et d'articulation des logements.

Les préoccupations principales peuvent ressortir selon le découpage chronologique suivant :

1945-1955 : Reconstruction, l'insertion urbaine infléchie par l'orientation solaire

1950-1965 : L'insertion paysagère et l'ambiguïté entre orientation solaire et isotropie de l'éclairage

1955-1975 : L'autonomie urbaine et paysagère et le choix définitif de l'isotropie

Les récurrences caractéristiques constituent un patrimoine singulier, qu'il convient de considérer pour le préserver et ne pas plaquer de solutions inopérantes, sinon contre-productives. Des dispositions de type patrimonial sont de ce point de vue à conforter et à promouvoir, notamment dans le cadre du label ACR (Architecture Contemporaine Remarquable), tandis que les solutions d'emballage sont inappropriées.

Les récurrences plus générales (ordres) peuvent être le terrain d'expérimentations formelles dans les interventions pour mobiliser la ventilation naturelle, une meilleure efficacité des menuiseries extérieures, l'apport solaire et le confort d'été. Pour en déterminer les grands équilibres à l'échelle nationale et mener une politique d'incitation à la réhabilitation pertinente, il semble essentiel de développer la recherche en architecture à l'aide d'outils statistiques appropriés.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSER L'ARCHITECTURE DE MASSE AVEC LES DONNÉES DE MASSE ENJEUX D'UNE NOUVELLE APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

/ Raphaël LABRUNYE et Shahram ABADIE

- « La longue durée en débat », *Annales. Histoire, sciences sociales*, n°2, avril-juin 2015
- Le guide ABC - Amélioration thermique des bâtiments collectifs construits de 1850 à 1974, Paris, EDIPA, 2011, 344 p.
- ADEME (Agence D'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie), « Le Plan de la rénovation énergétique de l'habitat (PREH) », 2018, en ligne : <https://www.ademe.fr/expertises/batiment/elements-contexte/politiques-vigueur/plan-renovation-energetique-lhabitat-preh>
- ALEXANDROFF Georges et Anne-Marie, *Architectures et climats : soleil et énergies naturelles dans l'habitat*, Paris, Berger-Levrault, 1982, 379 p.
- APUR, *Analyse de la performance énergétique des logements parisiens*, 2009 (<http://www.apur.org/etude/analyse-performance-thermique-logements-parisiens>)
- BANHAM Reyner, *L'architecture de l'environnement bien tempéré*, Orléans, HYX, 2011, 333 p. Édition originale de 1960.
- BLANCHON Bernadette, DELBAERE Denis, GARLEFF Jorn, « Le Paysage dans les ensembles urbains de logements, 1940-1980 », ENSP, Ministère de la Culture et de la Communication, 2010, 2 Volumes.
- BOBETTE Adam, BORASI Giovanna, RUSSEL Harriet, ZARDINI Mirko, *Désolé, plus d'essence: l'innovation architecturale en réponse à la crise pétrolière de 1973*, Montréal, Centre Canadien d'Architecture, 2007, 235 p.
- BRIAND Jean-François et HENAULT Philippe (dir.), *Les ensembles urbains de logements collectifs construits en France entre 1940 et 1980*, Direction générale des patrimoines, service de l'architecture, sans date, 235p.
- CARRIE Benoît et LABRUNYE Raphaël (dir.), *Étude de 10 ensembles de logements construits de 1945 à 1975*, Ministère de la Culture, 2013, 10 vol. 4 tomes publiés en 2018
- CASTRO Roland et DENISSOF Sophie, *[Re]Modeler Métamorphoser*, Paris, Le Moniteur, 2005, 246 p.
- CHAUNU Pierre, *Histoire quantitative, histoire sérielle*, Paris : Librairie Armand Colin, coll. « Cahier des Annales », 1978 (études publiées de 1960 à 1975).
- CNDTE (Conseil national de Débat sur la Transition Énergétique), Synthèse des travaux, 2013, en ligne : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Synthèse%20du%20débat%20national%20sur%20la%20transition%20énergétique.pdf>
- CROIZE Jean-Claude, *Politique et configuration du logement en France (1900-1980)*, texte présenté pour l'habilitation à diriger des recherches (Nanterre, novembre 2009), consulté le 25 juillet 2019. URL. <http://www.croizejc.com/>
- DARIN, Michaël, « Pour une histoire complémentaire de l'architecture au XX^e siècle », *eaV*, n° 13, 2007-2008, p. 4-15
- DRUOT Frédéric, LACATON Anne, VASSAL Jean-Philippe, *Les grands ensembles de logements : territoire d'exception*, Barcelona, Gustavo Gili, 2007, 264p.
- FOLIOT Gérald, KLARSFELD Serge, PINOL Jean-Luc et ZEITOUN Sabine, «Territoire et Trajectoire de la Déportation, Cartographie des enfants juifs de Paris déportés de juillet 1942 à août 1944», 2012, consulté le 23 juillet 2019. URL.http://tetrade.huma-num.fr/Tetrademap_Enfant_Paris/
- FITCH James Marston, *American Building. The Forces that Shape It*. Boston: The Riverside Press Cambridge, 1948.
- FOURASTIÉ Jean, *Les Trentes Glorieuses ou la révolution invisible de 1946 à 1975*, Paris, Fayard, 1979, 300p.
- FOURCAUT Annie, VOLDMAN Danièle, « Penser les crises du logement en Europe au XX^e siècle », *Le Mouvement Social*, n° 245, avril 2013, p. 3-15.
- FURET François, « L'histoire quantitative et la construction du fait historique », *Annales*, 1971, vol. 26, n° 1, p. 65.
- GARDEN Maurice et PINOL Jean-Luc, *Atlas des Parisiens de la Révolution à nos jours*, Parigramme, Paris, 2009, 288p.
- GALLO Emmanuelle, *Modernité technique et valeur d'usage : le chauffage des bâtiments d'habitations en France*, thèse de doctorat en histoire de l'art sous la direction de Gérard Monnier, 2006, Institut d'Art,

- Université de Paris I, Panthéon-Sorbonne.
- GIEDION Sigfried, *Befreites Wohnen, Licht, Luft*, Zürich, Orell Füssli, 1929, 20p.
 - GRAF Franz, « La cité du Lignon 1963-1971 », *Patrimoine et architecture*, Hors série janvier 2012, 160p.
 - GRENIER Jean-Yves, « Réflexions libres sur l'usage des méthodes statistiques en histoire », *Histoire & Mesure*, 1991, 6-1-2 p.177-187
 - HUET, Bernard, «L'architecture contre la ville», *AMC* n°14, décembre 1986, p.10-13
 - JALLON Benoit, NAPOLITANO Umberto et BOUTTE Franck, *Haussmann Paris modèle de ville*, Paris, Park Books et Pavillon de l'arsenal, 2017, 263p.
 - JOYEUX-PRUNEL Béatrice, « L'histoire de l'art et le quantitatif », *Histoire & mesure* [En ligne], XXIII - 2 | 2008, mis en ligne le 01 décembre 2011, consulté le 23 juillet 2019. URL : <http://journals.openedition.org/histoiresmesure/3543>
 - OYEUX-PRUNEL Béatrice (dir.), avec la collaboration de Luc Sigalo-Santos, *L'Art et la Mesure. Histoire de l'art et méthodes quantitatives : sources, outils, bonnes pratiques*, Paris, Editions Rue d'Ulm, 2010, 600 pages
 - KAPLAN Frédéric (dir.), «Venice Time Machine», programme de recherche de l'Ecole Polytechnique de Lausanne et l'Université Ca'Foscari de Venice, 2012, consulté le 23 juillet 2019. URL. <https://vtm.epfl.ch/page-109836-en-html/>
 - LE BRAS Hervé et TODD Emmanuel, *L'invention de la France : Atlas anthropologique et politique*, Paris, Éditions Hachette, 1981
 - LEGER, Jean-Michel, MIDANT, Jean-Paul (dir.), *Treize mesures + une pour relancer le label patrimoine du XX^e siècle*, Paris, ministère de la Culture et de la Communication, direction générale des Patrimoines, service de l'Architecture, sous-direction de l'Architecture, de la Qualité de la construction et du Cadre de vie, bureau de la Promotion de l'architecture et des réseaux, 2012.
 - LE ROY LADURIE Emmanuel, *Histoire du climat depuis l'an mil*, Paris, Flammarion, 1967, 376p.
 - MARINO Giulia, « Some Like It Hot ! », *Le confort physiologique et ses dispositifs dans l'architecture du XX^e siècle : histoire et devenir d'un enjeu majeur*, Lausanne : EPFL, 2014, 645 p.
 - OLGAY Victor, *Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1963.
 - PARVU Sandra, *Relation de l'objet au territoire. Les grands ensembles d'habitation en France (1958-1961)*, thèse de doctorat en Architecture et Études urbaines à l'École des Hautes Études en Sciences Sociales (Paris) et à l'Institut d'Architecture de l'Université de Genève sous la direction de Marie-Vic Ozouf Mari-gnier et de Rémi Baudouï, 2008.
 - PAWIN Rémy, *Histoire du bonheur en France depuis 1945*, Paris, Robert Laffont, 2013, 380p.
 - PESSIS Céline, SEZIN Topçu, BONNEUIL Christophe, *Une autre histoire des «Trente Glorieuses»*, Paris, La Découverte, 2013, 310p.
 - POUVREAU Benoit, « Réhabilitation et patrimoine. Un aperçu de 40 ans d'expérimentations en Seine-Saint-Denis », in V. Balducci et R. Klein (dir.), *Actes du séminaire international « Réhabilitation de l'Habitat : quels enjeux pour le XXI^e siècle ? »*, Politecnico di Torino / PUCA-Reha, Turin, 22-23 novembre 2018, à paraître
 - SIRET Daniel, RODRIGUEZ Gabriel, «Les petites annonces de la maison individuelle : (1985-2005)», dans FOL Jac, *Future de l'habitat*, Jean Michel Place, p. 61-72, 2008, PUCA. ffhalshs-00572413f
 - Sirinelli, 2011
 - SIRET Daniel, « Généalogie du brise-soleil dans l'œuvre de Le Corbusier : Carthage, Marseille, Chandigarh », in *Cahiers thématiques de l'école d'architecture de Lille*, n°4 octobre 2004, p.169-181
 - TODD Emmanuel, *L'invention de l'Europe*, Paris, Éditions du Seuil, 1990
 - The Shift Project, *Performance énergétique du bâtiment, Programme de rénovation thermique du parc existant*, 2013, en ligne : https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2017/05/tsp_-_gt_renovation_thermique_du_batiment_v3.4.pdf ; <http://decarbonizeurope.org/wp-content/uploads/2016/11/6-Batiment-r%C3%A9sidentiel-priv%C3%A9-version-longue.pdf>
 - VERDIER Hélène (dir.), «Principe, méthode et conduite de l'inventaire général du patrimoine culturel», *Documents & méthodes*, n°9, 2007, consulté le 25 juillet 2019. URL. http://www2.culture.gouv.fr/culture/inventai/presenta/normes/livretPMC/livretPMC_2007.pdf

ANALYSE DE LA BASE DE DONNÉES SMART FRENCH

/ Raphaël LABRUNYE

- *Les grands ensembles, une architecture du XXe siècle*, Paris, Dominique Carré, Ministère de la Culture et de la Communication, 2011, 256p.
- BLANCHON Bernadette (et al.), *Le paysage dans les ensembles urbains de logements de 1940 à 1980*, direction générale des patrimoines, 2010, 7vol.
- BOLLE Gauthier, C.-G. *Stoskopf (1907-2004), architecte : les Trente Glorieuses et la réinvention des traditions* (préface de Anne-Marie Châtelet), Presses Universitaires de Rennes, collection Art et société, 2017, 335 p.
- CANTEUX Camille, *Filmer les grands ensembles: villes rêvées, villes introuvables*, Paris, Créaphis, 2014, 375 p.
- CARRIE Benoît et LABRUNYE Raphaël (dir.), *Étude de 10 ensembles de logements construits de 1945 à 1975*, Ministère de la Culture, 2013, 10 vol. 3 tomes publiés en 2015.
- CROIZE Jean-Claude, *Politique et configuration du logement en France (1900-1980)*, texte présenté pour l'habilitation à diriger des recherches, Université de Nanterre, novembre 2009.
- DELEMONTEY Yvan, *Reconstruire la France - L'aventure du béton assemblé, 1940-1955*, Paris, Ed. de la Villette, 2015, 398 p.
- DUFAUX Frédéric et FOURCAUT Annie (dir.), *Le monde des grands ensembles*, Paris, Créaphis, 2004, 255 p.
- GRAF Franz, « La cité du Lignon 1963-1971 », *Patrimoine et architecture*, Hors série janvier 2012, 160p.
- GRUET Stéphane et PAPILLAULT Rémi, *Le Mirail, mémoire d'une ville, histoire vécue du Mirail de sa conception à nos jours*, Toulouse, Poësis, 2013, 445p.
- GUILLERM Elise, *L'architecte Jean Dubuisson (1914-2011), Le dessin à l'épreuve des usages*, thèse de doctorat en histoire de l'art sous la direction de Claude Massu, décembre 2015.
- MASSIRE Hugo, *Pierre Dufau architecte (1908-1985), un libéral discipliné – Parcours, postures, produits*, sous la direction de M. Jean-Baptiste Minnaert, soutenue le 6 décembre 2017.
- JALLON Benoit, NAPOLITANO Umberto et BOUTTE Franck, *Hausmann Paris modèle de ville*, Paris, Park Books et Pavillon de l'arsenal, 2017, 263p.
- JAMBARD Pierre, *Un constructeur de la France du XXe siècle. La Société Auxiliaire d'Entreprise (SAE) et la naissance de la grande entreprise française de bâtiment (1924-1974)*, Presses universitaires de Rennes, La Documentation Française, 2008, 342 p.
- KLEIN Richard (dir.), *La cité de l'étoile à Bobigny, Candilis, Josic, Woods, un modèle de logement social*, Paris, Creaphis, 2014, 160p.
- LAMBERT Guy (et al.), *Ensembles urbains, 1940-1977, Les ressorts de l'innovation constructive*, Direction de l'architecture et du Patrimoine du Ministère de la culture, 2009, 115p.,
- LANDAUER Paul, *L'invention du grand ensemble. La Caisse des dépôts maître d'ouvrage*, Paris, éditions Picard, 2010, 291 p
- LE GOULLON Gwenaëlle, *Les Grands ensembles en France. Genèse d'une politique publique (1945-1962)*, Paris, CTHS Histoire, 2014, 400p.
- LEHMANN Laurent, « refurbishment of a modern heritage building : the shape village of la faisanderie in fontainebleau », in GRAF Franz et DELEMONTEY Yvan, *Understanding and conserving industrialised and prefabricated architecture*, Lausanne, Presses Polytechniques et universitaires romandes, juillet 2012, p.332. Le projet est lauréat de l'équerre d'argent 2015 dans la catégorie réhabilitation.
- RAGE, Retours d'expériences dans les bâtiments à basse consommation et risques de non-qualité, résultats 2011, Programme d'accompagnement des professionnels « Règles de l'Art Grenelle Environnement » (RAGE), juin 2012 [en ligne], www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr/regles-de-lart/detail/rapport-2011-de-letude-rex-bbc-risques.html [consulté le 12 juin 2013].
- SIDLER Olivier, *Rénovation à basse consommation d'énergie des logements en France*, Projet RENAISSANCE, Programme européen CONCERTO, Août 2007 [en ligne], www.negawatt.org/telechargement/Docs/Sidler%20Renovation%20final%201107.pdf [consulté le 10 avril 2016].
- VAYSSIERE Bruno, *Reconstruction – Déconstruction. Le hard french ou l'architecture française des trente glorieuse*, Paris, Picard, 1988, 328 p.
- VOLDMAN Danièle, *La reconstruction des villes françaises de 1940 à 1954: histoire d'une politique*, Paris, l'Harmattan, 1997, 487 p.

DISTRIBUTION DE LOGEMENT ET ORGANISATION DE LA TRAME STRUCTURELLE

/ Shahram ABADIE

- ABRAM Joseph, « Habiter Le Havre. L'Atelier Perret et les nouvelles valeurs d'usage du logement », dans GUILLOT Xavier (dir.) *Habiter la modernité*, Saint-Etienne, Université de Saint-Etienne, 2006, p.39-54.
- ABRAM Joseph, « Du Chaos à la croissance 1940-1966 », dans *L'architecture moderne en France*, tome 2, Paris, Picard, 1999.
- DUMONT Marie-Jeanne, *Le logement social à Paris, 1850-1930*, Liège, Mardaga, 1991.
- ELEB Monique et DEBARRE Anne, *L'invention de l'habitation moderne, Paris 1880-1914*, Paris, Hazan, 1995.
- KLASSEN Ludwig, *Grundriß-Vorbilder von Gebäuden aller Art, Abteilung 1 : Grundriß-Vorbilder von Wohn und Geschäftshäusern*, Leipzig, Baumgärtner's Buchhandlung, 1884.
- LAMBERT Guy, NÈGRE Valérie (dir), *Ensembles urbains, 1940-1977. Les ressorts d'innovation constructive*, Rapport de recherche, Centre d'histoire des techniques et de l'environnement, 2009.
- MOLEY Christian, *L'Architecture du logement, culture et logique d'une norme héritée*, Paris, Anthropos, 1998.
- PERRIS Pascal, « Le SHAPE Village », dans MONNIER Gérard (dir.). *Le temps de l'œuvre. Approches chronologiques de l'édification du bâtiment*, Paris, Publications de la Sorbonne, 2000.
- STÜBBEN Joseph, *Der Städtebau* (Handbuch der Architektur, Halbband 9), Stuttgart, Kröner, (1re éd. 1890), 1907.
- WEISSBACH Karl, *Wohnhäuser* (Handbuch der Architektur, Teil 4, Halbband 2, Heft 1), Stuttgart, Arnold Bergsträsser, 1902.

DISCOURS JUSTIFICATIFS DES PLANS MASSE / Gauthier BOLLE

- BOLLE Gauthier, « Les Trente Glorieuses à Strasbourg dans les revues d'architecture et d'urbanisme », *Source(s)*, revue de l'É.A. 3400-ARCHE, n°3, p. 6586, Strasbourg, déc. 2013 ;
- BOLLE Gauthier, C.-G. *Stoskopf (1907-2004), architecte : les Trente Glorieuses et la réinvention des traditions*, Presses Universitaires de Rennes, collection Art et société, 2017, 335 p. ;
- BOLLE Gauthier, « Appropriation des modèles étrangers et tradition académique dans la conception des ensembles d'habitation en France (1945-1965) », *Source(s)*, revue de l'É.A. 3400-ARCHE, n°13, 2019, p. 87-107.
- BLANCHON Bernadette, « Les paysagistes français de 1945 à 1975 : l'ouverture des espaces urbains », *Les Annales de la recherche urbaine*, décembre 1999, no 85, pp. 21-29.
- COHEN Jean-Louis, *André Lurçat, 1894-1970 : autocritique d'un moderne*, Liège, P. Mardaga, 1995, p. 272.
- COUDROY DE LILLE Laurent, « 'Ville nouvelle' ou 'grand ensemble' : les usages localisés d'une terminologie bien particulière en région parisienne (1965-1980) » dans *Histoire urbaine*, 2006, n° 17, no 3, pp. 47-66.
- DIENER Amandine, *L'enseignement de l'architecture à l'Ecole des beaux-arts au XXe siècle, une lecture des règlements et de la pédagogie (1863-1968)*, sous la direction de Me. Anne-Marie Châtelet, Université de Strasbourg, 2017.
- FORTIN Jean-Patrick, *Grands ensembles, l'espace et ses raisons*, Paris, Plan Urbanisme Construction Architecture, coll. « Recherches », n° 125, 2001, 112 p.
- GUILLERM Élise, *Jean Dubuisson*, Paris, Infolio, 2011, 192 p.
- E. Henry, direction générale des Patrimoines (dir.), *Les Grands Ensembles : une architecture du xxe siècle*, Paris, Carré, 2011, 255 p.
- JANNIÈRE Hélène, *Politiques éditoriales et architecture moderne: l'émergence de nouvelles revues en France et Italie (1923-1939)*, Paris, Ed. Arguments, 2002, 377 p.
- JANNIÈRE Hélène, « Planifier le quotidien. Voisinage et unité de voisinage dans la conception des quartiers d'habitation en France (1945-1965) », dans *Strates. Matériaux pour la recherche en sciences sociales*, janvier 2008, no 14.
- KOURNIATI Marilena, *Des congrès internationaux d'architecture moderne à TEAM 10 : une autre génération intellectuelle*, sous la direction de M. Christian Topalov, EHESS. Thèse soutenue le 17 décembre 2018.
- LANDAUER Paul, *L'invention du grand ensemble : la caisse des dépôts maître d'ouvrage*, Paris, Picard, 2010, 288 p.
- LEFRANÇOIS Dominique, LANDAUER Paul, *Emile Aillaud*, Paris, Infolio ; Ed. du patrimoine, 2011, 190 p.
- Gwenaëlle Le Goullon, *Les Grands Ensembles en France : genèse d'une politique publique, 1945-1962*, Paris, Comité des travaux historiques et scientifiques, 2014, 355 p.
- MASSIRE Hugo, *Pierre Dufau architecte (1908-1985), un libéral discipliné – Parcours, postures, produits*, sous la direction de M. Jean-Baptiste Minnaert. Thèse soutenue le 6 décembre 2017.
- MONNIER Gérard, KLEIN Richard (éds.), *Les années ZUP : architectures de la croissance 1960-1973*, Paris, Picard, coll. « Librairie de l'architecture et de la ville », 2002, vol. 1/, 301 p.
- PORTNOÏ Anne, « Les outils du Town Design face à ceux de l'urbanisme de plan-masse. », *Les Cahiers de*

la recherche architecturale urbaine et paysagère [En ligne], 4 | 2019. URL : <http://journals.openedition.org/craup/1862>

- TOMAS François, BLANC Jean-Noël, BONILLA Mario, *Les grands ensembles : une histoire qui continue...*, Saint-Étienne, Université de Saint-Etienne, 2003, 260 p.
- VAYSSIÈRE Bruno, *Reconstruction, déconstruction : le hard french ou l'architecture française des Trente Glorieuses*, Paris, Picard, coll. « Villes&Sociétés », 1988, 327 p.

RATIONALITÉ SOLAIRE DES COMPOSITIONS ARCHITECTURALES ET URBAINES & CARACTÉRISATION DES QUALITÉS BIOCLIMATIQUES DES PROJETS

/ Karim EL ALAMI, Ignacio REQUENA, Daniel SIRET & Amir Mahamoud ISSA, Ignacio REQUENA, Daniel SIRET

- ANKER Peder, *From Bauhaus to Ecohouse. A History of Ecological Design*. Louisiana: Louisiana State University Press, 2010.
- ATKINSON William, *The orientation of buildings or planning for sunlight*. New York: John Wiley & Sons, 1912.
- AUGUSTIN-REY Augustin, PIDOUX, Justin, BARDE, Charles, *La science des plans de villes, ses applications à la construction, à l'extension, à l'hygiène et à la beauté des villes, orientation solaire des habitations*. Lausanne : Payot & Cie, Paris : Dunod, 1928.
- BARBER Daniel A., STICKELLS Lee, RYAN Daniel J., KOEHLER Maren, LEACH Andrew, GOAD Philip, VAN DER PLAAT Deborah, KEYS Cathy, KARIM Farhan, TAYLOR William M., "Architecture, Environment, History: Questions and Consequences", dans *Architectural Theory Review*, 2018. (22(2), 249286. doi: 10.1080/13264826.2018.1482725)
- BARBER Daniel, A. *A house in the sun: Modern architecture and solar energy in the Cold War*. Oxford: Oxford University Press 2016.
- BUTIENWIESSER Isabelle, CHEVET Hélène, *Panorama des techniques du bâtiment 1947-1997*. Paris : CSTB, 1997.
- CHANG Jiat-Hwee, WINTER Tim, "Thermal modernity and architecture", dans *The Journal of Architecture*, 2015. (20(1), 92121. doi: 10.1080/13602365.2015.1010095)
- CHATELET Alain, FERNANDEZ Pierre, LAVIGNE Pierre, *Architecture climatique, Une contribution au développement durable*. Aix-en-Provence : Edisud, 2000.
- COOPER Gail, "Escaping the house: comfort and the California garden" dans *Building Research & Information*, 2008. (36(4), 373380.)
- FERNANDEZ Pierre, LAVIGNE Pierre, *Concevoir des bâtiments bioclimatiques : fondements & méthodes*. Paris : Le Moniteur Architecture, 2009.
- FERRUCCI Margherita, BROCATO Maurizio, PERON Fabio, "Digital Tools for the Morphological Design of the Naturally Ventilated Buildings" dans *Future Cities and Environment*, 2018. (4(1). doi: 10.5334/fce.4)
- FITCH James Marston, *American Building. The Forces that Shape It*. Boston: The Riverside Press Cambridge, 1948.
- HARZALLAH Amina, SIRET Daniel, MONIN Éric, BOUYER Julien, « Controverses autour de l'axe héliothermique : l'apport de la simulation physique à l'analyse des théories urbaines » dans *Conférence internationale Repenser les limites : l'architecture à travers l'espace, le temps et les disciplines*. Paris : INHA, août 2005.
- HARZALLAH Amina, *Émergence et évolution des préconisations solaires dans les théories architecturales et urbaines en France, de la seconde moitié du XIXe siècle à la deuxième guerre mondiale*. Thèse de doctorat, Sciences de l'ingénieur option Architecture, Université de Nantes, 2007.
- HAWKES Dean, *Architecture and Climate. An environmental history of British Architecture 1600-2000*. London: Routledge, 2012.
- IZARD Jean-Louis, GUYOT Alain, *Archi Bio*. Roquevaire : Parenthèses, 1979.
- JANKOVIC Vladimir, "A historical review of urban climatology and the atmospheres of the industrialized world" dans *WIREs Climate Change*, (2013). ((4), 539553. doi: 10.1002/wcc.244)
- LAMBERT Guy, NEGRE Valérie, GALLO Emmanuelle, RODRIGUEZ-TOME Denyse, *Ensembles urbains, 1940-1977. Les ressorts de l'innovation constructive*. Centre d'histoire des techniques et de l'environnement, CNAM, 2009.
- LE CORBUSIER, *La Ville Radieuse*. Paris : Vincent, Fréal et Cie, 1935.
- LE CORBUSIER, *La charte d'Athènes*. Paris : Éditions de Minuit, 1957.
- LIEBARD Alain, *Guide de l'architecture bioclimatique*. Paris : Comité d'action pour le solaire, 1996.
- MUSY Marjorie, MOLINES Nathalie, PHAM Trung, SIRET Daniel, GROLEAU Dominique, *ADEQUA : Aménagement durable d'un quartier. Élaboration d'une méthodologie d'aide à la décision lors de la réalisation ou de la réhabilitation d'un quartier résidentiel*. Rapport de recherche. Nantes : CERMA-UMR CNRS 1563, École Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes, 2006.

BIBLIOGRAPHIE

- NEILA GONZALEZ Francisco Javier, *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid : Munilla-Ilería, 2004.
- OLGAY Victor, *Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1963.
- REQUENA-RUIZ Ignacio, « L'utopie des "climats artificiels". Discours et représentations dans les revues d'architecture françaises (1930-1950) » dans *Ambiances, Tomorrow*. Proceedings of 3rd International Congress on Ambiances, vol. 2, 2016. Volos: University of Thessaly / Ambiance International Network.
- SIRET Daniel, « Rayonnement solaire et environnement urbain : de l'héliotropisme au désenchantement, histoire et enjeux d'une relation complexe » dans *Développement durable et territoires*, vol. 4, n°2, 2013.
- SIRET Daniel, « Les sensations du soleil dans les théories architecturales et urbaines : de l'hygiénisme à la ville durable » dans BECK R., KRAMPL U., RETAILLAUD-BAJAC E. (dir.). *Les cinq sens de la ville du Moyen Âge à nos jours*. Tours : Presses universitaires François Rabelais, 2013.
- SIRET Daniel, « William Atkinson, pionnier de la science de l'ensoleillement en architecture en Amérique du Nord » dans MONDINI, D. (dir.). *Light and Darkness in XX Century Architecture*. Accademia di architettura, Mendrisio, Mendrisio Academy Press & SivanaEditoriale, 2014.
- VAN DER VOORDE Stéphanie, BERTELS Inge, WOUTERS Ine, *Post-war building materials in housing in brussels 1945-1975*. Bruxelles: Vrije Universiteit Brussel, 2015.

METHODE D'ANALYSE DU POTENTIEL AERAUQUE DES GRANDS IMMEUBLES 1945-1975

/ Margherita FERRUCCI

- European Commission / Eurostat : Final energy consumption by sector, tsdpc320- Final ener consumption in households by fuel, Greenhouse gas emissions by industries and households. European Directive on the Energy Performance of Buildings 2012/27/EU, 2015.
- VILLI Villi, *Il moto dell'aria all'interno degli ambienti confinati*. PhD thesis, Univeristà degli Studi di Padova, Facoltà di energetica,, Padova (Italia), 2009.
- BORDASS B, COHEN R, STANDEVEN M, LEAMAN A., *Assesing building performance in use: energy performance of the PROBE buildings*. Building Research and Information, 29(2): 114–128, 2001.
- BLUYSSSEN P.M, ARIES M, VAN DOMMELEN Paula, *Comfort of workers in office buildings: The european hope project*. Building and Environment, 46(1):280–288, 2011.
- HANSEN S.O., *Economical consequences of poor indoor air quality and its relation to the total building operational costs*. In EuroFMIFMA Conference and Exhibition. EuroFMIFMA, 1997.
- STEIN B, LOGA T, DIEFENBACH N. (ed.), *Inclusion of New Buildings in Residential Building Typologies Steps Towards NZEBs Exemplified for Different European Countries- EPISCOPE Synthesis Report No. 1*. Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt, 2014.
- LOGA T, DIEFENBACH N (ed.), *DATAMINE : Collecting Data from Energy Certification to Monitor Performance Indicators for New and Existing Buildings*. Final Report; Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2009.
- LOGA T. (ed.), Diefenbach N (ed.), STEIN B (ed.), *Typology approach for building stock energy assessment: final project report*. Darmstadt, Germany: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), Darmstadt, 2012.
- VISSCHER H, DASCALAKI E, SARTORI I., *Towards an energy efficient European housing stock: Monitoring, mapping and modelling retrofitting processes*, Special issue of Energy and Buildings, Energy and Buildings 132 (2016) 1–3.
- FILIPPIDOU F, NIEBOER N, VISSCHER H., *Energy efficiency measures implemented in the Dutch non-profit housing sector*, Energy and Buildings, Volume 132, 2016, 107-116,ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.095>.
- CORRADO V, BALLARINI I., *Refurbishment trends of the residential building stock: Analysis of a regional pilot case in Italy*, Energy and Buildings, Volume 132, 2016, 91-106, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.022>.
- SERRANO-LANZAROTE B, ORTEGA-MADRIGAL L, GARCÍA-PRIETO-RUIZ A, SOTO-FRANCÉS L, SOTO-FRANCÉS V-M., *Strategy for the energy renovation of the housing stock in Comunitat Valenciana (Spain)*, Energy and Buildings, Volume 132, 2016, 117-129, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.087>.
- APUR, *Réhabilitation des bâtiments construits à Paris entre 1945 et 1974 – Pratiques actuelles, nouveaux enjeux*, France juin 2016.
- APUR, *Analyse de la performance énergétique des logements parisiens*, 2011.
- VAYSSIÉRE Bruno, *Reconstruction, Déconstruction, Le Hard french ou l'architecture française des Trente Glorieuses*, Paris, Picard 1988.
- LAMBERT G, NÉGRE V., *Ensemble Urbains, 1940-1977, Les ressorts de l'innovation constructive*, Centre d'Histoire des Techniques et de l'Environnement, CNAM, 2009
- Le Corbusier, *La Charte d'Athènes*, Paris, Ed. De Minuit, 1957.
- GRAF F. MARINO G., *La Cité du Lignon 1963-1971, Etude architecturale et stratégies d'intervention*, Lau-

sanne, Patrimoine et Architecture, TSAM, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, réédition septembre 2013.

- GRAF F., *Histoire matérielle du bâti et projet de sauvegarde devenir de l'architecture moderne et contemporaine*, Presses Polytechniques et Universitaire romande, 2014.
- LABRUNYE Raphaël, « La rénovation des ensembles de logements de l'après-guerre, 10 cas d'étude » dans *Collectif, Les temps de la construction. Processus, acteurs, matériaux*, Paris, Picard, 2016, p.927-938
- LABRUNYE Raphaël, BOLLE Gauthier, SIRET Daniel, REQUENA Ignacio et EL ALAMI Karim, « Interdisciplinary research on the heritage of housing complexes in France (1945-75) » dans *Collectif, Building Knowledge, Constructing Histories*, London, Taylor & Francis Group, 2018, p.837-842.
- FERRUCCI M, BROCATO M., *Parametric analysis of the wind-driven ventilation potential of buildings with regular layout*, Building Services Engineering Research and Technology, 2018/09/24.
- GANDEMER J, GUYOT A., *Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti : guide méthodologique et conseils pratiques*. Paris : Direction de l'aménagement foncier et de l'urbanisme (DAFU), 1976, 130p.
- OLGAY V., *Design with Climate. Bioclimatic Approach to Architecture Regionalism*, Princeton University Press, 1963.
- NF EN 1991-1-4/NA mars 2008, Eurocode 1 : Actions générales- Actions du Vent.
- FERRUCCI M, BROCATO M, PERON F., *Digital Tools for the Morphological Design of the Naturally Ventilated Buildings Case study: analysis of the wind driven ventilation potential of linear isolated blocks*. Future Cities and Environment Future Cities and Environment, 4(1): 6, pp. 1–9, DOI: <https://doi.org/10.5334/fce.4>
- DEARDORFF J.W., *Stratocumulus-capped mixed layers derived from a three-dimensional model*. Boundary- Layer Meteorol., 18:495–527, 1980. p.46-47.
- POPE S.B., *Turbulent Flows*. Cambridge University Press, 2000. p.80-281.
- NIST, *Fire Dynamics Simulator User's Guide*, Special Publication 1019 Sixth Edition, June 26, 2018 Revision: FDS6.7.0-0-g5ccea76, <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.1019>.
- DEARDORFF J.W., *Stratocumulus-capped mixed layers derived from a three-dimensional model*. Boundary- Layer Meteorol., 18:495–527, 1980. 46, 47
- POPE S.B., *Turbulent Flows*, Cambridge University Press, 2000. 46, 47, 280, 281
- NIST, *Fire Dynamics Simulator User's Guide*, Special Publication 1019 Sixth Edition, June 26, 2018 Revision: FDS6.7.0-0-g5ccea76, <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.1019>
-
-

LE PROJET DE RECHERCHE SMART FRENCH, NOTE DE SYNTHÈSE

/ Raphaël LABRUNYE et Elise Guillerm

- JALLON Benoit, NAPOLITANO Umberto et BOUTTE Franck, *Hausmann Paris modèle de ville*, Paris, Park Books et Pavillon de l'arsenal, 2017, 263p.

VALORISATION ET MÉMOIRES

Le projet de recherche a fait l'objet de plusieurs valorisations.

Articles

- Raphaël Labrunye, « Transition écologique : renouvellement des pratiques de la recherche en histoire de l'architecture, le cas du projet de recherche SMART FRENCH », *Culture et recherche*, n°138, automne-hiver 2018, p.29-30
- Shahram Abadie, « Smart French, le logement collectif du second XXe siècle au prisme de l'énergie : un projet à la frontière des recherches fondamentales et appliquées », *Source(s), Cahiers de l'équipe de recherche Arche-EA3400*, n° 10, 2017, p. 107-112
- LANGLOIS Gilles-Antoine, « Présentation du projet SMART FRENCH », *Transversale, Histoire : architecture, paysage, urbain*, revue de l'ENSAP-Bordeaux, n°1 décembre 2016, p.71

Actes de colloque

- LABRUNYE Raphaël, BOLLE Gauthier, SIRET Daniel, REQUENA Ignacio, EL ALAMI Karim, « Interdisciplinary research on the heritage of housing complexes in France (1945-75) », in Collectif, *Building Knowledge, Constructing Histories*, London, Taylor & Francis Group, 2018, p.837-842
- Raphaël Labrunye, « Le patrimoine du XXe siècle, moderne et environnemental? », *Enjeux théoriques de la réhabilitation*, acte du 3e séminaire inter-école Architecture, Patrimoine et Création, ENSA Lyon, 1 et 2 décembre 2016, p.109-121

Communications

- LABRUNYE Raphaël et BOLLE Gauthier, « La conception des grands ensembles en France (1945-1975) caractéristiques environnementales et résilience d'une forme jugée obsolète », EAUH 2018 « Urban renewal and resilience cities in comparative perspective », Rome 29 août-1er septembre 2018. Avec Gauthier Bolle
- LABRUNYE Raphaël, BOLLE Gauthier, SIRET Daniel, REQUENA Ignacio, EL ALAMI Karim, « Interdisciplinary research on the heritage of housing complexes in France (1945-75) », 6th International Congress of construction History, Brussel, 9-13th July 2018
- LABRUNYE Raphaël, « Le patrimoine du XXe siècle, moderne et environnemental ? », Enjeux théoriques de la réhabilitation, 3e séminaire inter-écoles Architecture, Patrimoine et Création, 1er et 2 décembre 2016
- LABRUNYE Raphaël, « Nouveaux modes constructifs et nouveaux matériaux », colloque de clôture du Lab-Cdc, Caisse des dépôts, Paris, 29 novembre 2016

Trois mémoires ont été soutenus au sein du Master STEU (Sciences et techniques des environnements urbains), ENSA Nantes/Centrale Nantes/Mines Nantes, issus de stages financés par SMART FRENCH :

- EL ALAMI Karim, *Les choix d'orientation solaire dans les grands ensembles de la reconstruction*, sous la direction de Daniel Siret et Ignacio Requena, 2017
https://dumas.ccsd.cnrs.fr/search/index/?q=authLastNameFirstName_s%3A%22El+Alami+Karim%22
- ROTONDO Federica, *Proposition d'une démarche expérimentale pour la caractérisation des qualités thermiques dans les logements collectifs de la 2e moitié du XXe siècle*, sous la direction de Daniel Siret et Ignacio Requena, 2017
https://dumas.ccsd.cnrs.fr/search/index/?q=authLastNameFirstName_s%3A%22Rotondo+Federica%22
- ISSA Amir Mahamoud, *Caractérisation et évaluation des potentialités bioclimatiques des logements collectifs de la 2e moitié du XXe siècle*, sous la direction de Daniel Siret et Ignacio Requena, 2018
https://dumas.ccsd.cnrs.fr/search/index/?q=authLastNameFirstName_s%3A%22Issa+Amir+Mahamoud%22

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1

Étude des récurrences et fiches monographiques associées

ANNEXE 2

Extraction partielle de la base de données File Maker (sélection des 78 items)

ANNEXE 3

Rapport d'étude de Margherita Ferrucci

ANNEXE 4

Atelier de Projet Langlois/Lotti, Les Aubiers et le Lauzun

REMERCIEMENTS

Cette recherche est le fruit d'une importante collaboration entre plusieurs partenaires institutionnels et a impliqué de nombreux chercheurs, enseignants, chargés d'études et étudiants. Je tiens ici à tous les remercier pour leurs contributions au gré des engagements des uns ou des autres.

Les chercheurs qui ont participé au projet :

L'équipe d'accueil 7464 Architecture, Territoire, Environnement (EA 7464 ATE) de l'École Nationale Supérieure d'Architecture (ENSA) de Normandie

- Raphaël Labrunye, directeur
- Yannick Sutter, maître de conférences associé
- Elise Guillerm, ingénieur de recherche

L'équipe CRENAU de l'Unité Mixte de Recherche 1563 AAU (Ambiances Architectures Urbanités) de l'ENSA Nantes

- Daniel Siret, directeur du laboratoire AAU
- Ignacio Requena-Ruiz, maître de conférences à l'ENSA Nantes

Le Groupe de Recherche en Formation Ressources de l'ENSA Clermont-Ferrand

- Shahram Abadie, maître de conférences à l'ENSA Clermont-Ferrand

L'Unité Mixte de Recherche 5319 Passages de l'Université de Bordeaux / ENSAP Bordeaux

- Gauthier Bolle, maître de conférences à l'ENSA Strasbourg

Le laboratoire aérodynamique Eiffel du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)

- Margherita Ferruci, Ingénieur des études

Plusieurs chargés d'étude ont aussi contribué directement aux travaux de recherche et de rédaction des textes : Karim El Alami, Federica Rotondo, Amir Mahamoud Issa (CRENAU, ENSA Nantes), Guillaume Gouel, Caroline Sinnaeve (ATE, ENSA Normandie), Chloé Ravaut (ENSA Clermont-Ferrand), Angèle Pavia (ENSAP Bordeaux), Jean-Sébastien Boudard, Solène Dolo, Marion Le Gouhaler (ENSA Bretagne).

Plusieurs enseignants-chercheurs ont contribué au projet par leur participation aux journées d'étude ou par leur encadrement pédagogique :

- Gilles-Antoine Langlois, professeur ENSA Paris-Val-de-Seine
- Luca Lotti, maître de conférences ENSAP Bordeaux
- Emmanuelle Gallo, maître de conférence associée ENSA Bretagne
- Laurent Mouly, maître de conférences ENSA Normandie

Le programme a impliqué des étudiants dans des cadres pédagogiques définis :

- Atelier de Projet Master (ENSAP Bordeaux), encadrants : Luca Lotti et Gilles-Antoine Langlois : Sébastien Giradeau, Forlane Ghidina, Laura Lievevrouw, Kimberley Affichard, Alba Bedoya, Elodie Céré
- Séminaire de Master (ENSA Bretagne), encadrants : Raphaël Labrunye et Emmanuelle Gallo : Emeline Neau, Jean-Sébastien Boudard, Corentin Reisch, Solène Dolo, Marion Le Gouhaler, Félix Le Floch, Mélanie Joubert, Paul Charbonnier, Lorraine Zapf, Thibaut Hellmann, Clément Bonnérat
- Optionnel Histoire Licence 3 (ENSA Bretagne), encadrant : Raphaël Labrunye : François Audousset, Alexandre Bodin, Manon Caudan, Gaëlle Céroux, Eline Combes, Dylan Coquelin, Olivia Couasnon, Solène de Coattarel, Olwen Gilbert, Mathilde Grimoux, Morgane Haseneyer, Emilie Lariven, Louise Levacher, Corentin Malherbe, Héloïse Neger, Laura Perrin, Victorien Pourias, Clémence Rondeau, Charline Trecul, Léa Vandekerckhove, Youmna Zanna

Je tiens à remercier Elise Guillerm, ingénieur de recherche d'ATE – ENSA Normandie pour ses précieux conseils de rédactions et les relectures patientes dans la dernière ligne droite.

Enfin nous pensons à Stephanie van de Voorde (Vrije Universiteit Brussel) qui n'a pas pu contribuer comme elle le souhaitait au projet pour des raisons personnelles.

Rapport Principal du projet de recherche SMART FRENCH
Achévé en septembre 2019