



Les choix d'orientation solaire dans les grands ensembles de la reconstruction

Karim El Alami

► To cite this version:

Karim El Alami. Les choix d'orientation solaire dans les grands ensembles de la reconstruction. Architecture, aménagement de l'espace. 2017. dumas-01581450

HAL Id: dumas-01581450

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01581450>

Submitted on 4 Sep 2017

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

MASTER SCIENCES ET TECHNIQUES DES ENVIRONNEMENTS URBAINS

SPECIALITE AMBIANCES ET FORMES URBAINES

Année 2016/2017

Thèse de Master STEU

Diplôme cohabilité :
École Centrale de Nantes
Ecole Nationale Supérieure des Mines de Nantes
Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes

Présentée et soutenue par :

KARIM EL ALAMI

le 08/09/2017

à l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes

**Les choix d'orientation solaire dans les grands ensembles de la
reconstruction**

JURY

Président :

Thomas Leduc - Chercheur CNRS, Directeur du Crenau, UMR AAU

Examineurs :

Daniel Siret - Architecte, Docteur HDR, Directeur de l'UMR AAU

Ignacio Requena-Ruiz - Maître-assistant - ENSA Nantes

Raphael Labrunye - Maître-assistant - ENSA Bretagne

Directeurs de mémoire : Daniel Siret - Ignacio Requena-Ruiz

Laboratoire/Institution : CRENAU (UMR CNRS Ambiances Architectures Urbanités)

Remerciements :

Je tiens tout d'abord à remercier Daniel Siret, architecte, docteur HDR, et directeur de l'UMR AAU et Ignacio Requena-Ruiz, maître-assistant à l'ENSA Nantes, qui ont tous les deux encadré mon stage, pour avoir su me conseiller et me guider tout au long de ce mémoire.

Je remercie également Thomas Leduc, chercheur CNRS et directeur du Crenau, pour m'avoir accueilli dans le laboratoire, ainsi que Pascal Joanne, enseignant et responsable de l'option Ambiances et Formes Urbaines du master STEU.

Enfin, merci à tous les membres de l'équipe du Crenau, permanents, doctorants et stagiaires, pour leur disponibilité, leurs conseils et leur bonne humeur, ils ont rendu ces 6 mois de stage au laboratoire très agréables.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Résumé :

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet « Smart French », dont l'objectif est la construction d'une connaissance fine et approfondie du parc des ensembles de logements collectifs produits après la seconde guerre mondiale, afin de définir une nouvelle approche concernant l'amélioration thermique de ce parc de logements.

Le parc de logement construit entre 1949 et 1974, et donc dans les Trente Glorieuses, constitue aujourd'hui près de 20% des logements en France, ce qui représente une part importante de l'architecture française. De plus, les consommations énergétiques de ces ensembles de logements sont très élevées, du fait de l'évolution de la demande de confort et des problématiques liées au développement durable qui, à l'époque, ne constituaient pas une priorité. Enfin, depuis la création en 1999 du Label Patrimoine du XXe siècle par le ministère de la Culture et de la Communication, les grands ensembles sont considérés comme objet historique à préserver, réhabiliter et améliorer.

D'où l'importance de porter un intérêt particulier à ces ensembles de logements construits dans les Trente Glorieuses.

Il s'agira lors de ce travail de trouver les réponses permettant de comprendre le rôle de l'ensoleillement dans l'amélioration thermique de ce parc de logements. La question de l'ensoleillement a constitué une réelle préoccupation dans le domaine architectural et urbain tout au long du XXème siècle, participant ainsi à l'émergence des nouvelles formes architecturales et urbaines modernes. Nous chercherons à savoir comment cette question, et plus précisément celle des orientations solaires, a été prise en compte par les architectes des grands ensembles des Trente Glorieuses.

Pour ce faire, nous allons analyser un corpus d'étude comprenant plus de 300 projets construits entre 1945 et 1975, préalablement constitué par les membres du projet « Smart French », pour étudier les possibles prises en compte de l'ensoleillement et ainsi, mieux appréhender le comportement thermique actuel de ces ensembles de logements.

Cette analyse se fera à travers 2 étapes, une première analyse statistique de 13 projets préalablement retenus, à travers l'étude des plans de masse et de l'enveloppe des bâtiments dans leur environnement, puis une analyse plus fine, plus détaillée, de ces mêmes projets, à travers la simulation des ombres portées et des durées d'ombrage cumulé.

Abstract :

This work is part of the « Smart French » project which aim to build some knowledge about collective housing built after the Second World War, in order to define a new approach to the thermal improvement of this housing stock.

The housing stock built between 1949 and 1974 in the period of “Les Trente Glorieuses” represent 20% of the housing in France, a significant part of the French Architecture. However, these houses consume a lot of energy because of comfort issues and the problems of sustainable development, which were not a priority for people at that time. Since the creation of the “Label Patrimoine” of the 20th century by the ministry of culture and communication, those housing called “Les grand ensembles” are considered as a historical heritage that we must protect, rehabilitate and improve.

That is the reason why it is very important to take care of the housing built in the period of “Les Trentes Glorieuses”.

In this work we are trying to improve the thermal characteristics of these housing using the characteristics of sunshine. The sun conditions have constituted a real preoccupation in the architectural and urban domain of the 20th century; it has contributed to the emergence of new and modern architectural and urban forms. We are trying to understand how the sunshine and more specifically solar orientations have been taken into account by the architects of “Les Trente Glorieuses”.

To do so, we are going to analyse a database of more than 300 projects built between 1945 and 1975 that has been constituted by the members of the “Smart French” project, to define if the question of sunshine has been considered in the design phase of these projects and then measure the actual thermal behaviour of those housing.

We will do the study in two different steps. First of all, we will analyse the massing and the building surfaces of 13 projects that we have chosen in their environment, and then we will go more deeply in the details through simulations of the shadows and their duration.

Les choix d'orientation solaire dans les grands ensembles de la reconstruction.

Tables des matières :

Remerciements :	2
Résumé :	3
Abstract :	4
Introduction générale.....	7
CHAPITRE 1. CONTEXTE DE LA RECHERCHE	9
1.1. L'Architecture des Trente Glorieuses	9
1.1.1. La reconstruction d'après-guerre.....	10
1.1.2. L'Avènement des Grands Ensembles des années 50	11
1.1.3. Les théories architecturales et urbaines : L'influence du mouvement moderne dans la reconstruction d'après-guerre	13
1.1.4. Le déclin des Grands Ensembles des années 60	14
1.1.5. La réhabilitation après les chocs pétroliers des années 70.....	15
1.1.6. La patrimonialisation à la fin du 20 ^{ème} siècle.....	16
1.2. Les préoccupations solaires en architecture et en urbanisme au XXe siècle.....	18
1.2.1. Sensibilités au soleil pendant le XXe siècle	18
1.2.2. Théories des expositions et des orientations.....	23
1.2.3. Théories des gabarits des voies.....	32
1.2.4. Théories des densités	34
CHAPITRE 2. PROBLEMATIQUE ET METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE	38
2.1. Problématique et hypothèses de la recherche	38
2.2. Méthodologie de la recherche	43
CHAPITRE 3. ANALYSE D'UN CORPUS DE 300 PROJETS DES TRENTE GLORIEUSES	45
3.1. Présentation du corpus	45
3.2. Construction d'indicateurs	48
3.3. Résultats de l'analyse du corpus	53
3.4. Discussion	66
CHAPITRE 4. ANALYSE SOLAIRE DETAILLEE DES 13 PROJETS	70
4.1. Introduction et présentation.....	70
4.2. Projet front de mer Sud - Le Havre (1956)	72
4.3. Projet Saint-Denis - Paris (1957).....	76

4.4.	Projet Fernand Pouillon - Aix-en-provence (1953).....	79
4.5.	Projet HLM au quai des belges - Strasbourg (1953).....	82
4.6.	Projet des bleuets - Créteil (1962).....	85
4.7.	Projet la citadelle – Bagnols-sur-Cèze (1958).....	88
4.8.	Projet le château de Louveciennes – Louveciennes (1961)	91
4.9.	Projet de la chancellerie – Bourges (1960).....	94
4.10.	Projet des provinces françaises – Paris (1959).....	97
4.11.	Projet des buffets de Fontenay aux Roses – Paris (1959)	100
4.12.	Projet des hauts pavés – Nantes (1952).....	103
4.13.	Projet de l’unité d’habitation – Marseille (1952)	106
4.14.	Projet du MRU à Aubervilliers - Paris (1952).....	109
4.15.	Discussion	112
	Discussion et conclusion générale.....	114
	Bibliographie	117
	Annexes	121

Introduction générale

Cette thèse de master STEU s'inscrit dans le cadre du projet de recherche « Smart French : le logement collectif du second XXe siècle, au prisme de l'énergie » financé par le Ministère de la Culture et de la Communication et dont le contrat de recherche a débuté en Décembre 2016.

Ce projet de recherche allie plusieurs partenaires, historiens, architectes, sociologues et ingénieurs spécialisés, issus de 6 ENSA et de plusieurs institutions de recherches (Grief / ENSA-Bretagne, Crenau / ENSA-Nantes, Passages / ENSAP-Bordeaux, GRF Ressources / ENSA-Clermont-Ferrand, EA ARCHE / ENSA-Strasbourg, GRF ATE Normandie / ENSA-Normandie, Département d'ingénierie architecturale / Vrije Universiteit Brussel, Belgique) et dirigés par Raphaël Labrunye, responsable scientifique de l'équipe.

Les objectifs affichés par le projet de recherche « Smart French » sont :

- La définition d'une nouvelle approche concernant l'amélioration thermique des édifices de logements construits dans l'après-guerre, qui constitue une part importante du parc de logement actuel.
- La construction d'une connaissance fine et approfondie du parc des ensembles de logements collectifs produits après la seconde guerre mondiale afin de réévaluer au mieux les qualités intrinsèques de l'existant et, en même temps, de développer des possibles scénarios d'intervention.

Pour atteindre ces objectifs, le projet s'organise en 2 parties :

- **Partie 1 : Constitution et Analyse de la base de données :**

Phase 1 : Constitution de la base de données : L'objectif ici est de disposer d'une base de données aussi complète que possible sur 300 ensembles de logements de l'après-guerre déjà recensés grâce à la constitution d'une banque de données de l'ensemble des publications connues sur le corpus d'étude, et ce en partant des éléments bibliographiques déjà repérés.

Phase 2 : Analyse de la base de données : L'objectif ici est d'identifier les récurrences et les étapes clés de la production de logement entre 1944 et 1974, et ce autour de 5 axes :

Axe 1 : Analyse des plans masse au regard des discours et des théories urbaines :

Axe qu'il s'agira de traiter durant cette thèse de master STEU.

Axe 2 : Analyse des éléments de performances énergétiques.

Axe 3 : Analyse des matériaux utilisés dans la construction.

Axe 4 : Étude de synthèse des éléments normatifs régissant la construction de l'après-guerre.

Axe 5 : Analyse de la distribution des logements et des principes structurels.

- Partie 2 : Propositions opérationnelles :

Durant cette partie, l'objectif est de disposer de premières pistes de solutions innovantes dans la réhabilitation du patrimoine.

Pendant le stage effectué au laboratoire Crenau dans le cadre du Master STEU, il s'agira de traiter l'Axe 1 de la Phase 2 de la Partie 1 uniquement.

Nous nous intéresserons aux théories concernant les orientations solaires et les gabarits de voies, mais aussi aux dispositifs architecturaux de protections solaires, pour étudier la prise en compte de l'ensoleillement dans le corpus d'étude comprenant plus de 300 projets construits entre 1945 et 1975. Notre objectif est d'identifier le rôle de l'ensoleillement dans l'amélioration thermique du parc des ensembles de logements collectifs produits après la seconde guerre mondiale.

CHAPITRE 1. CONTEXTE DE LA RECHERCHE

1.1. L'Architecture des Trente Glorieuses

Le terme des « Trente Glorieuses » a été créé par l'économiste Jean Fourastié en 1979 pour faire référence au foisonnement qu'a connu la France sur le plan économique, social, et architectural entre la fin de la seconde guerre mondiale en 1945 et le premier choc pétrolier en 1975 et qui lui a permis de vivre l'une des périodes les plus heureuses de son histoire. Il s'agit du moment de la reconstruction nationale nécessaire pour répondre à l'immense besoin en logements que la seconde guerre mondiale a généré, et ce moment a marqué, à travers une importante production d'ensembles immobiliers, un profond renouvellement de la société et une transformation profonde du territoire français (Vayssière, 1988).

La période des Trente Glorieuses est donc une période de transformation radicale du territoire français, mais c'est aussi celle de l'essor du pont thermique dans la construction, du fait du manque de moyens disponibles et de l'urgence de la reconstruction d'après-guerre. La production industrielle s'est emparée du logement en France et les bâtiments construits à cette époque souffrent de pathologies thermiques qui engendrent des consommations très élevées, qu'elles soient liées à l'enveloppe, aux mauvaises orientations solaires ou au système de chauffage, ce qui s'avère problématiques dans le contexte actuel d'économie d'énergie et de développement durable.

Dans les pages suivantes, nous analyserons les logements collectifs des années 50-60, depuis leurs origines jusqu'à nos jours en présentant tout d'abord le contexte socio-économique de la reconstruction de l'après-guerre dans lequel s'inscrit l'apparition des grands ensembles. Ensuite nous allons nous intéresser aux fondements théoriques qui ont influencé les formes architecturales et urbaines de ces grands ensembles avant de continuer avec la présentation de la vague des critiques de ces bâtiments à partir des années soixante. Enfin, dans la dernière partie, nous parlerons des raisons qui ont permis de trancher entre destruction et réhabilitation.

1.1.1. La reconstruction d'après-guerre

À la sortie de la seconde guerre mondiale on constate une forte demande de logement due à la superposition de plusieurs facteurs, notamment la destruction des villes, la croissance démographique des années 60 et la périurbanisation des grandes villes.

En effet cette période de reconstruction vient palier la période de destruction de la seconde guerre mondiale, période qui a fait beaucoup plus de victimes architecturales que la première guerre mondiale. Au total, 1800 communes ont été détruites en France à plus de 75% à la suite de 1945. Et donc la quasi-totalité de l'armature urbaine est à reconstruire, car malgré le fait qu'il n'y ait que 1800 communes sinistrées sur 38 000, 15 des 17 villes de plus de 50.000 habitants ont été touchées, donc les plus grandes villes de la république, dont des villes industrielles et portuaires. On compte également environ 3.000.000 d'immeubles détruits ou endommagés y compris les habitations, les bâtiments publics, les gares, les usines (Fourcaut, 2013; Voldman, 2008; Abram, 2008).

Dès lors, en 1945, les besoins architecturaux sont immenses, et principalement en matière de logements. A cette époque, la classe populaire ne disposait que de "taudis" pour se loger, des logements de mauvaises qualités, petits, sans confort et sans point d'eau.

De plus, l'accroissement démographique à cette époque a aggravé la situation, entre 1960 et 1975 la population française croît de plus de 7 millions d'habitants (Buttenwieser et Chevet, 1997).

Enfin à partir des années 30, la France assiste à l'exode rurale et au déplacement des populations vers les villes. D'après le recensement de 1931 le taux de population urbaine se situe autour du 50%, taux qui augmente dans les années suivantes et qui conduira à la fin des Trente Glorieuses 70% des Français à habiter en ville (Fourcaut, 2013).

Face à une telle situation, la majorité des protagonistes de la reconstruction s'accordent autour de la nécessité de construire des millions de logements dans les meilleurs délais et à bas prix, un consensus né de l'urgence de la crise du logement. Il est important de préciser que la reconstruction s'est entièrement faite sous le contrôle de l'état, avec la participation actives d'architectes et d'urbanistes qui dénoncent la mauvaise reconstruction de 1918 et prônent une reconstruction adaptée au temps nouveau.

L'Etat lance, à travers la création du Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme (MRU) en 1944, de nombreux concours ayant pour but d'accélérer la reconstruction, ainsi, plusieurs techniques constructives verront le jour entre 1950 et 1974 (préfabrication lourde, préfabrication légère, ossature, coffrage etc.). Dans ce contexte *“normalisation, standardisation et industrialisation deviennent les maîtres mots d'un productivisme dans lequel s'impliquent tous les acteurs”* (Lucan, 2001). Mais face à l'impossibilité d'allier urgence et qualité, certaines de ces techniques causeront au fil du temps défauts d'étanchéité, problèmes de joints ou encore inconfort climatique dans les locaux.

Parallèlement à l'activité du MRU, le Comité national d'urbanisme est chargé d'examiner les plans de reconstruction des villes importantes et rassemble des personnalités comme Auguste Perret, Pierre Paquet et Le Corbusier. Par conséquent les plans de reconstruction présentés par les communes et les propriétaires devaient répondre à plusieurs principes (voir les principes codifiés dans La Charte d'Athènes¹) comme la répartition fonctionnelle des espaces entre l'habitat, les loisirs, la production et l'administration, ce qui a permis de rejeter les usines à la périphérie des villes, zone affectée à l'industrie. Le ministère a donc affecté des zones à chaque secteur d'activités, et a également veillé à avoir des réserves foncières pour des constructions ultérieures, et à interdire à tout architecte non-agréé d'accéder aux commandes de la reconstruction.

1.1.2. L'Avènement des Grands Ensembles des années 50

Le terme « grand ensemble » apparaît pour la première fois dans un article de Maurice Rotival paru en 1935 dans la revue *L'Architecture d'aujourd'hui* (Rotival, 1935). L'article met en évidence certains aspects qui au fur et à mesure des années viendront enrichir la signification du terme : *“forme de barres et tours, taille de 500/1000 logements minimum, financement aidé par l'Etat sous formes diverses, nature du peuplement avec présence dominante de statut locatif édification rapide suivant des techniques de préfabrication, construction concomitante ou prévision des équipements permettant l'autonomie de l'ensemble”* (Dufaux et al. 2004).

¹ Publié par le Corbusier en 1945 suite au quatrième Congrès International d'Architecture Moderne (CIAM) en 1933

Dans les faits il faudra attendre quelques années après la guerre avant d'assister à la production massive des grands ensembles. En effet les premières années de la reconstruction sont dédiées plutôt aux équipements industriels, aux voies de communication et aux moyens de transport. La production de logements apparaît comme prioritaire seulement à partir des années 1950² début de la construction de masse qui atteindra une vitesse de 300 000 logements par an dans les années 1960 (Fourcaut, 2013; Dufaux et al. 2004; Lucan 2001).

C'est à cette période qu'on a eu la volonté d'associer dans un même processus de projet l'architecte, l'ingénieur et les entreprises, de façons à établir une démarche ininterrompue et réduire les temps d'attente (Voldman, 2008; Gaudard et al. 2010). Ceci a permis de construire le premier grand ensemble en France en 1952, la Cité Rotterdam à Strasbourg, avec un programme ambitieux pour l'époque, 800 logements sur un terrain de 10 hectares avec un prix ferme et un délai de construction de dix-huit mois. Le concours lancé par le MRU en 1951 désigne l'architecte Eugène Beaudouin comme lauréat (Le Corbusier était quatrième).

Le grand ensemble est présenté dans les représentations audiovisuelles de Canteux Camille *"Filmer les grands ensembles: villes rêvées, villes introuvables une histoire des représentations audiovisuelles des grands ensembles"* réalisé en 2014 (Canteux, 2014) comme solution à la crise du logement, de la ville et de la banlieue et comme moyen d'entrer dans la modernité, mais aussi comme solution contre les taudis. Notamment, cela s'illustre à travers le passage de Pierre Sudreau, ministre de la construction en 1958, à la télévision, et qui projetait des images de la ville ancienne, avec des rats, des enfants qui jouent dans les caniveaux, des poubelles, des logements non-entretenus et fissurés, pour sous-entendre : voici ce dont on va débarrasser la France, et pour faire apparaître les grands ensembles comme le remède à ces taudis, à cette ville ancienne. Grâce donc à cette opposition, on vient délibérément créer un contraste entre le taudis insalubre de la ville ancienne et le confort domestique moderne des grands ensembles (Canteux, 2014; Fourcaut 2013).

L'apparition des grands ensembles a révolutionné la vie de la classe populaire, grâce à cette association des différents métiers dans un même processus de projet, il a été possible de

² Le début de la construction des grand ensembles est marqué par le "Plan Courant" de 1953 mis en place le ministre de la reconstruction et du logement Pierre Courant.

proposer ces logements à des prix relativement faibles, permettant à ces personnes d'accéder à un confort qui bien souvent, leur était inconnu, (eau chaude, séchoir, vide ordure, chauffage collectif par le plancher et salle de bain sont accessibles). En effet l'avènement des grands ensembles établit "*les fondements d'un droit au logements égal pour tous les salariés*" (Fortin, 2005) qui fait écho au droit à la santé préconisé par le mouvement hygiéniste du XIX^e siècle.

1.1.3. Les théories architecturales et urbaines : L'influence du mouvement moderne dans la reconstruction d'après-guerre

L'Architecture des trente glorieuses est la période d'âge d'or des architectes, une période où l'innovation était possible, une période d'intenses activités constructives, une période de transformation de l'activité d'architecte, des façons de bâtir, des conditions de la commande et des formes architecturales.

La politique de reconstruction d'après-guerre est fortement influencée par les théories architecturales du mouvement moderne: basée sur le rejet de la ville existante, jugée insalubre, et sur la Charte d'Athènes de 1933 qui prône, entre autres, une segmentation verticale de l'espace, les fonctions habitat, travail, loisirs et circulations automobiles sont donc parfaitement réparties. Ces principes d'architecture et d'urbanisme sont manifestement considérés comme fondement du mouvement moderne standardisés et valables quel que soit le contexte. De plus, la ville moderne vise la création de nombreux espaces verts pour renouer le contact avec la nature, la conception d'habitat sain offrant suffisamment d'air et de soleil, et la mise en place d'importants programmes remettant en cause le système de la parcelle.

On constate dès lors une attention particulière à la nécessité de répondre non seulement aux demandes urgentes de logements mais aussi d'assurer un milieu de vie salubre et confortable aux habitants, résultant partiellement de l'influence du mouvement hygiéniste sur les théories architecturales modernistes.

Pour la première fois, le logement collectif intéressait les plus grands architectes : Le Corbusier, Emile Aillaud, Marcel Breuer, Georges Candilis, Jean Dubuisson, Marcel Lods, Fernand Pouillon etc. Et dans cette recherche d'une nouvelle manière de vivre, ces architectes avaient plus de liberté, de marge de manœuvre, de possibilités d'innovation. Portant une attention particulière au logement, ils s'essayaient à des logements traversants dans des

bâtiments peu épais, expérimentent les coursives, mettent au point une nouvelle plastique des façades par un jeu de pleins et de vides et accordent une importance majeure à l'aménagement intérieur. Le but est de réaliser “ *un logis conçu en fonction non plus de la durée, mais du confort - un logis qui est devenu un moyen de vivre et non pas un but en soi, un moyen de répondre à des besoins éminemment variés et variables*” (Sonrel, 1954 cité par Lucan, 2001). En effet à cette époque un des éléments essentiels pour les architectes est l'amélioration des conditions des logements, suivant le slogan “*air, lumière, espace*” (Ministère de la Culture et de la Communication, 2011). L'accession aux éléments de confort pour tous devient un enjeu national permettant à la classe populaire de profiter de la loggia, du chauffage central, de l'eau chaude sanitaire et de la ventilation des pièces humides créant ainsi une véritable révolution des modes de vie.).

1.1.4. Le déclin des Grands Ensembles des années 60

Aujourd'hui, les grands ensembles se trouvent dans une situation paradoxale face à leur reconnaissance. Dès 1959, dans un rapport présenté lors d'un colloque à l'Unesco sur le thème « Comment réussir les grands ensembles », le docteur Hazemann les rend responsables de la ségrégation sociale sinon de relégation. Très vite, la figure des barres et des tours est régulièrement critiquée, ainsi que la répétition de logements parfaitement identiques. « *Rarement, un sujet n'a été aussi unanimement décrié, collectivement refoulé : les médias d'abord, puis la critique universitaire ont vivement critiqué le grand ensemble après 1963-1964.* » (Vayssière, 1988).

A partir des années 1960, on commence donc à évoquer les problèmes que les grands ensembles posent, leur monotonie, à parler du rejet de leurs formes, de leur gigantisme, à souligner qu'il s'agit de villes dortoirs (Canteux, 2014). Comme mentionné par Fortin (2005) “*les barres, par la vacuité de l'espace qu'elles génèrent font obstacles aux usages conventionnels de l'habitat*” générant la dégradation précoce du bâtiment. Les critiques parlent de “maladie de grands ensemble” qui ont l'effet de générer ennui, suicide, délinquance (Fourcaut, 2013)

Petit à petit, dans les années 1970, les grands ensembles deviennent le symbole de la banlieue qu'ils devaient faire disparaître. Ils deviennent les lieux d'une grande précarité économique et sociale et sont de plus en plus occupés par des immigrés, pour la plupart d'origine

maghrébine. Ils deviennent également le cadre de tension et de violence, et on parle plus de ghetto que de grands ensembles à cette période.

En réponse à ces critiques les pouvoirs publics s'engagent dans la recherche d'alternatives dont l'apparition des nouvelles tendances, d'une nouvelle génération d'ensemble de logements qui intègrent les sciences sociales ou les arts plastiques (Gaudard et al. 2010).

Toutes ces préoccupations ont été traduites par la directive ministérielle signée en 1973 par Oliver Guichard, ministre de l'Équipement, du logement et des Transport, qui a pour objectif de prévenir la réalisation des formes type Grands Ensembles et de lutter contre la ségrégation sociale (Fourcaut 2013; Dufaux et al. 2003). Dans les faits, cette directive interdit les opérations de plus de 2000 logements et cherche à insérer les nouvelles constructions dans les villes anciennes.

Dans les années 1980, la banlieue devient un sujet, et les grands ensembles sont filmés, entre autres dans *Le choix des armes* d'Alain Corneau, comme étant des nouveaux taudis. Ils ont donc remplacés les taudis qu'ils étaient conçus pour remplacer. A l'image donc l'humidité, la grisaille, les ordures qui jonchent le sol, les boîtes aux lettres abîmées, les graffitis dans les cages d'escaliers, les ascenseurs en panne...(Canteux, 2014).

1.1.5. La réhabilitation après les chocs pétroliers des années 70

Le milieu des années 1970 est considéré comme un moment de rupture dû au changement de l'économie mondiale à cause des deux chocs pétroliers en 1973 et 1979 qui signent, à travers la fin de l'énergie à bon marché et l'entrée dans une forte crise économique, la clôture de la période des "Trente Glorieuses". En conséquence on assiste à un brusque coup d'arrêt de la production des logements, en dix ans (de 1974 à 1984) le nombre des logements construits est réduit de moitié (Lucan, 2011).

Pour faire face à la crise, on assiste à la mise en œuvre de politiques de restructuration et requalification visant à réduire les consommations énergétiques et au remplacement du pétrole par des sources d'énergie alternatives (Apur, 2011). Parallèlement on constate l'essor de nouvelles formes urbaines contraires aux formats des grands ensembles privilégiant la qualité à la quantité et recherchant un nouveau rapport avec la ville existante (Lucan, 2011).

Paradoxalement, et malgré le fait que la création des grands ensembles a permis la résorption des taudis, ces HLM manquaient de qualités, et étaient destinés à durer 45 ans, à cause du fait

que les coûts de construction étaient réduits (Voldman, 2008). En réalité la majorité de ces bâtiments a été construite rapidement en réponse à la pressante demande de logements et a été conçue comme provisoire. Dans le fait, ces constructions se dégradent rapidement, sont caractérisées par l'absence d'isolation phonique et thermique et sont mal entretenues (Fourcaut, 2013).

Face au mauvais fonctionnement thermique des grands ensembles, la recherche d'économie d'énergie conduit les bailleurs sociaux à intervenir sur le parc locatif, ces interventions concernent des travaux d'isolation par l'extérieur en faisant “*revêtir d'un manteau d'arlequin synthétique*” (Fortin, 2005) d'une part, et des réhabilitations plus ou moins conséquentes sur les espaces publics ou sur le bâti d'autre part.

1.1.6. La patrimonialisation à la fin du 20^{ème} siècle

Le ministère de la Culture et de Communication créé en 1999 le label Patrimoine du XXe siècle, répondant à la recommandation du Conseil de l'Europe de 1991 en faveur de l'architecture de ce siècle “*to encourage better knowledge and understanding of this part of the heritage by drawing attention to its qualities and the wealth and diversity of its different forms*”³. L'objectif du Ministère est de découvrir ou redécouvrir “*les qualités esthétiques, constructives et fonctionnelles de l'architecture de ces programmes [...] qui sont parfois trop rapidement condamnés*” (Gaudard et al. 2010), condamnation due au fait que ce patrimoine est souvent mal connu (Vayssière, 1988). Ce que le Conseil de l'Europe confirme en soulignant : “*Une absence d'intérêt suffisant pour la conservation de ce patrimoine s'accompagnerait de pertes irréparables et priverait les générations futures de cet instant de la mémoire européenne*”.

Toutefois la patrimonialisation de ce corpus de logements n'est pas seulement une simple labellisation mais elle est l'occasion de reconnaître la valeur architecturale et urbaine de ces bâtiments exposés aux fortes critiques et de mettre en avant les populations qui les habitent en parvenant à la reconsidération de la production de cette période (Gaudard et al. 2010, Ministère de la Culture et de la Communication, 2011).

³ Council of Europe Committee of Ministers, Recommendation No. R(91) 13, 9 September 1991

Mais tous les ensembles de logements collectifs ne disposent pas de ce label Patrimoine du XXe siècle, et les édifices ont été sélectionnés sur la base de critères esthétiques, techniques, historiques, culturels et sociaux.

En ce sens, grâce à l'évolution du regard patrimonial, une nouvelle valeur est attribuée aux grands ensembles, celle d'objet historique. A partir de là, les principales préoccupations les concernant sont la prolongation de la vie et le respect de l'intégrité architecturale, à combiner avec la réhabilitation de leur isolation thermique, phonique, et de leur étanchéité, qui étaient considérées comme des innovations techniques à cette période mais dont la performance a considérablement diminué avec l'évolution du confort et l'avènement de la notion de développement durable.

Ces "innovations techniques" de l'époque concernaient plutôt la généralisation du chauffage dans le logement, et notamment le chauffage collectif par le plancher. Etant donné que l'on pensait que l'énergie était infinie, les problématiques de développement durable et d'économie d'énergie n'existaient pas à cette période, le confort n'était pas altéré et l'utilisation du chauffage se faisait de façon abusive sans pour autant être considérée comme une atteinte à l'environnement.

1.2. Les préoccupations solaires en architecture et en urbanisme au XXe siècle

1.2.1. Sensibilités au soleil pendant le XXe siècle

Pour rédiger cette partie, nous nous sommes appuyés sur les travaux de Daniel Siret et d'Amina Harzallah réalisés au Crenau (Siret, Harzallah, 2006), (Siret, 2013), complétés par les travaux d'Abdelhalim Redjdal (Redjdal, 2004) et de Jacques Lucan (Lucan, 2001).

L'héritage hygiéniste du XIXe siècle

Entre la deuxième moitié du XIXe siècle et le début du XXe siècle, se développent plusieurs maladies épidémiques, telles que le choléra, la typhoïde et la tuberculose, dans les villes européennes, on dénonce alors l'insalubrité des logements considérés comme des foyers d'infection.

Dès 1855, Arnold Rikli, entre autres, préconise la cure de lumière pour faciliter la guérison de la tuberculose, et on voit apparaître, dans la seconde moitié du XIXe siècle, plusieurs modèles de sanatoriums en Allemagne permettant l'exposition à l'air et à la lumière (Siret, 2013).

Jusqu'au milieu du XIXe siècle, le soleil en tant que rayonnement solaire est absent des considérations sur l'hygiène, l'architecture et la ville. Ce sont les questions d'air et de lumière qui y sont présentes, une lumière déversée par le ciel, considérée comme un phénomène global, sans réelle distinction d'heure, de saison ou d'orientation (Siret, 2013).

A cette époque, médecins et architectes travaillent ensemble à trouver la solution, le remède contre les maladies épidémiques, les médecins recherchent l'antidote permettant de mettre un terme à la propagation de ces maladies tandis que les architectes cherchent plutôt à limiter cette propagation.

C'est notamment lors du premier Congrès international d'assainissement et de salubrité qui s'est tenu à Paris en 1904 que l'insalubrité des logements est réellement accusée de permettre la transmission et la propagation de ces maladies. Les découvertes médicales de Pasteur et de Koch montrent le possible pouvoir de l'air et de la lumière dans le combat contre ces maladies, et plus précisément dans l'éradication du bacille de Koch, la bactérie responsable de la maladie de la tuberculose, qui est très sensible à la lumière, qui se développe plus rapidement à l'ombre et que le soleil peut détruire en quelques heures (Redjdal, 2004).

L'ensoleillement devient alors un facteur bactéricide et la tuberculose est décrite comme une maladie de l'obscurité. La sensation du bain lumineux fait alors place à une autre sensation, celle du « jet solaire » qui prend en compte la dynamique du rayonnement direct (Siret, 2013).

Dès lors, le soleil devient un paramètre indispensable à toutes conceptions architecturales ou urbaines et de nombreuses théories apparaissent pour lui faciliter l'accès au logement quelle que soit la saison, et ce à travers l'implication de plusieurs paramètres tels que l'orientation, les gabarits des voies, la densité et l'organisation du front bâti (Siret, Harzallah, 2006).

Ces théories connaissent plusieurs controverses, entre orientation Nord-Sud, Est-Ouest, diagonale ou encore suivant la théorie de l'axe héliothermique, les choix sont complexes.

En effet, plusieurs architectes comme Augustin Rey, Henri Sauvage, Eugène Henard, ou encore Le Corbusier et Gaston Bardet un peu plus tard ont formulé des théories sensées permettre le meilleur accès au soleil dans les logements dans le but d'éradiquer les maladies épidémiques ou du moins d'empêcher leur propagation.

Dans le chapitre 3, nous allons présenter ces différentes théories, en commençant par celles concernant les expositions des façades, les orientations et les gabarits des voies avant de passer aux différents systèmes et dispositifs de contrôle solaire.

Le rapport au soleil dans les Trente Glorieuses :

Dans les années 1940, avec l'avancée de la médecine et notamment à travers la découverte de la pénicilline et sa généralisation, le soleil perd sa fonction hygiéniste, et devient un facteur lié à la vie sociale, à l'esthétique et au plaisir. On voit alors se développer, des années 1950 à 1970, de grandes infrastructures de vacances favorisant les grandes migrations saisonnières vers les plages et le soleil. L'hédonisme solaire naît et marque à son tour l'architecture et l'urbanisme à travers de nouvelles formes de jouissance du soleil.

Ainsi, dans les Trente Glorieuses, les grands ensembles apparaissent, sous la forme de tours et de barres largement espacées, offrant des appartements amplement vitrés, des balcons et des loggias, mais aussi de vastes espaces communs, des pelouses et des parkings, des parcs et des aires de jeux, le tout, permettant un accès continu au soleil (Siret, 2013).

Cette période des Trente Glorieuses est, comme nous l'avons vu, la période de construction des Grands ensembles. Ces ensembles de logements collectifs ont participé à l'invention d'une architecture et d'un urbanisme nouveau, basé sur le refus de la ville nouvelle, jugée insalubre, sur quelques principes de la Charte d'Athènes de 1933, et sur la doctrine de la reconstruction d'après-guerre, qui a été initiée par Eugène Claudius-Petit, ministre de la Reconstruction et de l'Urbanisme de 1948 à 1953, et dont il fournit une explication dans la

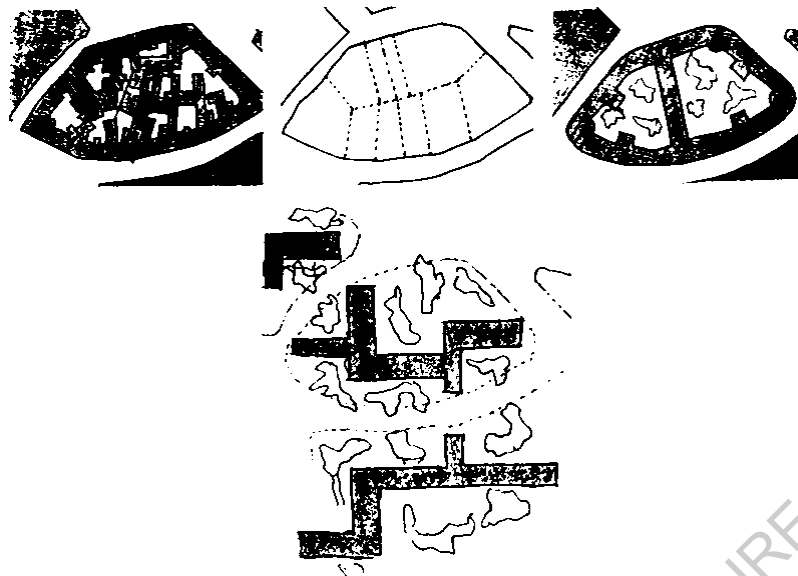
revue l'Architecture d'Aujourd'hui en 1950 : « *Demander à l'architecture de ne plus être fragmentée par la largeur des parcelles en bordure de rue, et, tout au contraire, de régner sur un ensemble que l'œil peut embrasser d'un coup, c'est faire œuvre de réaliste, c'est donner une valeur certaine à l'ensemble des terrains envisagés, c'est permettre la vie de notre temps avec les voitures dans la cité, c'est permettre à l'homme de reprendre contact avec la nature, les arbres et le soleil, c'est construire des logements pour éviter de construire des sanas. Faire œuvre d'architecte autrement qu'entre deux murs mitoyens paraît chose nouvelle et quasi révolutionnaire* » (Claudius-Petit, 1950).

Pour résumer, le ministre de la Reconstruction et de l'Urbanisme incite ici à abandonner la mitoyenneté, les bordures de rues, et les alignements, ce qui suppose, pour l'implantation des bâtiments, de se baser sur un autre principe, qui sera hérité du courant hygiéniste et qui est évidemment l'implantation par rapport à la course du soleil.

C'est donc l'ensoleillement qui va en partie influencer l'implantation des grands ensembles, à travers l'émergence de plusieurs théories des expositions et des orientations.

La nécessité de définir l'implantation des bâtiments selon l'orientation solaire était donc établie, et rares sont ceux qui osent la mettre en doute (Lucan, 2001), Le Corbusier écrit lui-même d'ailleurs, dans *Propos d'Urbanisme*, un texte qui va dans le même sens : « *Il faut que s'opère précisément la révolution urbanistique qui instaurera les conditions d'une révolution de l'art du logement [...]. La maison doit quitter la rue, La cour doit être répudiée* »⁴.

⁴ **Le Corbusier**, *Propos d'Urbanisme*, Paris, Editions Bourrellier et Cie, 1946, p.83.



Le Corbusier
 « Libérer les villes de la contrainte, de la tyrannie de la rue ».
 De haut en bas et de gauche à droite :
 - un îlot de taudis - ; - remembrement de la propriété foncière - ; - nouveau dispositif bâti
 fait d'immeubles sur rues et sur grandes cours - ; - libération du sol avec orientation rationnelle du logis -

Figure 1 : De l'îlot à la barre

Source : **Le Corbusier**, *Manière de penser l'urbanisme*. Paris: Denoël-Gonthier, 1977.

L'étude de l'Unité d'Habitation de Le Corbusier confirme d'ailleurs cette nécessité, *et montre comment c'est au niveau de l'architecture que se posent maintenant les problèmes autrefois résolus par la simple logique du tissu* (Lucan, 2001).

Et le système d'îlot et de parcelle hiérarchisé rue/bordure/cour/fond du tissu ancien est complètement supprimé. On passe donc de l'îlot à la barre, *et l'Unité d'Habitation apparaît à la fois comme la négation de la ville et comme l'ultime avatar de l'îlot* (Panerai, 1997).

Une nouvelle ressource énergétique à la fin du XXème siècle :

A partir des années 1970, et en réaction au choc pétrolier de 1973, qui a constitué une prise de conscience au niveau international concernant la disponibilité du pétrole, on commence à réaliser la nécessité de recourir à des énergies renouvelables, à considérer la lumière solaire comme une ressource et à essayer d'exploiter l'énergie solaire.

Dans les années 1980, et encore une fois avec l'avancée de la médecine qui met en évidence les effets nocifs de l'exposition du corps au soleil, l'hédonisme solaire insouciant des Trente Glorieuses fait place à une inquiétude solaire nouvelle face au rayonnement porteur de dangers futurs (Siret, 2013).

Ainsi, on est passé du soleil hygiéniste, présentant des vertus thérapeutiques, au soleil hédonique de la modernité, source de plaisir et de joie, puis au soleil énergétique, considéré comme ressource constituant une possible alternative au pétrole dans les sociétés développées.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1.2.2. Théories des expositions et des orientations

Pour rédiger cette partie, nous nous sommes principalement appuyés sur les travaux d'Amina Harzallah réalisés au Crenau (Harzallah, 2007).

Exposition des façades :

Pour les théories concernant les expositions des façades, elles sont au nombre de 2. Certains prônent une exposition à l'Est, au levant, se basant sur des arguments hygiénistes et médicaux, et faisant référence aux enseignements de Vitruve, qui disait : « durant l'été dans les lieux exposés au Midi le soleil est fort chaud dès son lever, et brûlant à midi [...] de sorte que par ces changements soudains du chaud au froid, la santé est beaucoup altérée », ce qui suppose donc un rapport de cause à effet entre la santé et l'exposition. D'autres prônent quant à eux, une exposition au Sud, au Midi, dictée par des paramètres scientifiques, reposant sur le calcul de la quantité de chaleur reçue par une face suivant son orientation en utilisant l'actinomètre (Harzallah, 2007).

Dans le chapitre V intitulé : « *Soleil-lumière, soleil-chaleur, deux conceptions du confort ?* » de l'ouvrage de Jean-Pierre Goubert, *Du luxe au confort*, Bernard Barraqué a bien résumé ce débat, celui qui opposait d'un côté, les « actifs », ceux qui souhaitent mobiliser l'énergie solaire par des capteurs la rendant compatible avec les branchements sur les réseaux, en ayant recours à la technologie et en séparant dès la conception l'apport de lumière et l'apport de chaleur du soleil, pour ne pas remettre en cause l'organisation existante des bâtiments et éviter de faire participer les habitants à l'innovation.

Et de l'autre côté, les « passifs », partisans du bioclimatique et prônant plutôt une conception judicieuse sans recours à la technologie, en privilégiant une orientation au sud, un stockage de la chaleur dans les murs épais et une utilisation de la serre-verrière, entretiennent des rapports positifs avec leurs habitants qui participent à l'innovation et ne sont pas contre une remise en cause du plan du logement.

En définitive, ce débat oppose deux grandes conceptions du confort. Selon la première, la solution active considère que le confort provient de l'apport de lumière du soleil et non de son apport de chaleur suivant le slogan « air, lumière, hygiène ». Cette solution opte pour une orientation Est-Ouest des logements pour satisfaire cet apport de lumière du soleil et faire en sorte que toutes les pièces soient éclairées une partie de la

journée, en revanche, pour satisfaire l'apport de chaleur, la « machine à habiter » serait branchée aux réseaux urbains et utiliserait la technologie.

La seconde conception du confort est la solution passive, qui considère l'apport de chaleur du soleil comme élément de confort, selon la théorie du bioclimatisme, ce qui conduit à réduire les ouvertures dans les directions ventées ou mal isolées et donc à diminuer l'éclairage, et à orienter les logements au Sud, direction qui permet d'obtenir le plus de chaleur solaire.

Concernant ce débat, Gaston Bardet écrit, dans son article « *Le facteur soleil en urbanisme* », publié dans la revue Techniques et Architecture n°7-8 en 1943 : « *Les idées les plus confuses et les plus contradictoires règnent en matière d'ensoleillement. Les uns s'appuient sur des traditions plus ou moins vérifiées, basées sur des cas généralement trop peu nombreux, d'autres sur des théories plus ou moins exactes ne tenant pas compte de la qualité du flux solaire. On n'a commencé à voir clair dans cette question que du jour où l'on a abandonné l'étude des ombres pour celle du soleil, et contrôlé les « évaluations » par l'actinomètre* » (Bardet, 1943).

Mais malgré cet intérêt pour la lumière du soleil et pour le climat, jusqu'à l'entre-deux-guerres, on n'a guère pensé mobiliser la chaleur solaire dans le logement, alors qu'elle était maîtrisée dans le domaine industriel (Barraqué, 1988).

Ce qui va changer à travers l'urbaniste français Angustin Rey, qui jugeait nécessaire de prendre en compte la chaleur solaire dans l'orientation des logements, et qui, dans un ouvrage intitulé : « *la science des plans de ville* » publié en 1928 et dont la prétention scientifique est selon Bernard Barraqué un peu ridicule, a inventé l'axe héliothermique, que nous présenterons dans une prochaine partie.

Orientation des voies :

Les théories concernant l'orientation des voies sont dérivées de l'exposition des façades. On a donc le choix entre une orientation des voies Nord-Sud, ou méridienne, et donc une exposition des façades Est et Ouest, pour répartir de manière égale la chaleur solaire entre les habitations et avoir le plus long temps d'exposition, mais également pour supprimer les problèmes qu'engendre une façade Nord, ce que plusieurs auteurs conseillent, parmi eux, le docteur Vogt, qui sera ensuite cité par Clement et Trelat, mais également Paul Juillerat et Henri Provensal, partisans de l'hygiénisme, et pour finir Raymond Unwinn (Harzallah, 2007).

La seconde théorie est l'orientation des voies Est-Ouest, ou équatoriale, et donc une exposition des façades Nord et Sud, pour bénéficier de la meilleure qualité d'exposition sur la façade Sud, mais avec l'inconvénient que la façade Nord ne reçoit quasiment jamais d'ensoleillement. Cette théorie est préconisée par plusieurs auteurs dont Charle Barde, Adrien Proust, André Hermant... qui incitent tous à profiter des avantages d'une exposition Sud, tout en affectant à la façade Nord des fonctions secondaires comme les escaliers, les cuisines et d'une manière générale les locaux peu habités (Harzallah, 2007).

En plus de ces 2 théories, certains ont cherché à explorer une orientation intermédiaire entre l'orientation méridienne et équatoriale, c'est dans ce contexte que sont nées les orientations diagonales, dont le but commun est d'éviter une exposition au Nord.

Dans ce sens, la plupart des auteurs ont recommandé une orientation à 45°, qui permet de faire bénéficier les 4 façades des rayons solaires et d'éviter une exposition au Nord, et qui suppose que le maximum de soleil est égal au minimum d'ombre, parmi ces auteurs, nous pouvons citer le docteur Clement, le docteur Proust, l'architecte Henry Provensal ou encore l'architecte américain William Atkinson (Harzallah, 2007).

D'autres auteurs ont plutôt recommandé des orientations diagonales différentes, le docteur Clement se réfère aux latitudes et recommande pour celles comprises entre l'équateur et 30° des orientations diagonales comprises entre 15° et 20°. Juillerat délimite quant à lui deux éventails d'angles, l'un compris en 0 et 45° et l'autre allant jusqu'à 60°. Marboutin lui, s'étant également penché sur cette question en 1910 en se basant sur les

influences de la nébulosité et les radiations de la voûte céleste, conclut que le pire axe est bien l'axe Nord-Sud, que les façades bénéficiant des conditions d'habitations permettant chaleur en hiver et fraîcheur en été sont celles orientées Sud, contrairement à celles orientées Est et Ouest qui génèrent chaleur en été et fraîcheur en hiver, et que l'exposition et la direction des rues les plus favorables font avec le méridien un angle compris entre 60 et 75°.

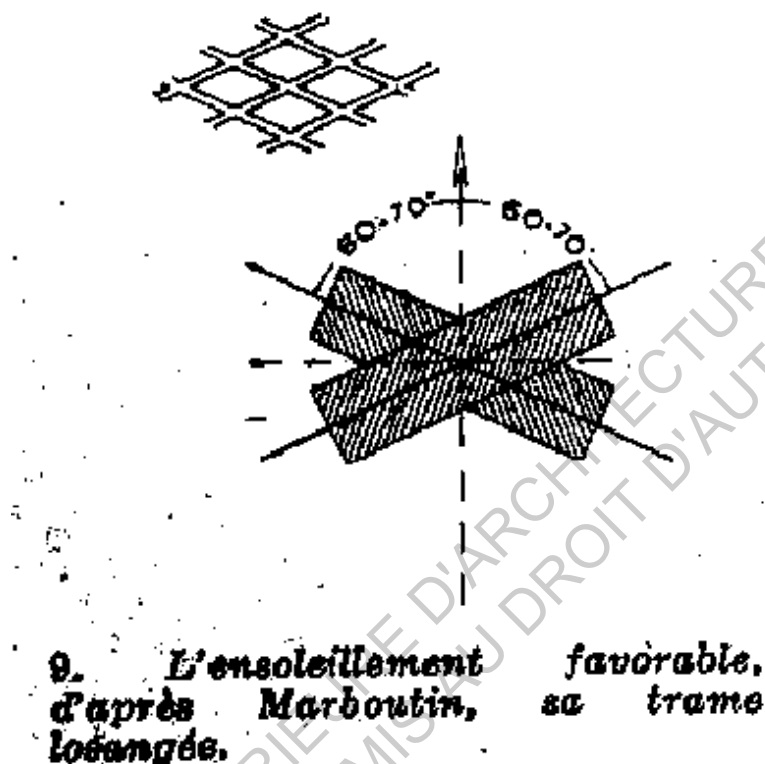


Figure 2 : L'ensoleillement favorable selon Marboutin : Angle compris en 60 et 70° de chaque côté de l'axe Nord-Sud

Source : Gaston, Bardet, « Le facteur soleil en Urbanisme », Techniques et Architecture, n°7-8, 1943

Axe héliothermique :

Pour finir, l'une des théories majeures pour l'orientation des rues est la théorie de l'axe héliothermique d'Augustin Rey publiée en 1928 dans « *la science des plans de villes* », et basée sur le fait que la température maximale journalière est atteinte quelques heures après le midi solaire. Il y a donc un décalage entre insolation maximale et température maximale, ce qui a poussé les auteurs à créer une nouvelle unité de mesure « la valeur héliothermique », produit de la durée d'ensoleillement en un point par la température moyenne de l'air pendant cette durée (Harzallah, 2005).

L'axe héliothermique cherche donc à créer un équilibre entre le midi solaire et le confort thermique et ce en décalant légèrement l'axe Nord-Sud de 20° vers l'Est pour la région parisienne, dans le but de répartir les valeurs héliothermiques de manière égale entre les deux façades opposées d'un bâtiment, comme l'expliquent les auteurs : « Cette direction partage l'insolation totale en deux parties inégales, et la valeur héliothermique totale en deux parties égales. Si nous supposons un bâtiment ou une suite de constructions alignées suivant cette direction, les façades tournées à l'est et celles tournées vers l'ouest jouiront de la même valeur héliothermique, savoir pour chacune la moitié de la valeur totale. Aux deux extrémités de l'alignement se trouvent : tournée au sud la façade la mieux ensoleillée, et à l'autre extrémité, tournée au nord, la façade avec l'exposition la plus défavorable » (Augustin-Rey, Pidoux, Barde, 1928).

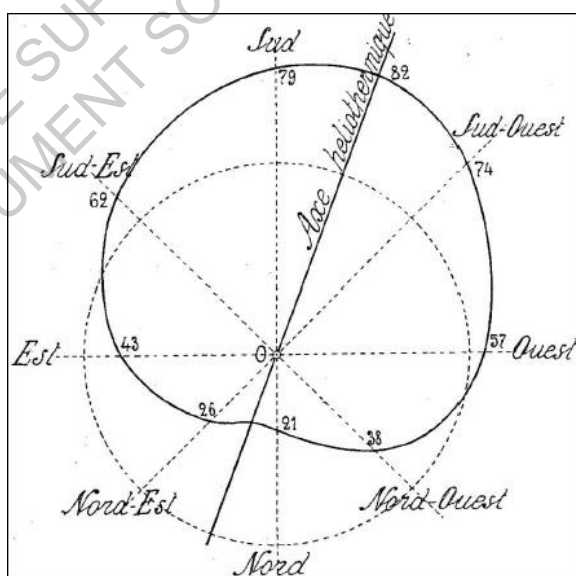


Figure 3 : L'axe héliothermique d'Augustin Rey

Source : Augustin-Rey, A, Pidoux, J, et Barde, C. «La science des plans de villes», 1928.

Les auteurs Rey, Pidoux et Barde vont même jusqu'à proposer, toujours dans « la science des plans de villes », des exemples d'aménagement des villes suivant cet axe héliothermique, en conservant tout de même les places, parcs et édifices publics existants, et en optant pour une disposition des bâtiments en barres parallèles plutôt qu'en îlots fermés.

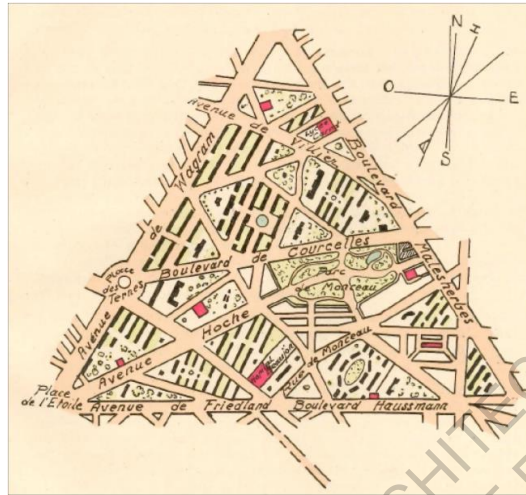


Figure 4 : Réaménagement héliothermique d'un quartier de Paris, Augustin Rey

Source : Augustin-Rey, A, Pidoux, J, et Barde, C. «La science des plans de villes», 1928.

Grâce aux simulations numériques que les moyens techniques actuels ont rendus possibles, Amina Harzallah, Daniel Siret, Eric Monin, et Julien Bouyer ont étudié dans un article intitulé « *Controverses autour de l'axe héliothermique* » (Harzallah, Siret, Monin, Bouyer, 2005), le comportement solaire d'un immeuble orienté suivant l'axe héliothermique à l'aide du logiciel Solène. Les résultats montrent que l'axe héliothermique ne permet pas de réguler les différences de températures entre la façade Est et Ouest, et ne réalise la « symétrie thermique » de l'immeuble qu'en été. Toujours selon les auteurs, cet axe recrée aux autres dates un déséquilibre thermique en faveur de la façade Sud-Est bien supérieur au déséquilibre de base en faveur de la façade Ouest.

Cette théorie a d'ailleurs connu plusieurs controverses à la suite de sa publication et notamment à travers Gaston Bardet qui juge l'influence de l'axe héliothermique d'Augustin Rey désastreuse, et notamment sur Le Corbusier, qui a déclaré « *imprudemment* » selon lui, qu'il était « l'armature du tracé urbain ». Il formule ensuite une violente critique à l'encontre des inventeurs de l'axe héliothermique : « *L'ouvrage de MM. Augustin Rey, Pidoux et Barde*

que l'on a osé intituler « La Science des plans de ville » est le type de ce que peut produire l'inconscience, le manque d'esprit scientifique, conjugués avec le mandarinat »(Bardet, 1943).

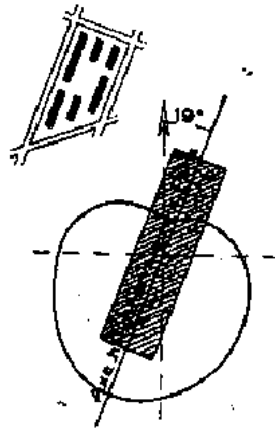


Figure 5 : L'axe héliothermique d'Augustin Rey et ses bâtiments parallèles

Source : **Gaston, Bardet**, « Le facteur soleil en Urbanisme », Techniques et Architecture, n°7-8, 1943

Bardet explique ensuite les raisons de sa critique, et précise que le fait de ne considérer que la durée d'insolation et la température moyenne ayant régné pendant cette période est « *physiquement vide de sens* », puisqu'il est impossible de multiplier une température par une durée. De cette façon, Augustin Rey méconnaît totalement les variations des radiations et les heures d'intensité maximale, ce qui est « *à la fois faux et simpliste* » selon Bardet qui poursuit : « *Et c'est sur cette base « scientifique » que tout l'ouvrage de M. Augustin Rey est édifié. Comment a-t-on pu le prendre au sérieux ? Sans doute parce que son axe restait sensiblement Nord-Sud, répondant à l'exposition « royale » de Trelat et aux préjugés régnant en faveur des expositions Est et Ouest... Cet axe héliothermique a trouvé audience non seulement en France — où M. Rey était professeur à l'Institut de Technique Sanitaire — mais à l'étranger; il a faussé l'esprit de la plupart des chercheurs qui l'ont suivi, et l'on a vu, à l'étranger comme en France, surgir de nombreuses cités aux maisons soigneusement rangées pour subir les plus fortes variations de température, celles précisément des façades Est et Ouest* » (Bardet, 1943).

Bardet se range ensuite du côté de Felix Marboutin, qui, comme cité plus haut, concluait que le pire axe est l'axe Nord-Sud, et que l'exposition et la direction des rues les plus favorables font avec le méridien un angle compris entre 60 et 75°.

Gaston Bardet conclut en incitant les urbanistes à se référer à la théorie de Marboutin : « *Le problème de l'orientation est donc attaqué suivant deux démarches de l'esprit. Dans l'une, on cherche le maximum de soleil possible et on remarque que le soleil parcourant le ciel d'Est en Ouest, ce seront les façades Est et Ouest qui en recevront la plus grande quantité possible, d'où dérive l'axe N. S.*

Dans l'autre, on part de la meilleure qualité d'exposition, vérifié par l'expérience ou l'expérimentation, qui est le Sud. On cherche à améliorer la situation de la façade Nord. L'actinomètre vérifie le bien-fondé de cette démarche.

Nous en avons ainsi terminé avec l'exposé des principales théories, depuis un demi-siècle. Parmi ces théories, une seule n'est pas simple résultat de calculs ou d'estimations à peu près, une seule est vérifiée par la mesure expérimentale, c'est celle de M. Marboutin. C'est donc sur ses résultats que l'urbaniste devra se baser » (Bardet, 1943).

La figure 9 ci-dessous montre une juxtaposition des différentes théories des orientations des voies :

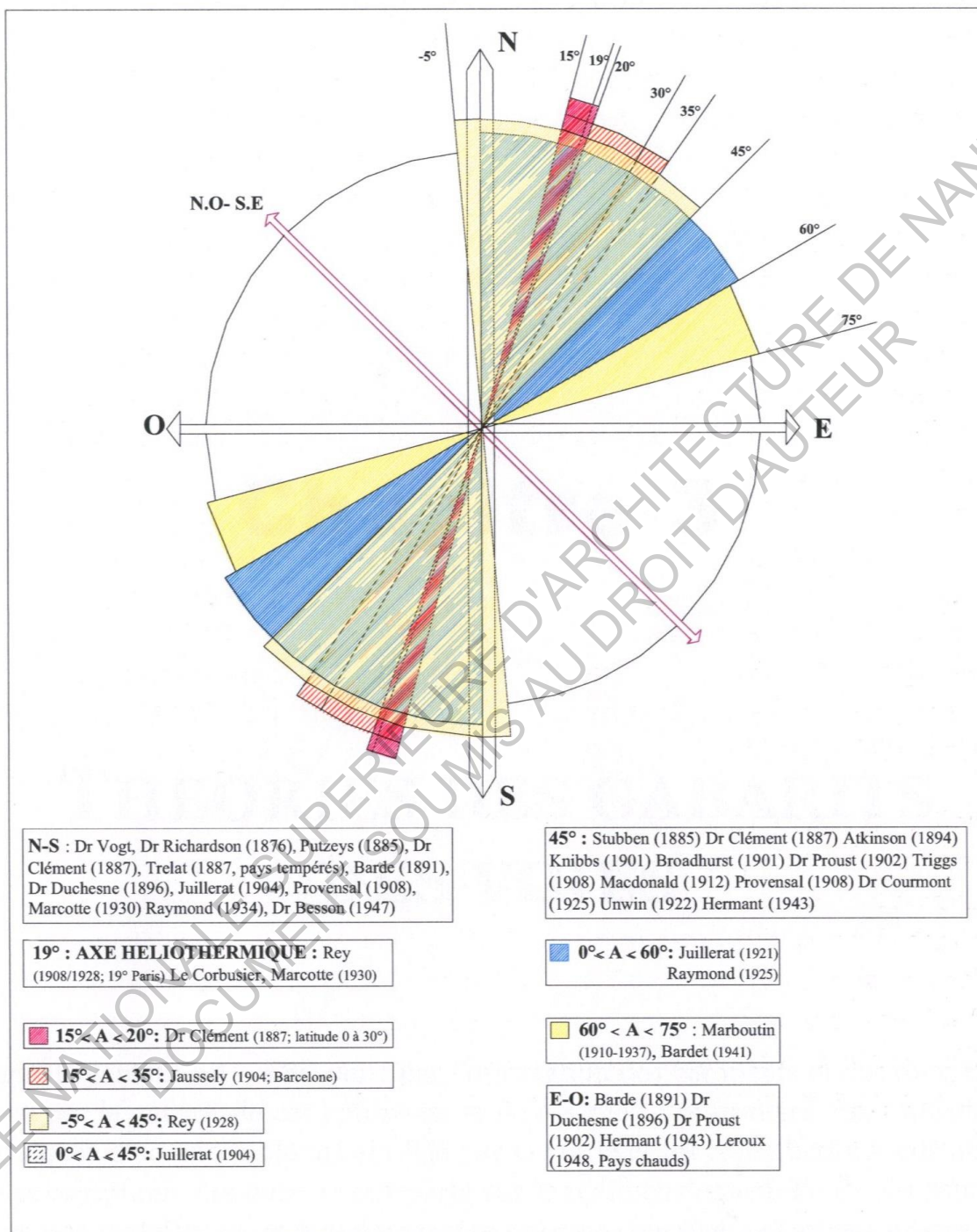


Figure 6 : Superposition des différentes théories d'orientations des voies

Source : **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 ». ENSA Nantes, 2007, p.87.

1.2.3. Théories des gabarits des voies

Une autre manière de contrôler l'ensoleillement, en plus de l'orientation des bâtiments et des rues, est le dimensionnement des gabarits de ces bâtiments et de ces rues. Plusieurs théories relatives aux gabarits des voies ont donc vu le jour, et précisent le rapport optimal entre la hauteur des bâtiments et la largeur de voies dans le but de disposer du meilleur ensoleillement possible et de rendre salubre.

Ces théories sont basées sur des équations mathématiques élaborées ou sur des rapports de proportions. Parmi ces théories reposant sur le principe de proportionnalité, nous avons premièrement celle prônant une largeur des rues égale à la hauteur des façades ($L = H$), ensuite nous avons celle prônant une largeur des rues égale à une fois et demie la hauteur des façades ($L = 3/2 H$). Marboutin, quant à lui, conseille une largeur des rues égale à trois fois la hauteur des façades ($L = 3H$) tandis que Leroux propose des rapports H/L différents selon la latitude (Harzallah, 2007).

Les théories basées sur des équations mathématiques sont défendues par Courmont, Bertin-Sans, Marboutin et Vogt.

Ces différentes théories ont évidemment toutes le même objectif, assainir l'espace ouvert et les bâtiments et bénéficier d'une aération suffisante, et ce par le biais de l'ensoleillement. Ainsi, à travers ces théories de rapport entre largeur des rues et hauteur des façades, certains auteurs cherchent à permettre aux rayons solaires de frapper une façade de sa base à son sommet pendant quelques heures chaque jour, d'autres cherchent plutôt à leur permettre de pénétrer profondément à l'intérieur des espaces, incitant de fait à réfléchir au nombre minimal d'heures d'insolation à assurer pour le solstice d'hiver, auquel on peut trouver une réponse dans l'article 26 de la « Charte d'Athènes » de 1933 :

« La science, étudiant les radiations solaires, a décelé celles qui sont indispensables à la santé humaine et celles qui, dans certains cas, pourraient lui être nuisible. Le soleil est le maître de la vie.

La médecine a montré que la tuberculose s'installe là où le soleil ne pénètre pas ; elle demande que l'individu soit remplacé, autant que possible dans les « conditions de nature ». Le soleil doit pénétrer dans chaque logis quelques heures par jour, même durant la saison la moins favorisée. La société ne tolérera plus que des familles entières soient privées de soleil et, par-là, vouées au dépérissement.

Tout plan de maison dans lequel un seul logis serait exclusivement orienté au Nord, ou privé

de soleil par le fait d'ombres projetées, sera rigoureusement condamné. 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. Introduire le soleil, c'est le nouveau et le plus impératif devoir de l'architecte » (Le Corbusier, 1933).

Une des critiques que l'on peut formuler sur ces théories, c'est la définition d'un gabarit fixe par une bonne partie des auteurs, comme le souligne Gaston Bardet : « *c'est n'avoir à aucun degré le sens urbanistique, que de discuter d'un gabarit avant d'avoir déterminé les zones auxquelles peut s'appliquer ce gabarit* » (Bardet, 1941).

Bardet se positionne ensuite concernant le gabarit des voies, et précise qu'il est préférable de ne pas multiplier les étages, comparant un R+1 avec une ruelle de 6 mètres et un R+15 avec une voie de 50 mètres, et sachant qu'en hiver le tiers inférieur des façades est rarement ensoleillé, le R+1 bénéficie tout de même des rayons solaires partout mais dans le cas du R+15, c'est 4 étages qui se retrouvent dans l'ombre (Bardet, 1943).

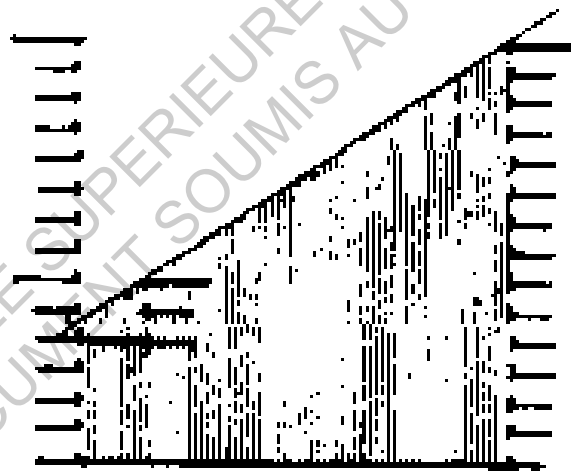


Figure 7 : Les dangers de l'homothétie. L'ensoleillement dans une rue de 6m et une de 50m

Source : **Gaston, Bardet**, « *Le facteur soleil en Urbanisme* », Techniques et Architecture, n°7-8, 1943

1.2.4. Théories des densités

La question de l'ensoleillement est donc reliée à plusieurs facteurs, l'exposition des façades, l'orientation des voies, le gabarit des voies, mais cette question est également reliée à la densité. Puisque la densité peut influencer sur le rapport des logements vis-à-vis de l'ensoleillement.

L'architecte français Roger Ginsburger, dans un article publié dans la revue L'Architecture en 1931, compare 4 différentes dispositions de bâtiments du même îlot dont la densité change pour montrer l'amélioration de l'aération et de l'ensoleillement. Ainsi, Ginsburger prouve qu'en diminuant la densité (en remplaçant le système de parcelle et de cour par des barres parallèles dont l'espacement varie), l'aération et l'ensoleillement sont considérablement améliorés.

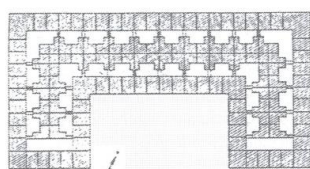


Figure 76. GINSBURGER. Projet d'un groupe d'immeuble de rapport

« Ce projet exploite le terrain presque autant que les règlements concernant les hauteurs, les gabarits, la surface des cours et les vues directes le permettent à Paris. La surface des cours n'est plus que 25% de la surface totale, la densité de la population dépasse 3000 habitants par hectare. Toutes les cuisines sont aérées et éclairées par des cours intérieures. 65% des habitants couchent dans des chambres sur cour. 45% des appartements sont uniquement aérés et éclairés par des cours. L'exploitation économique de la surface du terrain est donc faite au détriment de la santé des habitants. »

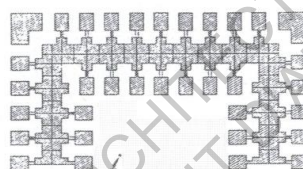


Figure 77. GINSBURGER. Projet modifié dans le but de transformer les cours intérieures en cours ouvertes

« L'aération des appartements est améliorée. La quantité de lumière reçue a augmenté. Pourtant un grand nombre d'appartements ne sont jamais touchés par les rayons directs du soleil, parce qu'ils sont situés au nord du pôle d'immeuble. D'autres appartements ne sont ensoleillés que pendant quelques instants par jour, étant la plupart du temps à l'ombre d'un autre corps de bâtiment. La densité n'est plus que de 2300 habitants par hectare. Au lieu de payer les intérêts de la valeur de 3.33 m² de terrain (premier projet) chaque habitant paiera donc la valeur de 4.33 m². »

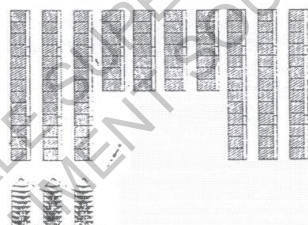


Figure 78. GINSBURGER. Projet avec bandes de maisons parallèles

« Les cours en longueur ouvertes de deux côtés, garantissent une aération meilleure que celle du projet précédent. La quantité de lumière directe qui entre dans les appartements, est moins grande que dans le 2^e projet. Par contre toutes les façades sont touchées au moins dans leur partie supérieure par les rayons du soleil. La densité est sensiblement la même que dans le projet précédent. Le prix de la construction est plus bas à cause de l'économie de murs extérieurs, d'angles perdus et à cause de la standardisation du plan d'où résulte une standardisation de la carcasse portante et de l'aménagement du bâtiment. »

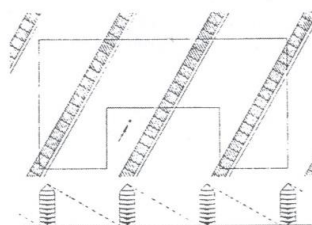


Figure 79. GINSBURGER. PROJET IDEAL

« Aération parfaite. Eclairage très fort, l'angle d'éclairage étant de 30°. Les deux façades des bandes de maisons sont ensoleillées, soit le matin, soit l'après-midi, pendant quelques heures, même en hiver. La densité n'est plus que de 484 habitants par hectare. Il faudra donc que chaque habitant paie les intérêts de la valeur de 20.7 m² de terrain, donc six fois plus que ce que paie un habitant du projet 1 comme loyer pour sa part de terrain. »

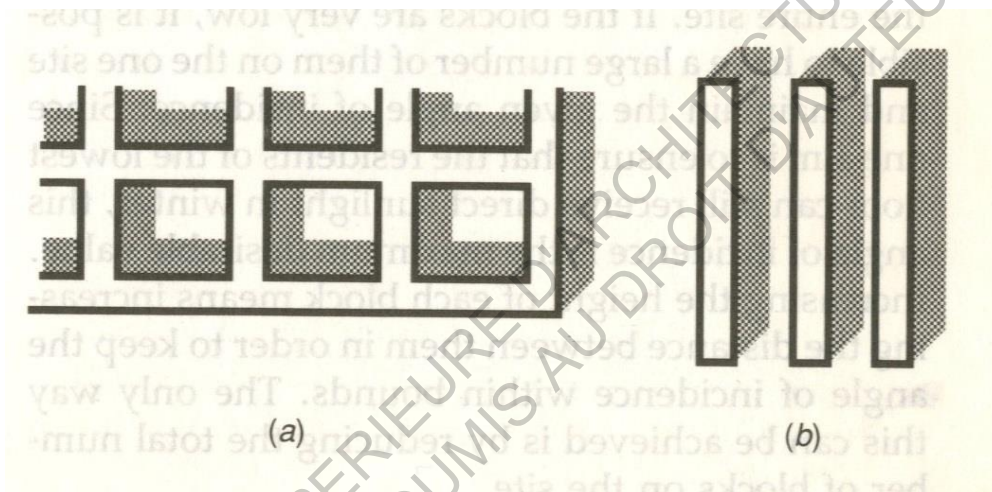
Figure 8 : Proposition d'amélioration de l'ensoleillement grâce à la densité, par Ginsburger.

Source : Harzallah, Amina et al. 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, 2007

Mais celui qui s'est le plus préoccupé des rapports entre densité et ensoleillement, c'est l'architecte et urbaniste allemand Walter Gropius, fondateur du Bauhaus, qui s'est intéressé dans les années 30 aux effets de l'implantation des bâtiments sur l'ensoleillement en fonction de la densité.

Rapporté par Gary Stevens dans son ouvrage de 1990 « *The Reasoning Architect : Mathematics and Science in Design* », Gropius rejoint Ginsburger concernant la disposition des bâtiments et préfère lui aussi, une disposition en barres parallèles plutôt qu'une implantation en îlots fermés disposant de cours fermées, puisque les barres parallèles ont selon lui l'avantage d'offrir une orientation favorable respectant le soleil de façon égale pour tous les appartements, de supprimer les coins et de ne pas obstruer la ventilation des logements par des bâtiments perpendiculaires.



(a) Implantation en îlots fermés disposant de cours fermées

(b) Implantation en barres parallèles

Figure 9 : Comparaison entre 2 différents types d'implantation

Source: Stevens, Garry. *The Reasoning Architect : Mathematics and Science in Design*. 1990

Gropius présente ensuite 3 règles lui permettant de tirer les conclusions suivantes :

- La hauteur des barres parallèles correspondant à un nombre d'étages compris entre 10 et 12, est bien meilleure que celle de 3, 4 ou 5 étages, puisque cela permet d'avoir une densité de population plus importante tout en préservant autant d'air et de lumière.
- Plus la hauteur des immeubles augmente, plus la surface à l'air libre de chaque habitant augmente.

Voici ces 3 règles :

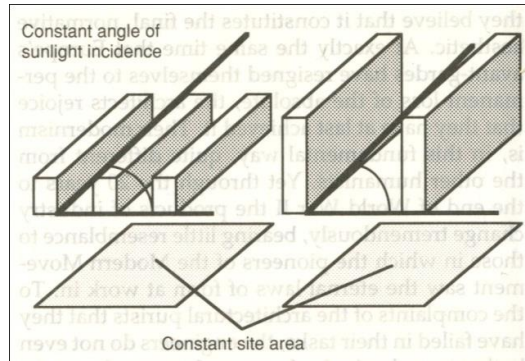


Figure 10: Gropius Règle n°1

Source: Stevens, Garry. *The Reasoning Architect : Mathematics and Science in Design*. 1990

Gropius Règle N°1 : Considérant une surface au sol et un angle d'incidence des rayons solaires constants, la densité de population augmente avec le nombre d'étages

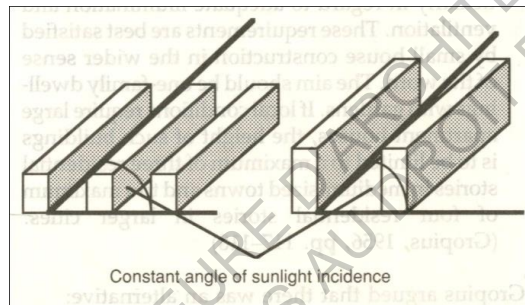


Figure 11: Gropius Règle n°2

Source: Stevens, Garry. *The Reasoning Architect : Mathematics and Science in Design*. 1990

Gropius Règle N°2 : Pour un angle d'incidence et une densité de population donnés, plus le nombre d'étages augmente plus la surface occupée au sol diminue.

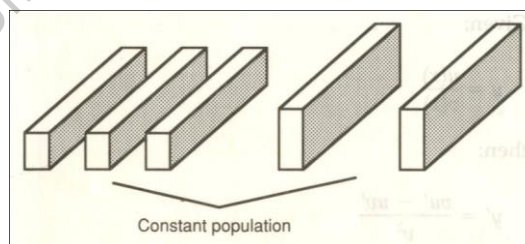


Figure 12: Gropius Règle n°3

Source: Stevens, Garry. *The Reasoning Architect : Mathematics and Science in Design*. 1990

Gropius Règle N°3 : Considérant une surface au sol et une densité de population fixes, plus le nombre d'étages augmente plus l'angle d'incidence des rayons solaires diminue.

A travers ces 3 règles et les conclusions citées précédemment, Gropius définit une hauteur optimale des barres parallèles, hauteur qui se situe selon lui entre 10 et 12 étages, et préconise de considérer cette hauteur comme fixe, constante, et de varier l'espacement entre les barres pour régler les possibles problèmes d'ensoleillement.

Mais Gropius définit ici des règles rationnelles, dont Garry Stevens a certes vérifié la validité mathématique, mais qui prétendent pouvoir résoudre les problématiques d'ensoleillement de façon systématique et internationale, ce qui peut s'avérer particulièrement utopique.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

CHAPITRE 2. PROBLEMATIQUE ET METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

2.1. Problématique et hypothèses de la recherche

La période des Trente Glorieuses représente l'une des plus grandes aventures économiques, urbaines et architecturales que la France ait connu. C'est une période de reconstruction nationale qui a profondément transformé le territoire français à la suite de la seconde guerre mondiale et qui a modifié une grande partie de l'armature urbaine.

Dans un contexte de pénurie générale, la France d'après 1945 connaît aussi une pénurie de logements sans précédent, résultant des destructions de la guerre. La reconstruction doit relever un défi de taille, construire des millions de logements en un temps record.

La France a donc connu une importante production d'ensembles de logements entre 1945 et 1975 à travers une intense activité de construction nécessaire pour répondre à cet immense besoin en logements.

Cette reconstruction a révolutionné la vie de la classe populaire, puisque basée sur le rejet de la ville ancienne et sur les principes de la Charte d'Athènes. Grâce aux nouveaux processus de préfabrication créés pour pouvoir assurer cette urgente reconstruction, les logements construits à cette époque étaient proposés à des prix raisonnables et offraient à leurs habitants plusieurs éléments de confort jusqu'alors inconnus : eau chaude, séchoir, vide ordure, chauffage collectif par le plancher et salle de bain.

Au-delà de cela, plusieurs raisons justifient l'importance de porter un intérêt particulier à ces ensembles de logements construits dans les Trente Glorieuses.

D'abord, en termes de **quantité**, ce parc de logement construit entre 1949 et 1974, constitue aujourd'hui une part importante de l'architecture française, près de 20% des logements en France, soit près de 8 M d'unités⁵.

Ensuite, une **problématique énergétique** est directement liée à ce parc immobilier construit

⁵ Etudes *Logements* de l'INSEE (2002 et 2013).

dans les Trente Glorieuses, puisque, à cette époque, les contraintes énergétiques sont considérées comme des données de second ordre, au profit des contraintes liées à l'urgence de la reconstruction et au manque de financement. Elles n'étaient prises en compte dans le processus de construction qu'en réponse aux critères de confort correspondant aux problématiques de l'époque.

Ceci rentre en contradiction avec les préoccupations actuelles en matière d'énergie qui considèrent le respect de l'environnement comme particulièrement capital. Dans le parc francilien par exemple, les ensembles de logements collectifs produits dans cette période représentent 26% de la consommation d'énergie et 31% des émissions de gaz à effet de serre régionales⁶.

De plus, et comme nous l'avons précédemment cité dans le contexte de la recherche, une partie du parc immobilier des Trente Glorieuses n'était destinée qu'à répondre à l'urgent besoin de logement de l'époque pour ensuite être démolie. Mais elle a tout de même survécu jusqu'aujourd'hui, il y a donc la problématique liée à l'énergie grise et au coût environnemental de la démolition des logements du XXe siècle. Dans ce sens, et contrairement aux idées reçues, démolir pour reconstruire des habitations très économes en énergie ne représente pas un gain environnemental. Certains avancent que la démolition-reconstruction d'un bâtiment mobiliserait l'équivalent de vingt-cinq à cinquante ans de sa consommation énergétique annuelle ultérieure. Ce qui nous amène de manière globale à une tendance de réhabilitation et de réutilisation des bâtiments, et notamment de ce parc immobilier.

Enfin, la création en 1999 du Label **Patrimoine** du XXe siècle par le ministère de la Culture et de la Communication, la mise en place de la politique de rénovation urbaine en 2003 et les premières vagues de démolition conduisent à s'interroger sur la valeur architecturale et urbaine de ces ensembles et à reconsidérer la production de cette période.

Ainsi, les grands ensembles sont aujourd'hui considérés comme objet historique, et les principales préconisations à leurs égards sont la préservation, la conservation et l'amélioration.

⁶ Etudes *Logements* de l'INSEE (2002 et 2013).

Par conséquent, et au vu de la part importante de ces ensembles de logements dans la production française, l'intervention sur ce parc de logement en vue de sa réhabilitation et de l'amélioration de ses performances thermiques constitue un réel enjeu, qui nécessite la construction d'une connaissance fine et approfondie de ces ensembles de logements collectifs, dans le but de trouver des solutions pérennes et financièrement équilibrées, et d'éviter la mise en place de mesures globales non-adaptées ne prenant pas en compte les qualités originelles des édifices.

Il faut donc fournir un effort lors de la construction de cette connaissance autour du patrimoine bâti de l'après-guerre, à ce jour insuffisante, pour pallier ce manque considérable d'études sur le sujet, en effectuant des diagnostics, des évaluations environnementales globales, et des études approfondies sur le bâti, et ce, dans le but de définir des scénarios d'intervention, mais aussi de préserver les qualités architecturales, urbaines, paysagères et environnementales lors de la réhabilitation.

Alors, **comment aborder la question de la réhabilitation d'ensembles de logements construits dans les Trente Glorieuses lorsque les problématiques énergétiques étaient radicalement différentes ?**

Comment est-il possible d'intervenir sur ces logements pour améliorer leurs qualités thermiques ? Et comment intervenir au niveau technique sans perdre les qualités architecturales ?

Telles sont les questions auxquelles le projet de recherche « Smart French » financé par le ministère de la Culture et de la Communication et dans lequel s'inscrit ce mémoire de Master STEU souhaite trouver des réponses. Mais nous nous focaliserons à travers ce mémoire sur un paramètre bien défini et bien précis permettant de contribuer à trouver des réponses à ces questions, l'ensoleillement, et plus précisément les orientations solaires.

En effet, la question de l'ensoleillement a constitué une réelle préoccupation dans le domaine architectural et urbain tout au long du XXème siècle, et a joué un rôle important, sinon déterminant, dans l'émergence des nouvelles formes architecturales et urbaines modernes. On est passé du soleil hygiéniste au soleil hédonique et pour finir au soleil énergétique, et chacune de ces étapes s'est accompagnée de conséquences importantes sur l'architecture et

sur l'urbanisme (Siret, 2013). Cependant, cette question reste encore peu étudiée dans le domaine des Trente Glorieuses. On peut se demander :

**Quelle relation entretiennent les grands ensembles vis-à-vis du soleil ?
Existait-il une réflexion des architectes des grands ensembles concernant l'ensoleillement ?**

Et si oui, comment cette question de l'ensoleillement a été prise en compte par les architectes de cette période ?

Les architectes des Trente Glorieuses ont été formés dans une période de transition entre le soleil hygiéniste et le soleil thérapeutique, période qui va ensuite, comme nous l'avons vu, attribuer au soleil un caractère microbicide et voir émerger plusieurs théories sensées faciliter l'accès au soleil en toutes saisons dans le logement.

Ceci nous laisse penser que ces architectes des Trente Glorieuses ont reproduit la pensée architecturale solaire des années 1930 pendant les années 1950 et 1960. De ce fait, on peut se demander :

Quel héritage cette pensée solaire a-t-elle transmis ?

Est-ce que cette pensée solaire est exprimée dans le discours des architectes de la reconstruction ?

Toutefois, et malgré la richesse de la production de théories solaires de l'époque, ces théories ont le plus souvent été mises en œuvre sans être véritablement vérifiées, et plusieurs recherches menées bien plus tard au sein du Crenau remettent en cause leur fonctionnement. Dans ce sens, nous tenterons de savoir dans quelles conditions ces différentes théories ont été mises en œuvre pendant la période de la reconstruction et particulièrement dans le contexte des logements des masses.

Comment ces **théories solaires se traduisent** dans la matérialité architecturale, dans la réalité urbaine ?

Quels **éléments ou dispositifs architecturaux** vont traduire le discours des architectes ? Au niveau urbain : orientations, gabarits, largeur de la voie ? Et au niveau architectural : loggia, balcon, volets, orientation de pièces, surfaces vitrées... ?

Par conséquent, nous allons chercher à savoir comment cette question de l'ensoleillement a

été prise en compte par les architectes de la reconstruction, en termes d'orientations, d'espacement, de gabarits des voies et de dispositifs architecturaux de protections solaires.

Le but final étant la réhabilitation d'ensembles de logements construits dans les Trente Glorieuses du point de vue énergétique, notre objectif sera de permettre aux membres et partenaires du projet « Smart French » de comprendre comment les dimensions solaires influent sur les paramètres thermiques des grands ensembles mais aussi les possibilités qu'elles offrent dans ce processus de réhabilitation pour répondre aux exigences actuelles en matière énergétique.

Hypothèse :

Le contexte de la recherche présenté précédemment montre que la conception architecturale et urbaine durant les Trente Glorieuses et tout au long du XXème siècle était fortement influencée par une pensée solaire. Cependant, une part de non-dit est fortement liée à cette question, et le soleil est rarement cité par les architectes comme élément orientant la conception.

Nous faisons l'hypothèse générale que les discours des architectes autour du soleil sont présents de manière implicite dans les projets du corpus du projet « Smart French » :

- Dans un premier lieu, autour de la forme urbaine, et des questions concernant les orientations, les gabarits, la largeur des voies.
- Dans un deuxième lieu, autour des dispositifs architecturaux comme les loggias, les balcons, l'orientation des pièces, les surfaces vitrées.

Comme le cadre du projet « Smart French » nous l'indique, la compréhension fine des logiques solaires implicites à ce corpus nous permettrait de mieux l'approcher dans le contexte actuel de développement durable, les objectifs que nous souhaitons atteindre à travers l'ensoleillement sont :

- La contribution aux économies d'énergies, par la réduction des besoins de chauffage, de climatisation et d'éclairage artificiel.
- La contribution à la lutte contre le réchauffement climatique par la réduction des émissions de CO₂.
- La qualité du cadre de vie et le confort.

2.2. Méthodologie de la recherche

Après avoir introduit le projet de recherche « Smart French », nous avons présenté le contexte de la recherche. Dans ce cadre, nous avons détaillé les grandes théories solaires des expositions et des orientations des architectes que le contexte hygiéniste du début du XXème siècle présenté précédemment a généré, pour ensuite nous attarder sur les théories des gabarits des voies et des densités.

Et ce, pour en déduire dans la partie précédente, la problématique générale de la recherche, qu'il s'agira de traiter lors de ce travail du point de vue de l'ensoleillement et des orientations solaires.

Dans un troisième temps, et pour répondre à notre problématique, nous allons analyser le corpus d'étude du projet « Smart French », constitué de 300 projets construits entre 1945 et 1975, pour évaluer au mieux le comportement thermique actuel de ces ensembles de logements, et étudier les possibles prises en compte de l'ensoleillement, et ce à travers plusieurs étapes :

1. Une sélection des projets du corpus à retenir pour l'analyse, en se basant principalement sur la quantité d'informations disponibles et nécessaires à la seconde étape.
2. Une analyse générale des projets retenus à travers l'étude des plans de masse et de l'enveloppe des bâtiments dans leur environnement, dans le but de constituer une base de données riche suivant un plan progressif : **Projet > Bâtiment > Façade** dans lequel des informations seront mobilisées concernant à la fois le niveau global du projet, le niveau du bâtiment puis le niveau des façades. Nous détaillerons ces différentes informations dans les parties 3.1 *Présentation du corpus* et 3.2 *Construction d'indicateurs*.

Durant cette étape, nous avons rencontré plusieurs difficultés qui sont principalement dues au manque d'informations de la base de données « Smart French ». En effet, des informations nécessaires à l'analyse ne figurent que très rarement dans la base de données disponible en ligne comme par exemple :

- La hauteur des bâtiments : donnée nécessaire à la modélisation des projets sur SketchUp dans le but de simuler les ombres portées, mais également les durées d'ombrage cumulé.
- Les dimensions des bâtiments : données nécessaires au calcul de la surface des différents bâtiments, mais aussi au calcul du pourcentage linéaire de chaque façade.

- Les images/vues des différentes façades : données indispensables au calcul du pourcentage de vitrage et au repérage des différents dispositifs architecturaux (balcons, loggias...) présents sur la façade.
- Les plans d'étages des bâtiments : données indispensables au repérage des pièces accessibles depuis la façade.

Ce manque d'informations de la base de données a évidemment rallongé les délais prévus pour l'analyse, puisque nous avons été dans l'obligation de prendre le temps de trouver ces informations nous-mêmes (et ce principalement sur le site Google Maps), ce qui nous a finalement mené à considérer 13 projets, pour un total de 112 bâtiments, et de 492 façades.

De ce fait, l'objectif de cette recherche est de tester une méthode d'analyse des caractéristiques solaires d'un corpus de grands ensembles de la reconstruction. L'intérêt est donc de développer une méthode d'analyse. Cette méthode permettrait, avec une équipe plus large, d'analyser tout le corpus pour obtenir des résultats statistiquement plus fiables.

3. Une analyse plus fine des projets du corpus retenus lors de la sélection, à travers la mobilisation des outils suivants :
 - Modélisation 3D via le logiciel SketchUp.
 - Simulation d'ombres portées via le logiciel SketchUp.
 - Simulation de durée d'ombrage cumulé via le plug-in T4SU sur le logiciel SketchUp.
4. La comparaison entre les théories des architectes concernant les orientations solaires présentées dans l'état de l'art, et les projets d'ensembles de logements construits durant les Trente Glorieuses, retenus parmi le corpus de 300 projets identifiés et analysés durant l'étape précédente, pour repérer les régularités, les correspondances entre le corpus d'étude et les théories des orientations.

CHAPITRE 3. ANALYSE D'UN CORPUS DE 300 PROJETS DES TRENTE GLORIEUSES

3.1. Présentation du corpus

Pour répondre à notre problématique, nous avons analysé le corpus d'étude du projet « Smart French », constitué de 300 projets construits entre 1945 et 1975, et disponible en ligne sous la forme suivante :

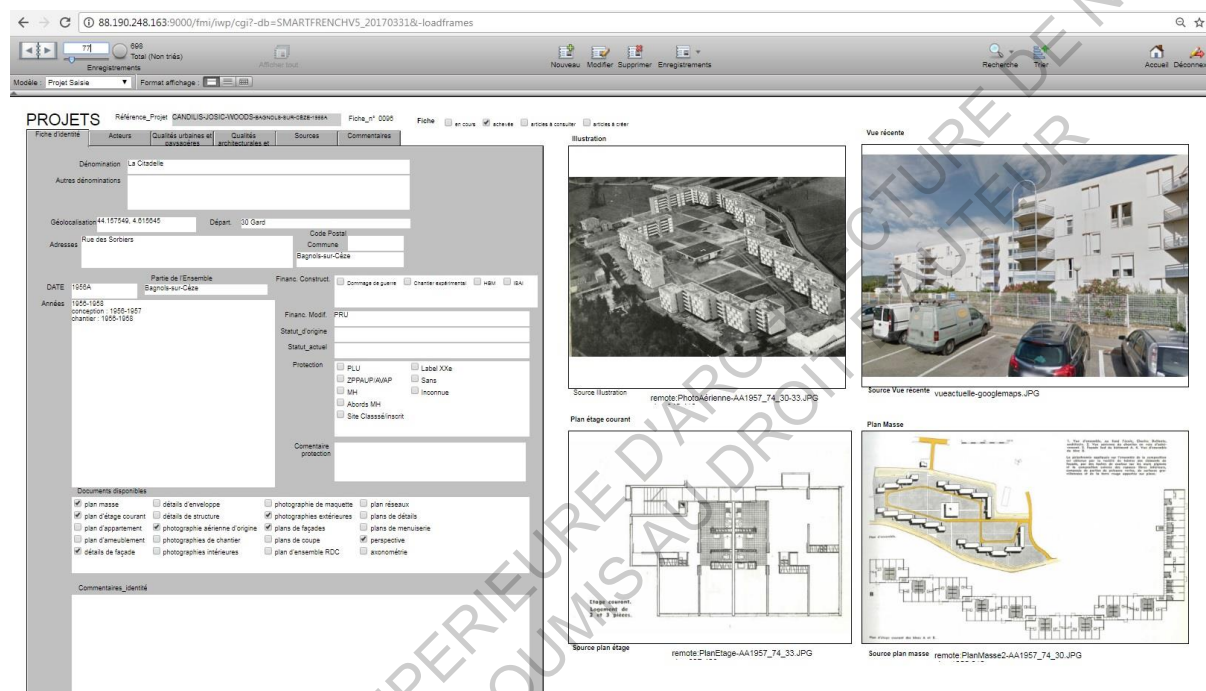


Figure 13 : Structure de la base de données « Smart French »

Source : Base de données projet « Smart French »

Ce corpus a été constitué par les membres partenaires du projet « Smart French » avec pour objectif de disposer d'une base de données aussi complète que possible, sur 300 ensembles de logements de l'après-guerre déjà recensés grâce à la constitution d'une banque de données de l'ensemble des publications connues sur le corpus d'étude, et ce en partant des éléments bibliographiques déjà repérés.

A partir de ce corpus, nous avons comme expliqué précédemment dans la méthodologie de la recherche, retenus 13 projets, pour un total de 112 bâtiments et de 492 façades, en nous basant sur la quantité d'informations disponibles dans la base de données.

A travers l'analyse de ces 13 projets du corpus suivant un plan progressif : **Projet > Bâtiment > Façade**, nous avons constitué une base de données riche sous la forme d'un tableau sur Microsoft Excel, consultable en annexes de ce mémoire.

Sur la figure 14 ci-dessous, nous présentons l'intitulé des différentes informations mobilisées concernant à la fois le niveau global du projet, le niveau du bâtiment puis le niveau des façades.

Projet																
				Date												
N Projet	Intitulé	Lieu	Latitude (*)	Conception	Livraison	Architecte	Protection		Nbr de Logements			Nbr de Bâts				
Bâtiment																
N Bâtiment		Surface		Type	Appartement Traversant			Hauteur		Nbr d'Etages			RDC Libre			
Façade																
				Dispositifs Architecturaux				Pièces				Durée potentielle d'exposition				
N Façade	Exposition (*)	% Linéaire	Secteur	Ouverture	Balcon	Coursive	Loggia	Séjour	Chambre	Cuisine	SDB	% de Vitrage	% de Masque le 21-déc à 12h	21-déc	21-mars	21-juin

Figure 14 : Intitulé des informations mobilisées dans le tableau d'analyse du corpus

La figure 15 ci-dessous montre un aperçu du tableau d'analyse du corpus pour un projet :

Projet									Bâtiment							
Date																
N Projet	Intitulé	Lieu	Latitude (°)	Conception	Livraison	Architecte	Protection	Nbr de Logements	Nbr de Bâts	N Bâtiment	Surface	Type	Appartement Traversant	Hauteur	Nbr d'Étages	RDC Libre
5	Front de mer Sud 76 - Seine-Maritime	Le Havre	49,50	1946	1956	P-E. Lambert	ZPPAU - Patrimoine mondial UNESCO	72	3	5.1	520m²	Barre	0	13,5m	R+3	0
										5.2	520m²	Barre	0	13,5m	R+3	0
										5.3	520m²	Barre	0	16,5m	R+4	0

Façade																
		12	30	Dispositifs Architecturaux				Pièces						Durée potentielle d'exposition au soleil		
N Façade	Exposition (°)	Secteur	% Linéaire	Ouvertures	Balcon	Coursives	Loggia	Séjour	Chambres	Cuisine	SDB	% de Vitrage	% de Masque le 21-dec à 12h	21-déc	21-mars	21-juin
5.1.1	157,50	Secteur 6	41,00%	1	1	0	0	1	1	0	0	38,88%	0,00%	8h	10h	9h30
5.1.2	247,5	Secteur 9	9,00%	1	0	1	0	0	1	0	0	16,66%	0,00%	5h30	7h	9h
5.1.3	337,5	Secteur 12	41,00%	1	0	1	0	0	0	1	1	27,00%	0,00%	0h	2h	6h30
5.1.4	67,5	Secteur 3	9,00%	1	0	0	0	0	1	0	0	33,33%	0,00%	2h30	5h	7h
5.2.1	157,5	Secteur 6	41,00%	1	1	0	0	1	1	0	0	38,88%	0,00%	8h	10h	9h30
5.2.2	247,5	Secteur 9	9,00%	1	0	1	0	0	1	0	0	16,66%	0,00%	5h30	7h	9h
5.2.3	337,5	Secteur 12	41,00%	1	0	1	0	0	0	1	1	27,00%	0,00%	0h	2h	6h30
5.2.4	67,5	Secteur 3	9,00%	1	0	0	0	0	1	0	0	33,33%	0,00%	2h30	5h	7h
5.3.1	157,5	Secteur 6	41,00%	1	1	0	0	1	1	0	0	38,88%	0,00%	8h	10h	9h30
5.3.2	247,5	Secteur 9	9,00%	1	0	1	0	0	1	0	0	16,66%	0,00%	5h30	7h	9h
5.3.3	337,5	Secteur 12	41,00%	1	0	1	0	0	0	1	1	27,00%	0,00%	0h	2h	6h30
5.3.4	67,5	Secteur 3	9,00%	1	0	0	0	0	1	0	0	33,33%	0,00%	2h30	5h	7h

Figure 15 : Extrait du tableau d'analyse du corpus

Voici quelques clefs pour la lecture du tableau :

Pour les bâtiments, la numérotation débute du Sud, à chaque fois que c'est possible, dans le cas contraire, elle débute des orientations comprises entre le Sud et l'Est.

Pour les Façades, la numérotation débute de l'exposition la plus proche du Sud (F1), pour ensuite passer vers l'Ouest (F2), puis vers le Nord (F3) et pour finir vers l'Est (F4).

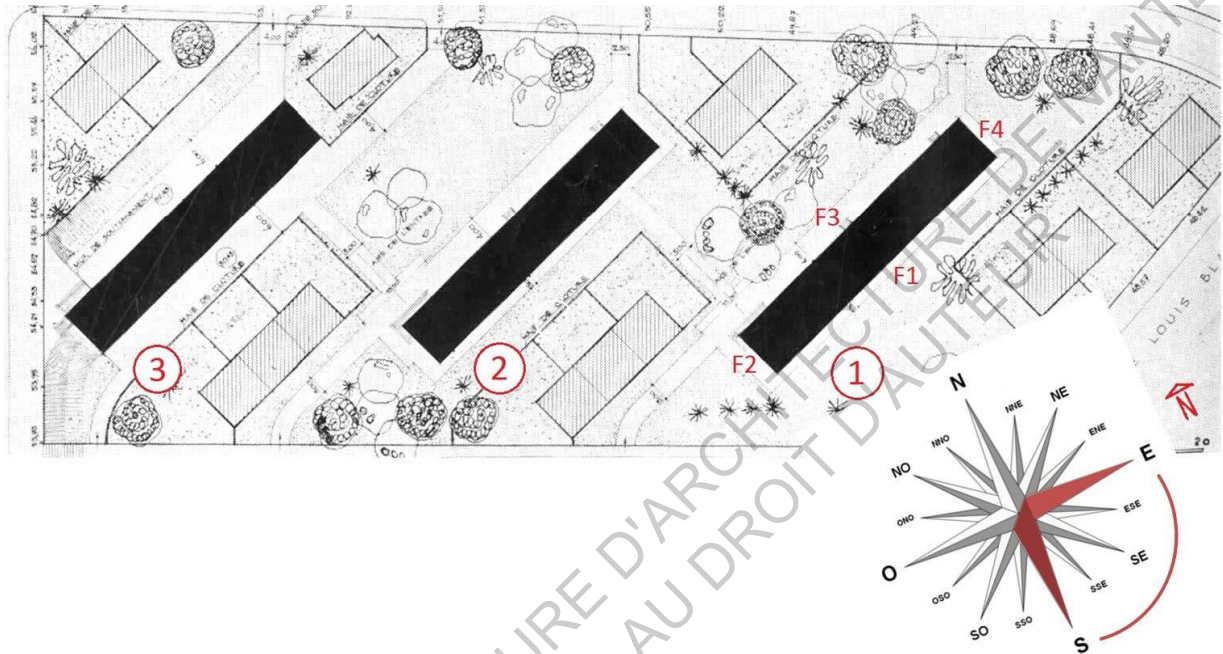


Figure 16 : Principe de numérotation des bâtiments et des façades du corpus

3.2. Construction d'indicateurs

Pour analyser notre tableau, nous avons utilisé les informations suivantes suivant pour chaque phase :

Projet :

N° Projet : correspondant au numéro du projet sur la base de données « Smart French ».

Intitulé : contenant le nom du projet mais également le département auquel il appartient.

Lieu : correspondant à la ville dans laquelle le projet se situe.

Latitude : première donnée « solaire » caractérisant le projet.

Date : de conception et de livraison du projet.

Architecte : indiquant le maître d'œuvre du projet.

Protection : indiquant si le projet jouit d'une protection patrimoniale.

Nombre de logements : indiquant le nombre de logements total du projet.

Nombre de bâtiments : indiquant le nombre de bâtiments du projet.

Bâtiment :

N° Bâtiment : correspondant au numéro attribué selon le principe de numérotation Figure 16.

Surface : correspondant à la surface en m² du bâtiment.

Type : correspondant à la forme du bâtiment : Barre/ Tour/ Plot/ L/ U/ Complexe.

Appartement traversant : indiquant si les appartements du bâtiment sont plutôt traversants ou mono-orientés.

Hauteur : indiquant la hauteur de chaque bâtiment du projet.

Nombre d'étages : indiquant le nombre d'étages de chaque bâtiment du projet.

RDC libre : indiquant si le bâtiment est monté sur pilotis, libérant ainsi le Rez-de-Chaussée.

Façade :

N° Façade : correspondant au numéro attribué selon le principe de numérotation Figure 16.

Exposition en ° : la valeur en degrés (°) de l'exposition des façades a été attribuée suivant le système conventionnel de 360°, dans lequel le Nord représente 0°, l'Est 90°, le Sud 180° et l'Ouest 270°.

Secteur : pour pouvoir exploiter les données du tableau d'analyse, nous avons défini des secteurs regroupant les différentes expositions, ainsi, nous avons décidé de définir 12 secteurs, distribués comme suit :

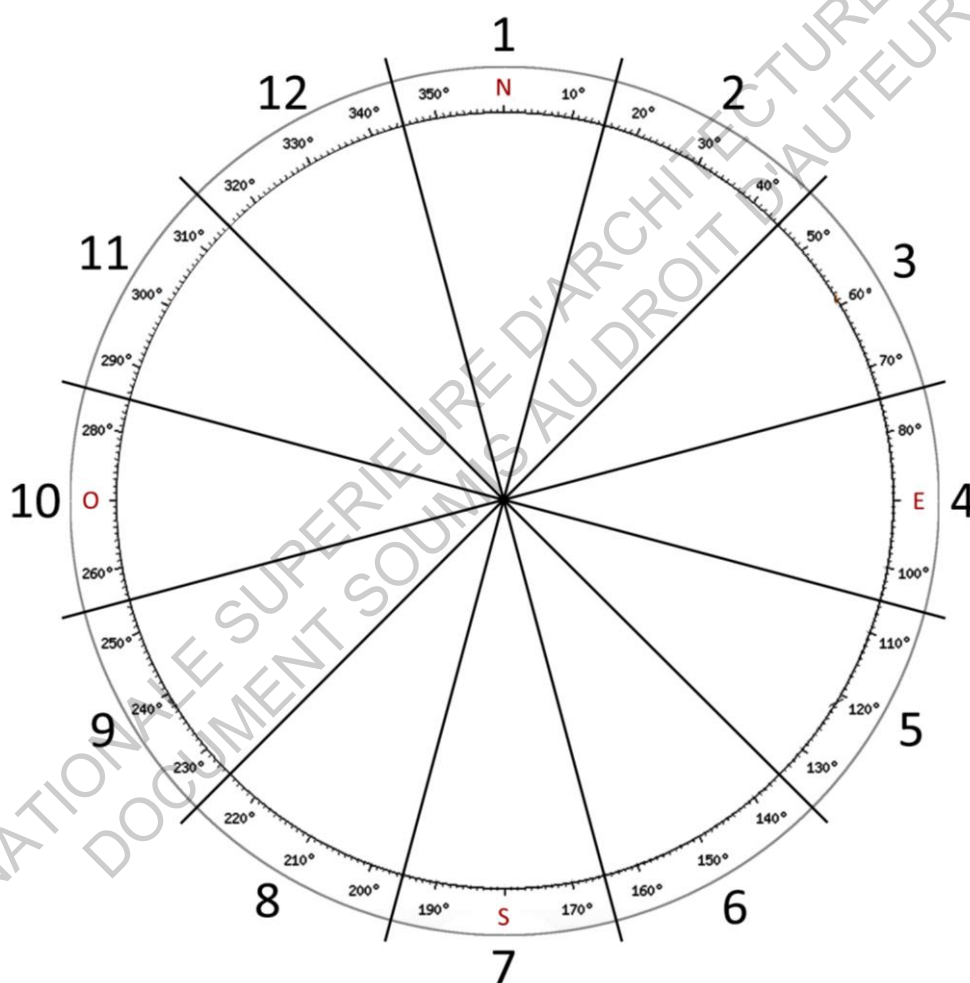


Figure 17: Distribution des secteurs

% linéaire : correspondant au pourcentage que représente la largeur de la façade par rapport au périmètre du bâtiment, il est calculé comme suit :



$$\begin{aligned} \text{\% linéaire } F1 &= \frac{F1 \times 100}{F1 + F2 + F3 + F4} \\ &= 41 \% \end{aligned}$$

Figure 18 : Principe de calcul du % linéaire d'une façade

Dans l'échantillon étudié, le % linéaire varie entre une valeur Min de 3.20% et une valeur Max de 46.80%.

Dispositifs architecturaux : indiquant les dispositifs présents sur la façade étudiée.

Ouvertures : 1 : Oui, 0 : Non.

Balcon : 1 : Oui, 0 : Non.

Coursives : 1 : Oui, 0 : Non.

Loggia : 1 : Oui, 0 : Non.

Pièces : indiquant les pièces exposées depuis la façade étudiée.

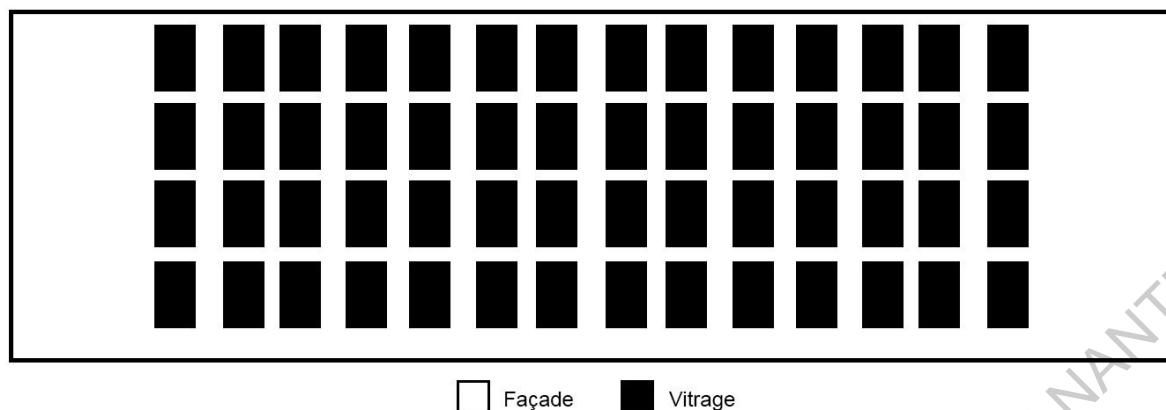
Séjour : 1 : Oui, 0 : Non.

Chambre : 1 : Oui, 0 : Non.

Cuisine : 1 : Oui, 0 : Non.

SDB : 1 : Oui, 0 : Non.

% de vitrage : correspondant au pourcentage que représentent les surfaces vitrées par rapport à la surface totale de la façade, il est calculé comme suit :



$$\% \text{ de Vitrage} = \frac{\text{Surface } \blacksquare \times 100}{\text{Surface } \square} = 38,88\%$$

Figure 19 : Principe de calcul du % de vitrage d'une façade

Dans l'échantillon étudié, le % de vitrage varie entre une valeur Min de 0.00% et une valeur Max de 90.00%.

% de masque (le 21 Décembre à 12h) : correspondant au pourcentage que représente la surface de l'ombre portée ou de l'ombre propre (simulée le 21 Décembre à 12h à l'aide du plug-in T4SU sur le logiciel SketchUp) sur la façade par rapport à la surface totale de la même façade. En voici un exemple :

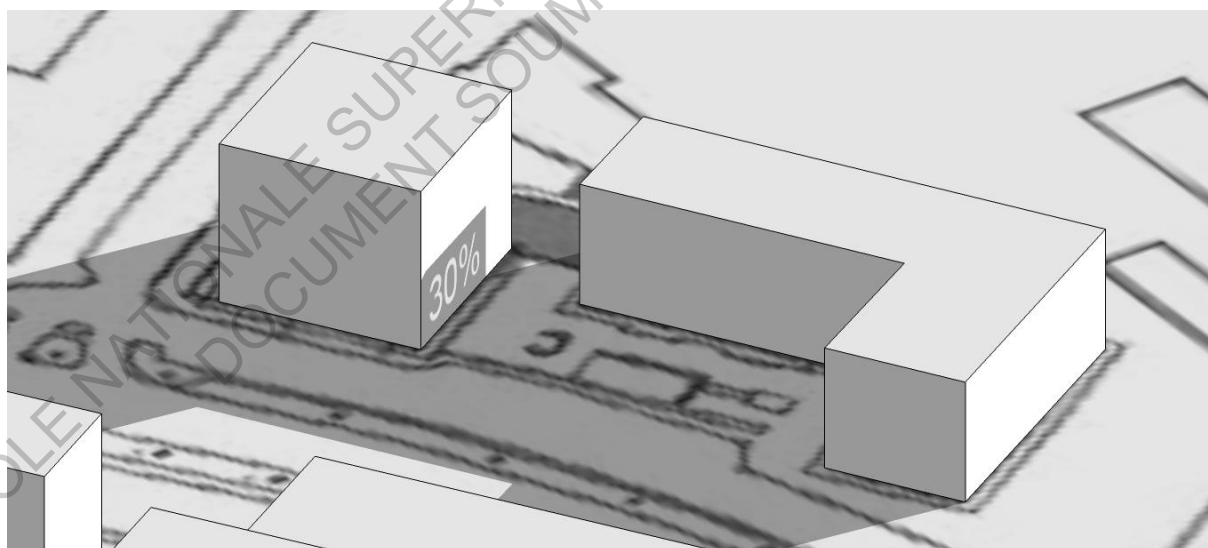


Figure 20 : Principe de calcul du % de masque d'une façade

Dans l'échantillon étudié, le % de masque varie entre une valeur Min de 0.00% et une valeur Max de 100.00%.

Durée potentielle d'exposition au soleil : permettant d'évaluer les périodes d'ensoleillement d'une façade sans tenir compte des effets de masque, ainsi, cet indicateur permet simplement de connaître la période durant laquelle la façade voit le soleil, et ce pour 3 dates significatives : **le 21 Décembre, le 21 Mars et le 21 Juin.**

Pour finir, nous avons créé un nouvel indicateur, nous permettant d'identifier les façades dominantes de notre corpus :

Potentiel d'exposition : permettant une pondération des façades par le % linéaire et le % de vitrage, il est calculé comme suit : **Potentiel d'exposition** = % linéaire x % de vitrage.

Cet indicateur nous permet donc de déterminer les secteurs vers lesquels les façades dominantes - les façades faites pour capter - s'orientent.

Ainsi, concernant les barres, les façades dont le **potentiel d'exposition** est maximal sont les façades les plus larges et les plus vitrées. Concernant les plots, les façades dont le **potentiel d'exposition** est maximal sont les plus vitrées, puisque les 4 façades des plots ont toutes la même largeur.

Dans l'échantillon étudié, le potentiel d'exposition varie entre une valeur Min de 0.00% et une valeur Max de 34.43 %.

3.3. Résultats de l'analyse du corpus

Sur la base de notre tableau d'analyse, nous avons donc créé des diagrammes, qui représentent des statistiques concernant la relation qu'entretiennent les grands ensembles du corpus vis-à-vis du soleil, et que nous allons présenter dans cette partie.

Pour faciliter la lecture des diagrammes, nous avons décidé de représenter les résultats dans le schéma de distribution des secteurs. Ainsi, pour chaque diagramme, nous avons établi un dégradé de couleur sur les 12 secteurs, la valeur de l'opacité de la couleur de chaque secteur correspond parfaitement à sa valeur par rapport aux résultats du diagramme.

Toutefois, il faut garder à l'esprit que ces résultats sont relatifs, puisque l'analyse n'a porté que sur 13 projets, 112 bâtiments, et 492 façades.

La figure 21 ci-dessous montre la distribution des expositions des façades suivant leur nombre.

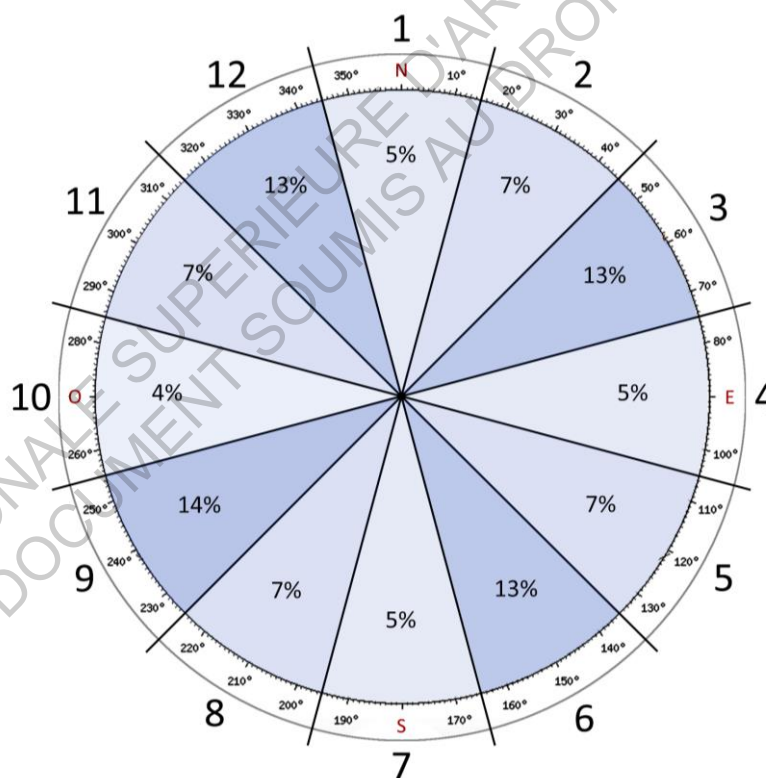


Figure 21 : Distribution des expositions des façades suivant leur nombre

Comme nous pouvons le constater sur ce diagramme de distribution des expositions des **façades** suivant leur nombre, il y a une distribution qui n'est pas « franche ». Les expositions des façades sont assez distribuées.

Nous notons tout de même que les orientations attendues : Nord, Sud, Est, et Ouest sont les plus faiblement représentées, au profit de diagonales très prononcées. En effet, et comme nous pouvons le voir sur la figure 21, les façades sont exposées à $\approx 13\%$ suivant les secteurs 3/9 et 6/12, puis à 7% suivant les secteurs 2/8 et 5/11, et pour finir à 5% seulement suivant les secteurs 1/7 et 4/10 correspondants aux orientations cardinales.

Dans la figure 22 ci-dessous, nous avons représenté la distribution des expositions des façades dominantes suivant leur nombre. Pour créer ce diagramme, nous nous sommes appuyés sur l'indicateur **Potentiel d'exposition** (= % linéaire x % de vitrage), par conséquent, les **façades dominantes** sont celles dont les valeurs du % linéaire et du % de vitrage sont maximales.

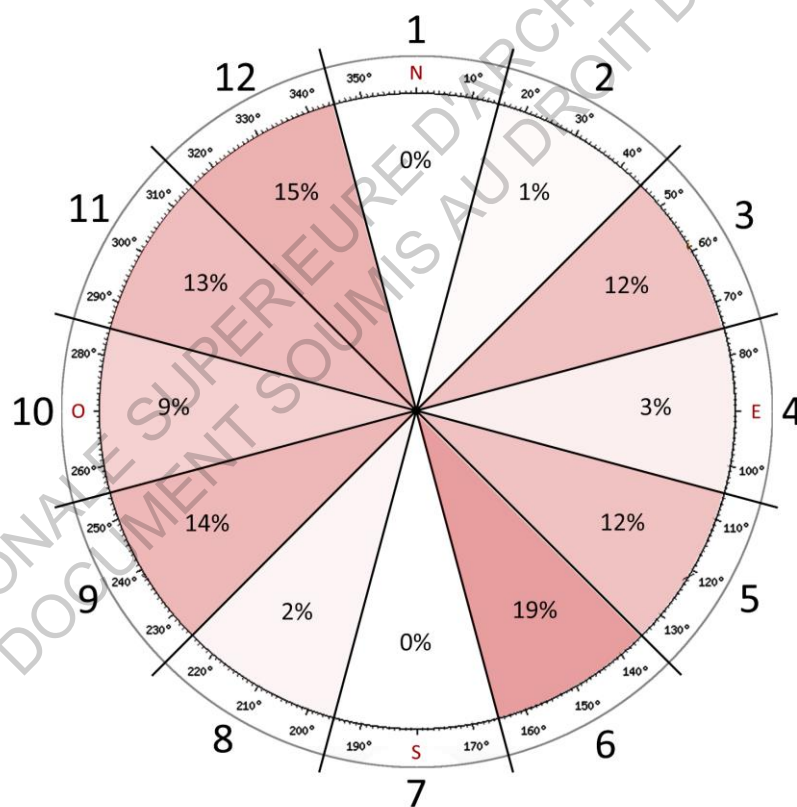


Figure 22 : Distribution des expositions des **façades dominantes** suivant leur nombre

Nous remarquons que les orientations attendues : Nord, Sud, Est, et Ouest sont toujours les plus faiblement représentées, au profit de diagonales très prononcées. Les façades dominantes sont donc très faiblement exposées suivant les orientations cardinales, à l'exception du secteur 10, correspondant à l'Ouest, avec une valeur de 9%.

Les façades dominantes sont donc principalement exposées suivant les secteurs 3/9 et 6/12 avec un léger avantage pour le secteur 6, correspondant au SSE (Sud/Sud/Est), vers lequel 19% de ces façades sont exposées. Ces façades sont ensuite exposées à $\approx 13\%$ suivant les secteurs 5, correspondant à l'ESE (Est/Sud/Est), et 11, correspondant à l'OSO (Ouest/Sud/Ouest).

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

A présent, nous allons présenter les diagrammes de la distribution des expositions des façades de chaque type de bâtiment. Pour ce faire, nous avons représenté dans la figure 23 ci-dessous le pourcentage des types de bâtiments suivant leur nombre, pour garder en tête le pourcentage que représentent ces types.

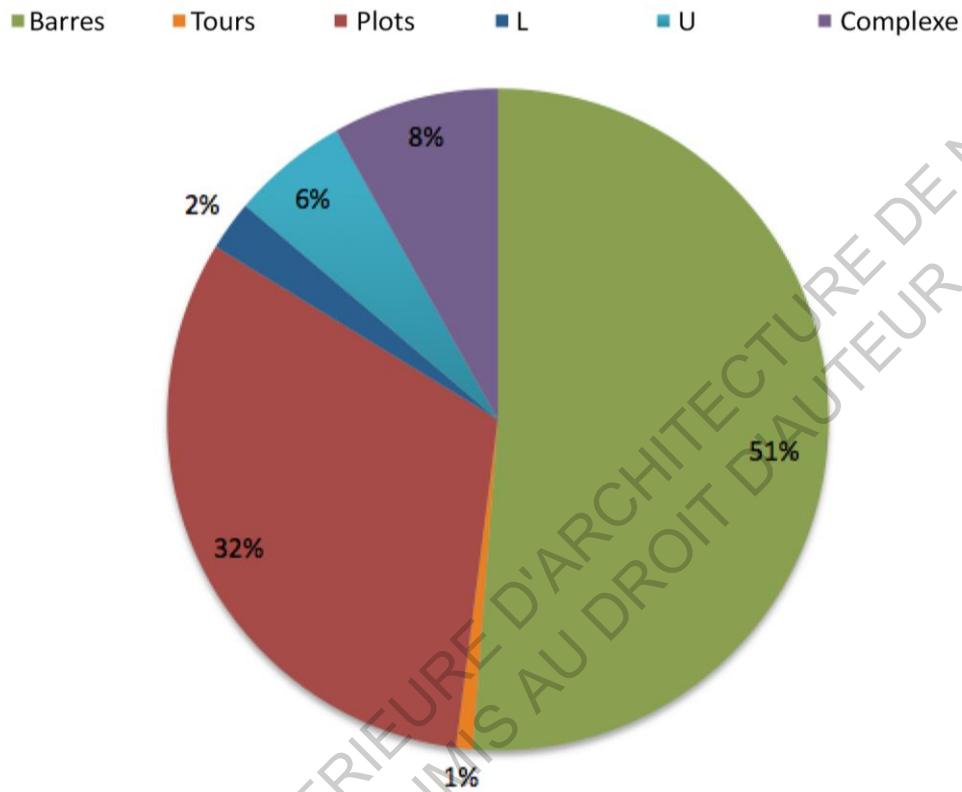


Figure 23 : Pourcentage des types de bâtiments suivant leur nombre

Sur ce diagramme, nous constatons que le type « **Barre** » est le plus largement utilisé dans le corpus étudié, puisque plus de la moitié des bâtiments du corpus, 51%, adoptent cette forme. Il est suivi du type « **Plot** », avec une valeur de 32%, les autres types étant très faiblement représentés, comme nous pouvons le voir sur la figure 23.

La figure 24 ci-dessous montre la distribution des expositions des façades du type « Barre » suivant leur nombre.

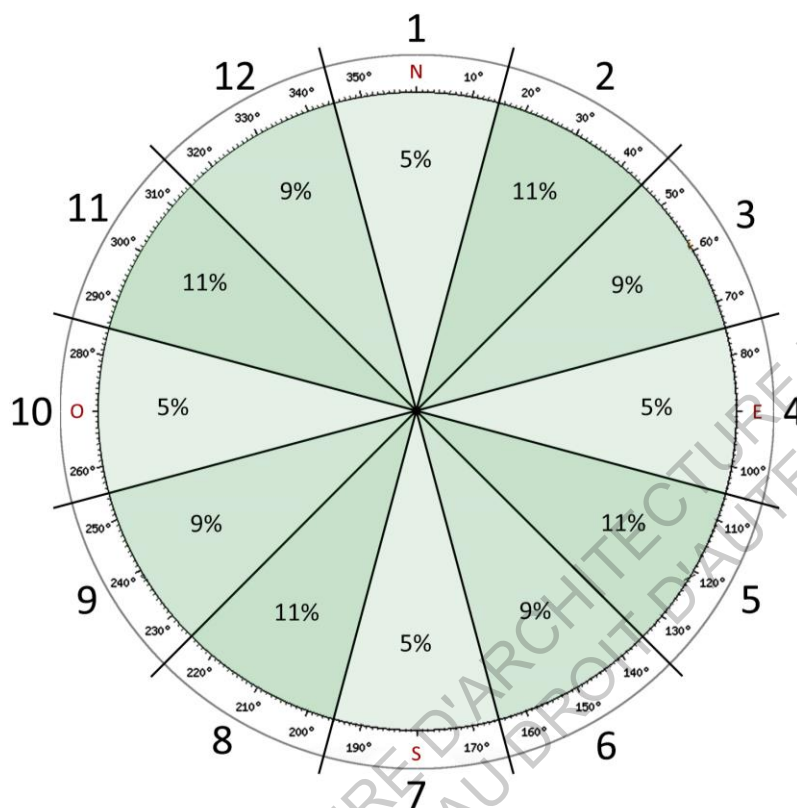


Figure 24 : Distribution des expositions des façades du type « Barre » suivant leur nombre

La figure 24 affiche des résultats similaires à ceux de la figure 21 de la distribution des expositions des façades suivant leur nombre, ce qui s'explique par le fait que le type « Barre » est le plus largement utilisé dans le corpus d'étude (51%).

Nous notons donc une distribution éclatée, qui ne répond à aucune règle précise. Les façades sont exposées suivant toutes les directions, avec tout de même encore une fois un léger avantage pour les diagonales.

La figure 25 ci-dessous montre la distribution des expositions des façades du type « Plot » suivant leur nombre.

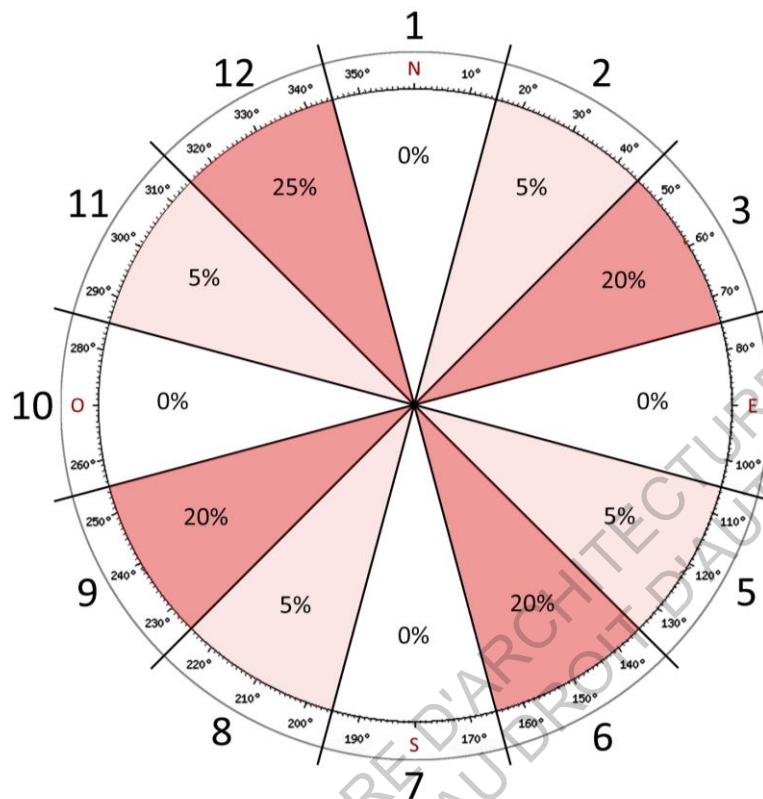


Figure 25 : Distribution des expositions des façades du type « Plot » suivant leur nombre

La figure 25 montre que les façades des bâtiments du type « Plot » sont exclusivement exposées suivant les diagonales des secteurs 3/9 et 6/12, et 2/8 5/11, avec tout de même un avantage net pour les secteurs 3/9 et 6/12 vers lesquels 20% des façades du type « Plot » sont exposées, contre seulement 5% pour les secteurs 2/8 et 5/11. Pour finir, aucune façade (0%) du type « Plot » du corpus n'est exposée suivant les secteurs 1/7 et 4/10, correspondants au Nord, au Sud, à l'Est et à l'Ouest.

Pour la distribution des expositions des façades des types « Tour », « L » et « U », nous présentons les résultats dans le tableau suivant :

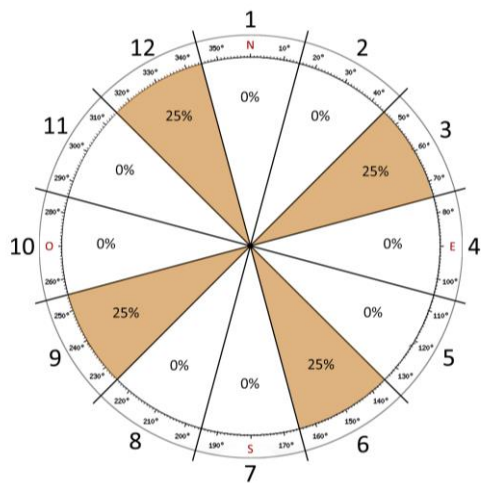


Figure 26 : Distribution des expositions des façades du type « Tour » suivant leur nombre

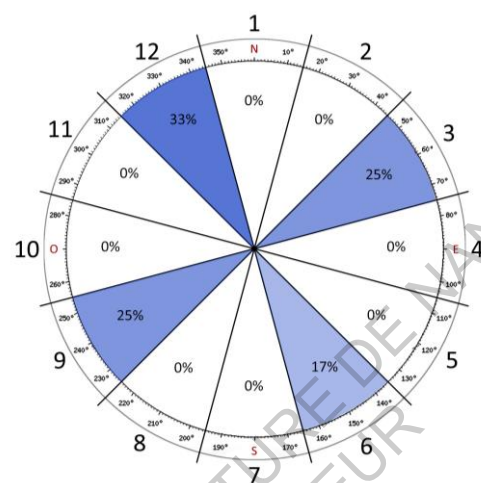


Figure 27 : Distribution des expositions des façades du type « L » suivant leur nombre

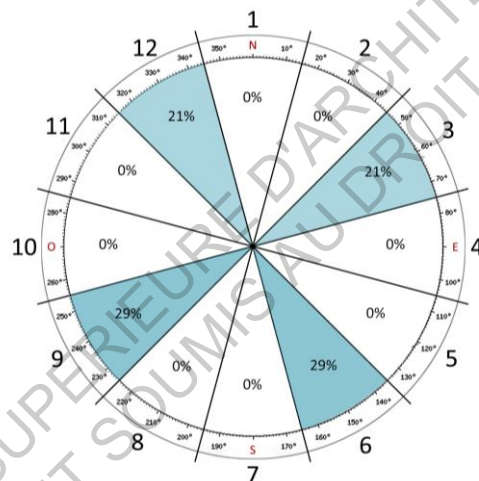


Figure 28 : Distribution des expositions des façades du type « U » suivant leur nombre

La figure 26 montre que les façades du seul bâtiment du type « Tour » analysé sont exclusivement exposées suivant les diagonales des secteurs 3/9 et 6/12, correspondants aux orientations ENE/OSO et SSE/NNO, avec une valeur de 25% pour chaque secteur.

La figure 27 montre que les façades des bâtiments du type « L » sont également exclusivement exposées suivant les diagonales des secteurs 3/9 et 6/12, correspondants aux orientations ENE/OSO et SSE/NNO.

La figure 28 montre que les façades des bâtiments du type « U » sont elles aussi exclusivement exposées suivant les diagonales des mêmes secteurs 3/9 et 6/12, avec tout de même un avantage pour les secteurs 6 et 9 correspondants aux orientations SSE et OSO avec 29% des façades pour chaque secteur, contre 21% pour les secteurs 3 et 12, correspondants aux orientations ENE et NNO.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

À présent nous allons présenter les statistiques concernant les dispositifs architecturaux présents sur la façade :

Dans la figure 29 ci-dessous, nous avons représentés la distribution des expositions des façades avec ouvertures suivant leur nombre :

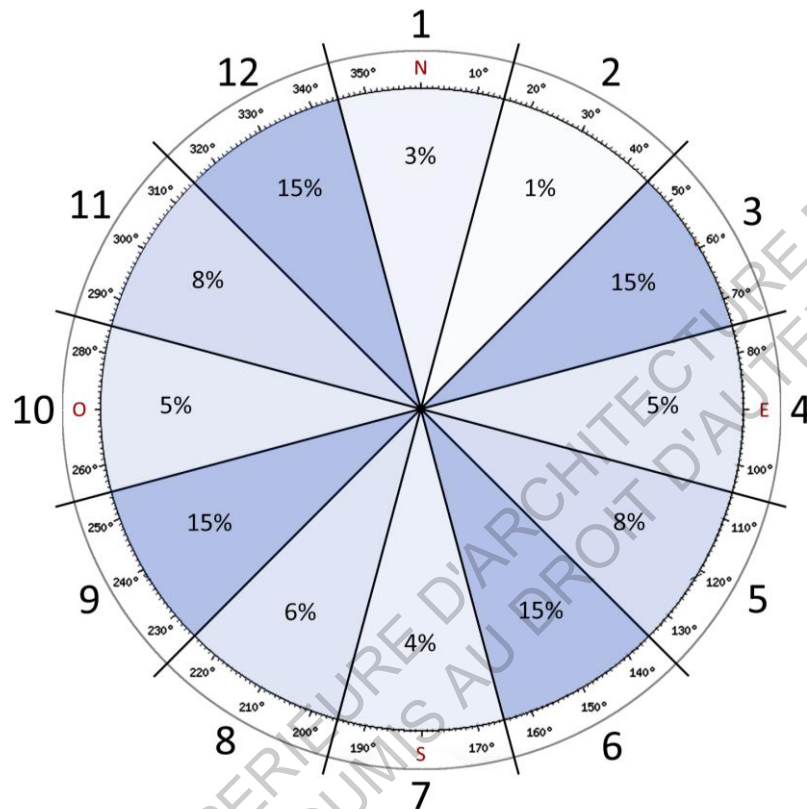


Figure 29 : Distribution des expositions des façades avec Ouvertures suivant leur nombre

La figure 29 montre clairement que les façades disposant d'ouvertures sont très peu exposées au Nord, au Sud, à l'Est et à l'Ouest ($\approx 4\%$), et sont principalement exposées suivant les mêmes diagonales dominantes, des secteurs 3/9 et 6/12, correspondant aux orientations ENE/OSO et SSE/NNO, avec 15% des façades avec ouvertures exposées suivant chaque secteur. Ceci peut être expliqué par le fait que la majorité des façades, quel que soit leur type, sont exposées selon ces diagonales.

La figure 30 ci-dessous montre la distribution des expositions des façades avec loggia suivant leur nombre.

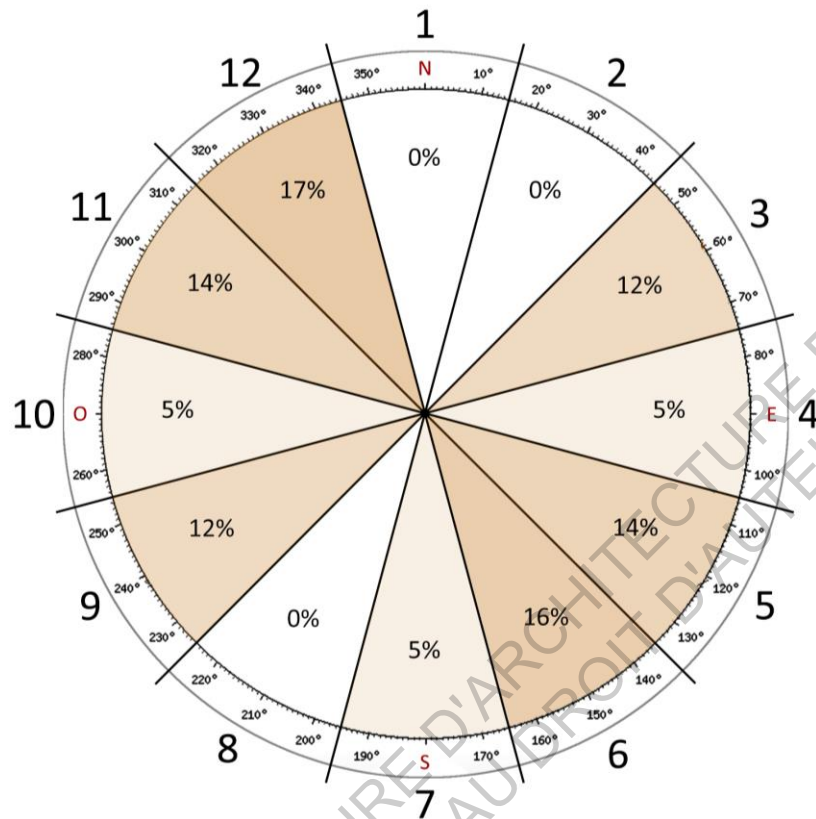


Figure 30 : Distribution des expositions des façades avec Loggia suivant leur nombre

La figure 30 montre que les loggias sont exposées suivant les mêmes secteurs dominants, à savoir les secteurs 3/9 et 6/12, correspondants aux orientations ENE/OSO et SSE/NNO, avec 16% pour le secteur 6 correspondant à l'ENE, et 17%, la valeur maximale, pour le secteur 12 correspondant au NNO.

Les loggias sont ensuite exposées suivant les secteurs 5 et 11, correspondants à l'ESE et à l'ONO, avec 14% pour chaque secteur.

Pour finir, les loggias ne sont exposées qu'à 5% suivant les secteurs 4, 7 et 10 correspondant aux orientations cardinales Est, Sud et Ouest, et à 0% suivant le secteur 1 correspondant au Nord.

La figure 31 ci-dessous montre la distribution des expositions des façades avec balcon suivant leur nombre.

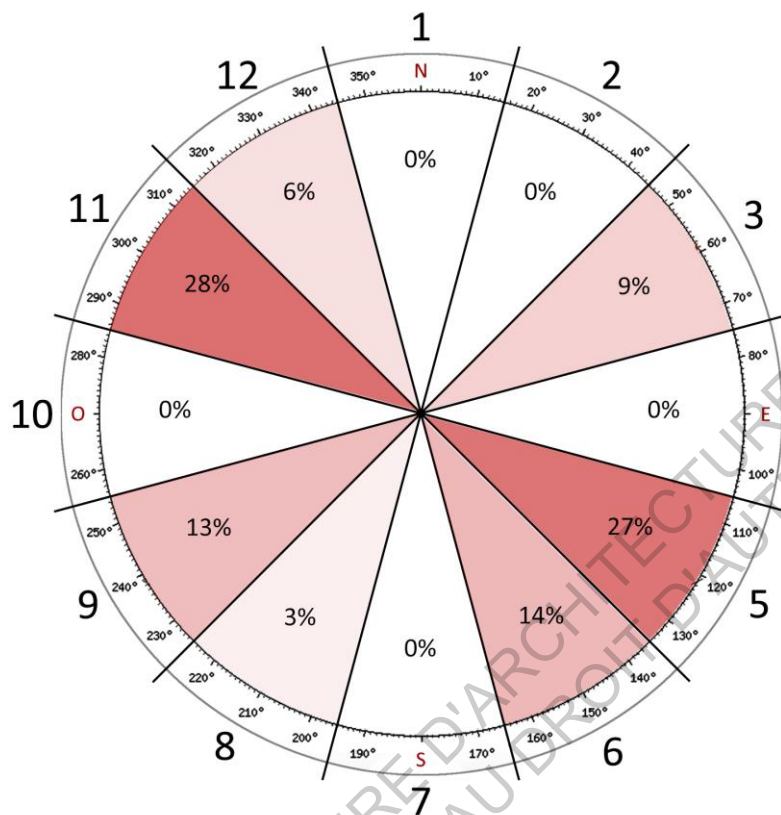


Figure 31 : Distribution des expositions des façades avec **Balcon** suivant leur nombre

La figure 31 montre que les **balcons** du corpus sont principalement exposés suivant les secteurs 5 et 11, à 27% suivant le secteur 5 correspondant à l'ESE, et à 28%, valeur maximale, suivant le secteur 11 correspondant à l'ONO.

Les balcons sont ensuite exposés suivant les secteurs dominants 3/9 et 6/12, avec des valeurs plus importantes pour les secteurs proches du Sud, 14% pour le secteur 6 correspondant au SSE et 13% pour le secteur 9 correspondant à l'OSO.

Pour finir, les balcons du corpus sont exposés à 0% suivant les orientations cardinales, le Nord, l'Est, le Sud et l'Ouest.

Pour finir, nous allons présenter les statistiques concernant les pièces accessibles depuis la façade.

Les figures 32, 33, 34 et 35 montrent respectivement la distribution des expositions des façades avec séjour, chambre, cuisine, et salle de bain.

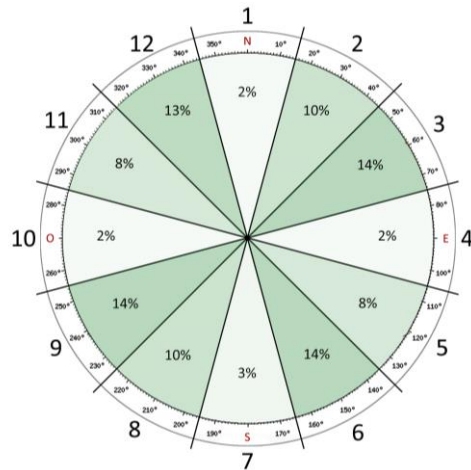


Figure 32 : Distribution des expositions des façades avec **Séjour** suivant leur nombre

Source personnelle

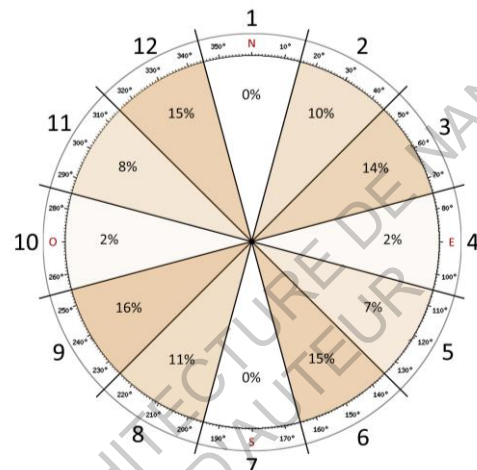


Figure 33 : Distribution des expositions des façades avec **Chambre** suivant leur nombre

Source personnelle

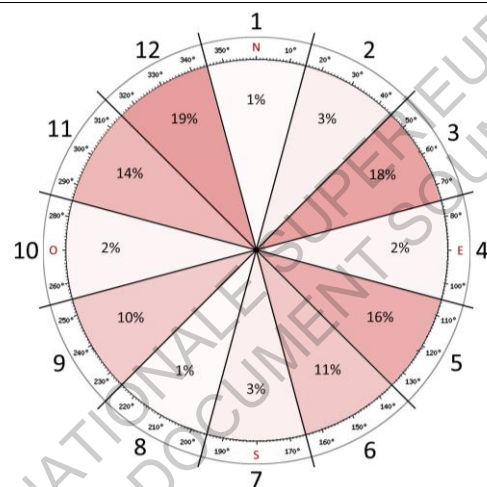


Figure 34 : Distribution des expositions des façades avec **Cuisine** suivant leur nombre

Source personnelle

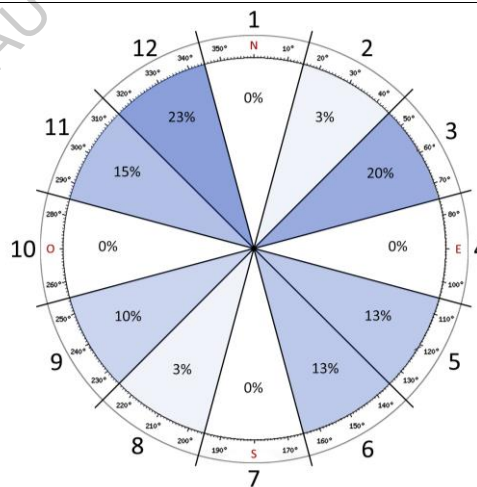


Figure 35 : Distribution des expositions des façades avec **SDB** suivant leur nombre

Source personnelle

La figure 32 montre que les **séjours** sont principalement exposés suivant les diagonales, et sont très peu exposés ($\approx 2\%$) suivant les orientations cardinales des secteurs 1/7 et 4/10 correspondants au Nord/ Sud et à l'Est/Ouest.

En effet, les séjours sont d'abord exposés ($\approx 14\%$) suivant les secteurs 3/9 et 6/12, correspondant aux orientations ENE/OSO et SSE/NNO, puis suivant les secteurs 2/8 et 5/11, correspondant aux orientations NNE/SSO et ESE/ONO ($\approx 10\%$).

La figure 33 de la distribution des expositions des **chambres** affiche des résultats à peu près similaires, à l'exception qu'aucune chambre du corpus n'est exposée suivant les orientations Nord et Sud.

La figure 34 montre que les **cuisines** sont principalement exposées suivant les diagonales dominantes, et sont très peu exposées ($\approx 2\%$) suivant les orientations attendues des secteurs 1/7 et 4/10.

Les cuisines sont donc exposées suivant les secteurs 3/9 et 6/12, avec un avantage pour les secteurs 3 (18%) et 12 (19% valeur maximale) proches du Nord, et correspondant aux orientations ENE et NNO. Puis suivant les secteurs 5 (16%) et 11 (14%) correspondant aux orientations ESE et ONO.

La figure 35 de la distribution des expositions des **Salles de bain** affiche des résultats à peu près similaires, à l'exception qu'aucune salle de bain du corpus n'est exposée suivant les orientations cardinales Nord, Est, Sud et Ouest, et que la valeur maximale du secteur 12 correspondant au NNO est plus élevée, 23%.

3.4. Discussion

Les résultats de l'analyse du corpus, sur l'ensemble des statistiques, et donc de la figure 21 à la figure 35, montrent de façon nette un penchant vers la diagonale plutôt que vers les expositions Nord, Sud, Est et Ouest, et plus précisément vers les diagonales des secteurs 3/9 et 6/12 correspondant aux orientations ENE/OSO et SSE/NNO.

Ceci nous laisse penser que les architectes des Trente Glorieuses ont, d'une manière générale, une préférence pour les orientations diagonales, puisque ces orientations permettent d'une part de bénéficier d'ensoleillement sur les 2 façades plutôt qu'uniquement sur la façade Sud, mais surtout d'éviter une exposition au Nord.

Les architectes des Trente Glorieuses se seraient donc référés aux théories des auteurs préconisant les orientations diagonales plutôt qu'à celles des auteurs préconisant les orientations Nord/Sud (ou méridiennes), ou encore les orientations Est/Ouest (ou équatoriales).

Sur la figure 36, nous pouvons identifier les auteurs qui ont préconisés dans leur théorie les orientations diagonales auxquelles les architectes du corpus se sont référés.

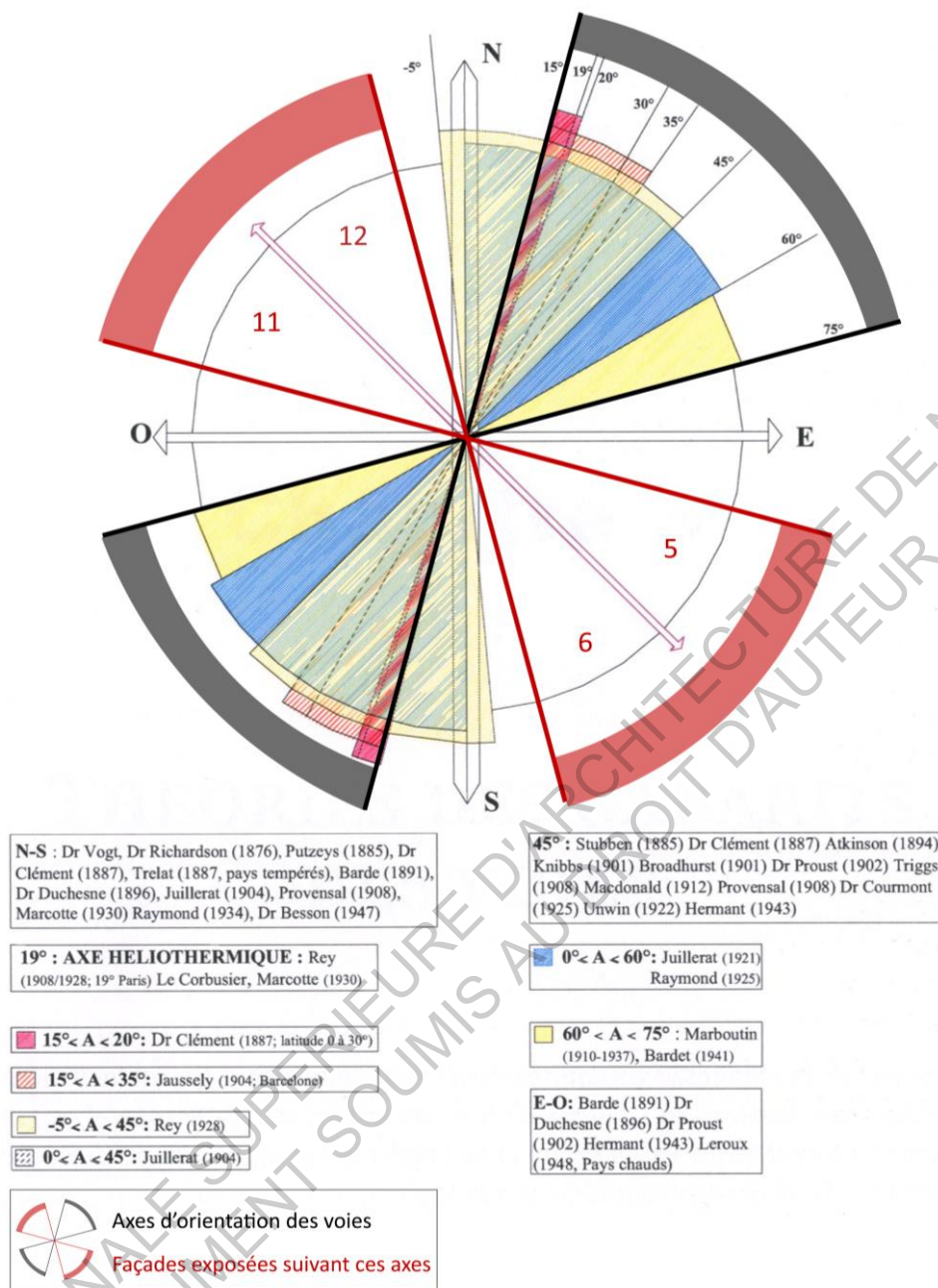


Figure 36 : Comparaison entre les diagonales dominantes du corpus analysé et les auteurs ayant préconisés ces diagonales.

Rappel du diagramme établi par Amina Harzallah.

Précisons tout de même que sur le diagramme établi par Amina Harzallah, ce sont les théories d'orientation des voies qui sont juxtaposées, et non les théories d'exposition des façades. Ainsi, les axes représentés sur le diagramme sont les axes des voies, les façades correspondantes sont donc exposées suivant les perpendiculaires à ces axes, suivant les secteurs dominants 6/12, mais aussi les secteurs 5/11.

Ainsi, nous pouvons constater que les auteurs ayant préconisé ces orientations diagonales auxquelles les architectes du corpus se sont référés sont :

- Dr Clément : $15^{\circ} < A < 20^{\circ}$
- Jaussely : $15^{\circ} < A < 35^{\circ}$
- Juillerat : $0^{\circ} < A < 45^{\circ}$
- Juillerat et Raymond : $0^{\circ} < A < 60^{\circ}$
- Marboutin : $60^{\circ} < A < 75^{\circ}$
- Ainsi que tous les auteurs ayant préconisés une orientation diagonale à 45° : Stubben, Dr Clément, Atkinson, Knibbs, Broadhurst, Dr Proust, Triggs, Macdonald, Provensal, Dr Courmont, Unwin, Hermant.

Concernant la typologie des bâtiments, et comme nous l'avons vu sur les figures 23 à 28, nous constatons que la forme « Barre », forme la plus utilisée dans les bâtiments du corpus, est la plus « flexible » au niveau des orientations, puisque les façades des bâtiments de ce type bénéficient d'une distribution éclatée, et sont exposées suivant toutes les directions, contrairement aux formes « Plot », « Tour », « L » et « U », bien moins flexibles puisqu'elles sont principalement orientées en diagonale.

Ceci nous amène à nous poser les questions suivantes : Est-ce que le choix d'une forme architecturale induit une certaine orientation, ou l'inverse ? Est-ce que le choix de la forme « Plot » contraint d'éviter les orientations Nord/Sud/Est/Ouest et de privilégier les diagonales contrairement à la forme « Barre » qui offre plus de liberté ?

Concernant les dispositifs architecturaux présents sur la façade, nous constatons qu'aucune façade avec loggia n'est exposée au Nord, ce qui peut s'expliquer par le fait que ce dispositif fonctionne mieux pour les orientations proches du Sud. Toutefois, et paradoxalement, le taux maximal (17%) de l'exposition des façades avec loggia est détenu par le secteur 12, correspondant au NNO.

Nous constatons également que les balcons du corpus ne sont absolument pas exposés suivant les orientations attendues : Nord, Est, Sud et Ouest, au profit des secteurs 5, correspondant à l'ESE, et 11, correspondant à l'ONO.

Ainsi, les loggias et les balcons du corpus sont majoritairement exposés suivant les orientations proches du Nord, NNO pour les loggias et ONO pour les balcons, ce qui nous laisse penser que ces dispositifs jouent dans le corpus un rôle d'écriture architecturale et non un rôle de contrôle solaire.

Concernant les pièces accessibles depuis la façade, nous remarquons que l'exposition des façades avec séjours et celle des façades avec chambres affichent des résultats très similaires, même chose pour l'exposition des façades avec cuisines et celle des façades avec SDB, ce qui nous amène à nous demander :

Est-ce que les séjours et les chambres bénéficient le plus souvent de la même exposition ?

Est-ce vrai également pour les cuisines et les SDB ?

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

CHAPITRE 4. ANALYSE SOLAIRE DETAILLEE DES 13 PROJETS

4.1. Introduction et présentation

Nous avons choisis d'analyser plus en détails les 13 projets que nous avons étudiés à travers le tableau d'analyse du corpus. Sur la figure 37 ci-dessous, nous présentons la liste de ces projets :

N Projet	Intitulé	Lieu	Latitude (°)	Conception	Livraison	Architecte	Protection	Nbr de Lgts	Nbr de Bâts
5	Front de mer Sud	Le Havre	49,50	1946	1956	P-E. Lambert	ZPPAU - Patrimoine mondial UNESCO	72	3
27	Saint-Denis	Paris	48,85		1957	F. Ottin		600	11
38	Résidence Fernand Pouillon	Aix-en- Provence	43,50	1951	1953	F. Pouillon	Label Patrimoine du XXème 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	Label Patrimoine du XXème siècle	560	10
77	La citadelle	Bagnols- sur-Cèze	44,16	1956	1958	G. Candilis		370	21
84	Résidence le Château de Louveciennes	Louvecien- es	48,85	1957	1961	P. Herbé	Label Patrimoine du XXème siècle	260	16
114	Quartier de la Chancellerie	Bourges	47,00	1946	1960	M. Andrault & P. Parat		231	5
120	Cité des Provinces françaises	Paris	48,85	1951	1959	B. Zehrufuss		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 de Marseille	Marseille	43,30	1945	1952	Le Corbusier	Monument Historique	321	1
303	Chantier expérimental du MRU à Aubervilliers	Paris	48,85	1950	1952	A. Sive		173	2

Figure 37 : Liste des 13 projets du corpus analysés

Pour chacun de ces 13 projets, nous analysons dans cette partie la prise en compte de l'ensoleillement, et ce en essayant de repérer la présence de ce facteur dans les discours des architectes accompagnant les projets dans les revues d'architecture, mais aussi en tentant de déterminer les raisons du choix des orientations données aux projets par les architectes. Nous avons également étudié la hauteur et l'implantation des différents bâtiments, et les différents dispositifs architecturaux présents sur les façades, le tout, pour identifier si l'ensoleillement a constitué une préoccupation dans le cadre de chaque projet.

Dans le même objectif, nous avons analysé l'impact des ombres sur le bâti à travers la simulation des ombres portées, que nous avons produit en utilisant le logiciel SketchUp, qui nous permet, grâce à la fonction « Ombres », de simuler les ombres portées à la date et l'heure de notre choix. Nous avons choisi de simuler les ombres portées des 13 projets le 21 Décembre à 12h, puisque c'est la date à laquelle les ombres sont prises en compte dans les textes hygiénistes.

Pour finir, nous avons analysé l'impact des ombres sur l'espace public à travers la simulation des durées d'ombrage cumulé. Pour ce faire, nous avons utilisé le plug-in T4SU disponible sur le logiciel SketchUp, et développé par Thomas Leduc au sein du Crenau. Ainsi, les résultats obtenus affichent les durées d'ombrage cumulé pour les journées du 21 Juin, du 21 Septembre et du 21 Décembre (correspondant aux solstices et aux équinoxes), et selon le ratio du : Nombre de Minutes Ensoleillées / Nombre de Minutes Totales.

Les résultats de cette analyse détaillée des 13 projets seront présentés dans les 13 sections suivantes.

4.2. Projet front de mer Sud - Le Havre (1956)

N °	Intitulé	Lieu	Latitude °	Conception	Livraison	Architecte	Protection	Nbr de Logements	Nbr de Bâts
5	Front de mer Sud 76 - Seine-Maritime	Le Havre	49,50	1946	1956	P-E. Lambert	ZPPAU - Patrimoine mondial UNESCO	72	3

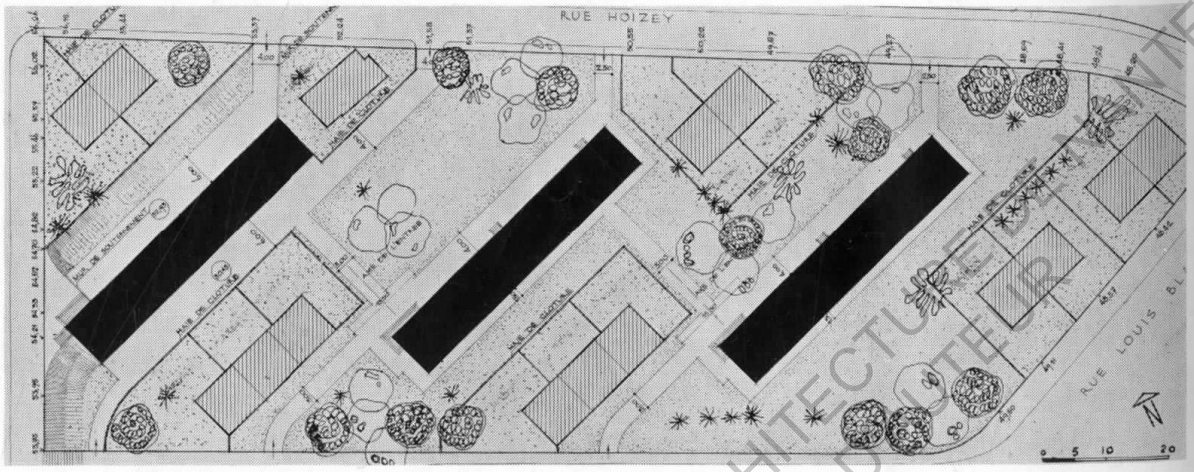


Figure 38 : Plan de masse du projet

Source : Architecture Française – 1958 – N°183/184 – p.98

Dans ce projet, les barres sont orientées suivant l'axe $+67^\circ$, donc suivant l'axe ENE/OSO. Par conséquent, les appartements sont exposés SSE/NNO. Paradoxalement, dans le texte accompagnant le projet dans la revue Architecture Française en 1958, nous pouvons lire : « ...Un parti de bâtiments à coursives sur lesquelles ne s'éclairent que les services a permis d'orienter au Sud toutes les pièces d'habitation ».

L'architecte considère donc l'axe ENE/OSO suivant lequel sont orientés les bâtiments comme un axe Est/Ouest, et considère que les appartements sont orientés Nord/Sud, même si la différence entre ces axes est de $22,5^\circ$.

Toutefois, nous pensons que le simple fait de citer l'orientation dans ce texte prouve une certaine implication, une certaine préoccupation pour le facteur ensoleillement.

D'autre part, nous n'arrivons pas à déterminer les raisons de cette orientation.

Dans un premier temps, nous avons pensé que c'était une orientation relative à la rue Pierre Mendes France située au Sud-Est du projet, mais grâce au plan Google Maps du projet, nous nous sommes rendu compte que cette rue, du fait de sa courbure, ne devait pas constituer la raison de ce choix, et que plusieurs des bâtiments environnant bénéficient de la même orientation ENE-OSO, ce qui nous laisse penser qu'il devait exister une sorte de « Règle

urbaine » qui définit une orientation générale du quartier, peut-être une règle présente dans le plan d'urbanisme de l'époque.



Figure 39 : Plan de situation du projet

Source : Google Maps

D'une manière générale, nous pensons que l'ensoleillement a constitué une préoccupation pour ce projet, puisque, d'une part, 2 barres sont en R+4 et la 3^{ème}, celle qui se trouve au Nord-Ouest du projet et qui de ce fait ne va pas impacter les autres, est en R+5.



Figure 40 : Vues aériennes du projet

Source : Google Maps

D'autre part, les ouvertures et les balcons se trouvent sur la façade SSE, tandis que la façade NNO est réservée aux coursives de circulation, les appartements sont donc traversants.

En tenant compte de cette orientation ENE-OSO, les barres ont été implantées avec soins, de façon à ce que les ombres de 12h n'aient aucun effet sur les barres voisines, même en hiver, puisque l'axe Sud constitue la limite entre les barres, comme nous pouvons le voir dans la figure 41 ci-dessous, représentant la simulation des ombres portées de ce projet.

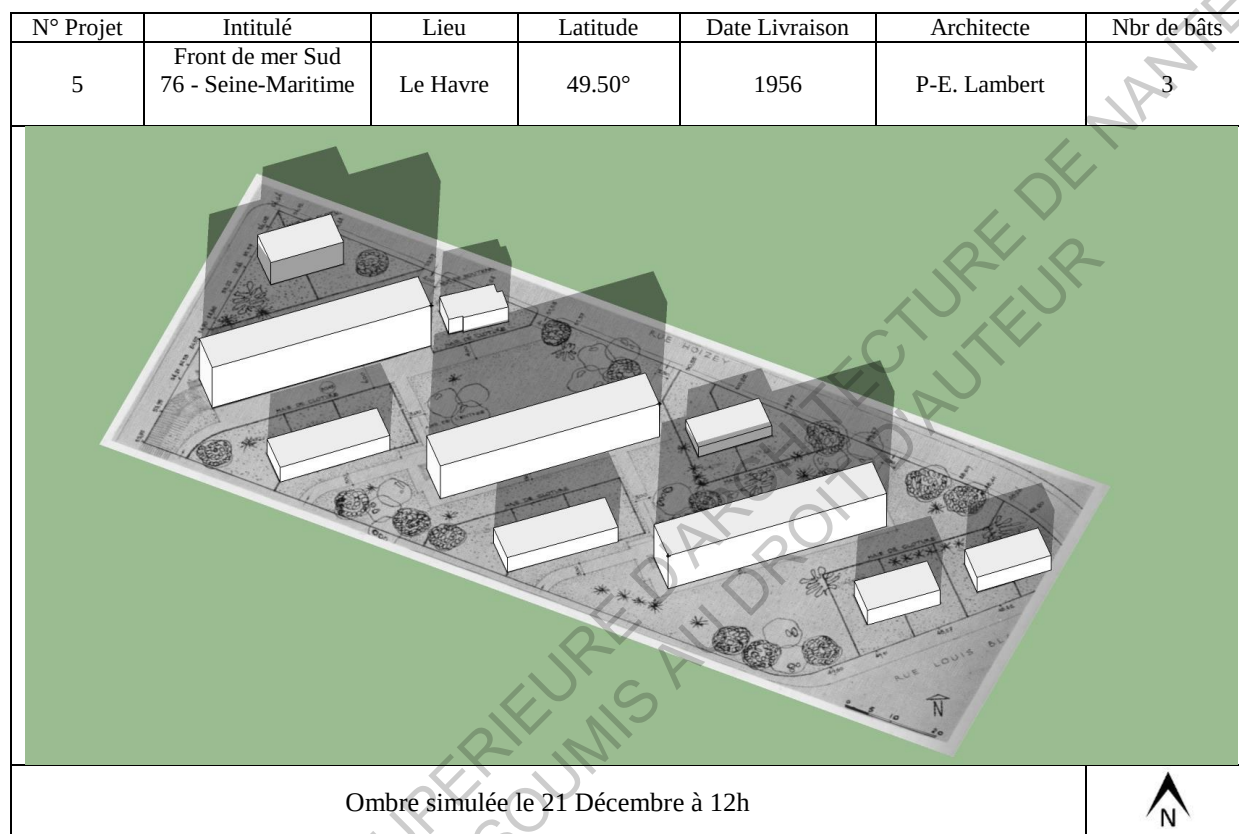


Figure 41 : Simulation des ombres portées du projet

La figure 42 ci-dessous montre les simulations des durées d’ombrage cumulé de ce projet.

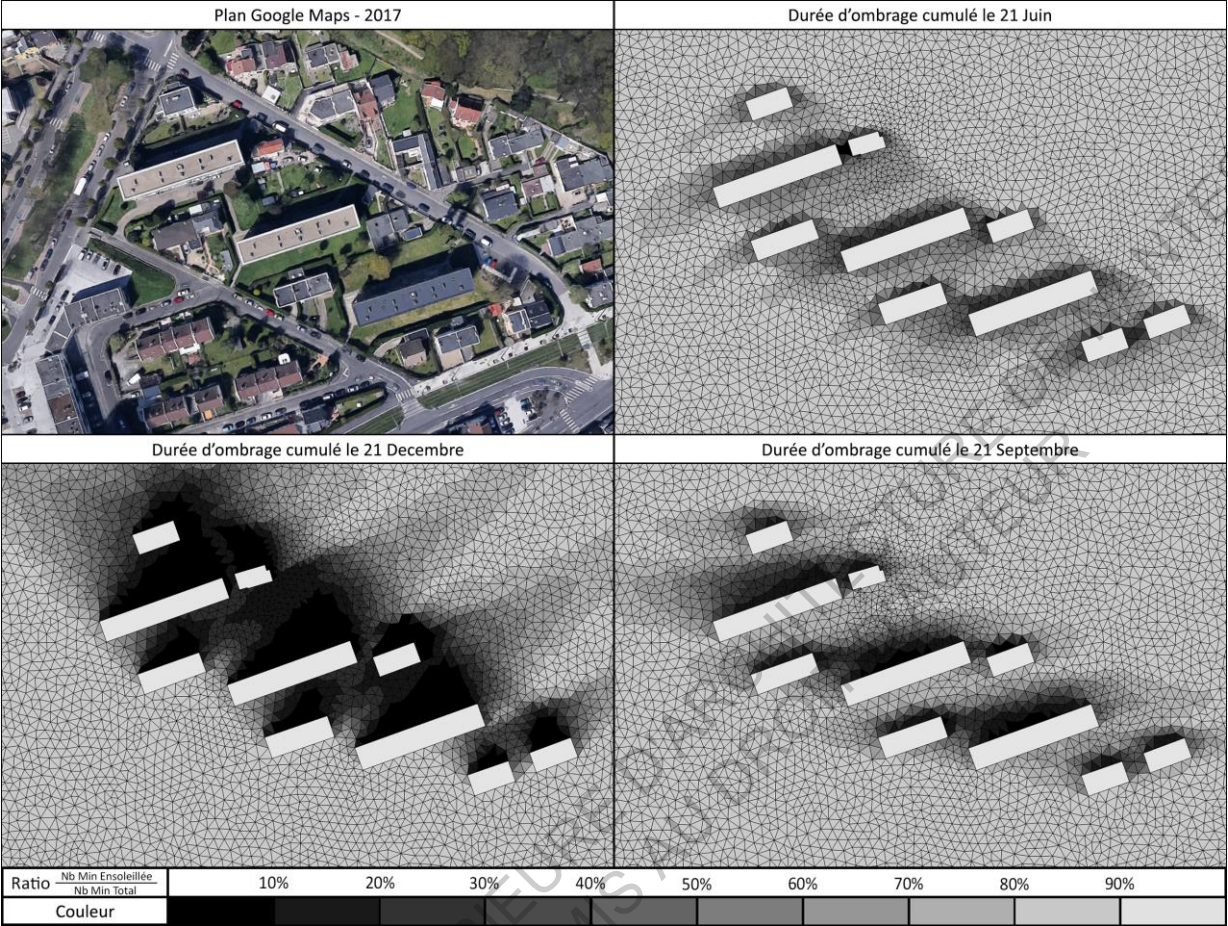


Figure 42 : Simulations des durées d’ombrage cumulé du projet

Concernant ce projet, et comme nous pouvons le voir sur les simulations, les tâches d’ombre en Juin et en Mars/Septembre n’impactent pas le bâti et n’impactent que très peu l’espace public, puisque le ratio des zones d’ombre se situent généralement entre 50% et 100%, hormis à forte proximité des barres où il se situe entre 0% et 20%. Par contre, en Décembre, nous constatons que les tâches d’ombre impactent de façon nette l’espace public, les espaces intérieurs (jardins, plantations) étant complètement noyés par les ombres en hiver, puisque la quasi-totalité des zones de ces espaces ont un ratio qui se situe entre 0% et 10%, et voient donc le soleil au maximum 10% du temps de la journée.

4.3. Projet Saint-Denis - Paris (1957)

N °	Intitulé	Lieu	Latitude °	Conception	Livraison	Architecte	Protection	Nbr de Logements	Nbr de Bâts
27	Saint-Denis 93 - Seine-Saint-Denis	Paris	48,85		1957	F. Ottin		600	11

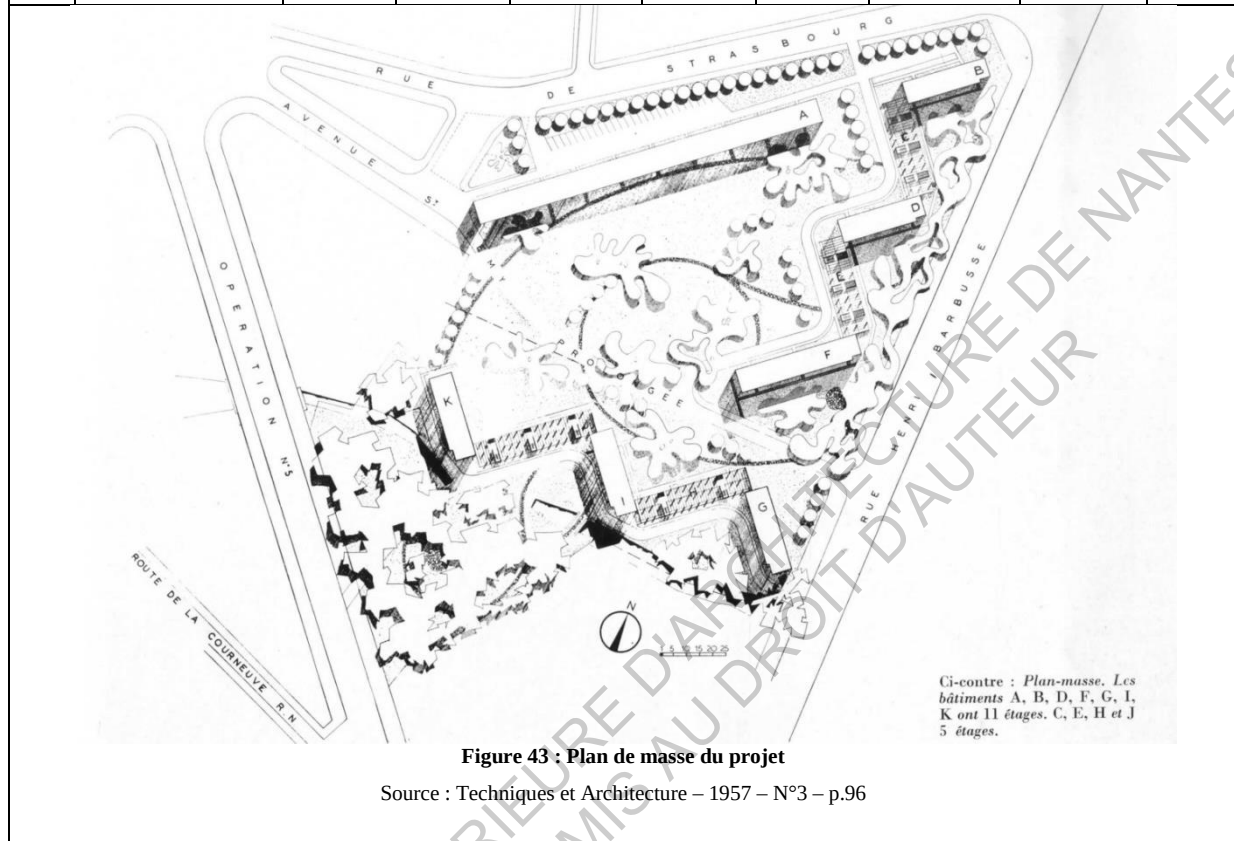


Figure 43 : Plan de masse du projet

Source : Techniques et Architecture – 1957 – N°3 – p.96

Nous pensons que l'ensoleillement n'a pas constitué une préoccupation dans le cadre de ce projet, au profit d'une certaine composition urbaine, et ce pour plusieurs raisons :

- La première raison et certainement la plus significative, est que les ombres portées tracées sur ce plan de masse sont complètement fausses. Elles ont été tracées comme si le soleil était au Nord, en suivant une convention académique.
- La deuxième raison est l'orientation de ce projet, comprenant en réalité des barres implantées suivant 2 orientations, proches du NE/SO et du NO/SE sans être précisément le cas, ces 2 orientations suivent les axes $+49^\circ$ et $+139^\circ$.

Pour pouvoir déterminer les raisons de ces orientations, nous nous sommes reportés au discours de l'architecte sur le texte accompagnant le projet dans la revue Techniques et Architecture en 1957, ainsi nous pouvons lire : « ...Le plan de masse fait apparaître un ensemble de 5 bâtiments de 4 et 10 étages implantés en bordure des voies

existantes et délimitant un espace intérieur qui sera réservé pour les terrains de jeux et comportera des pelouses, des plantations ».

On constate donc que le facteur influençant l'implantation des bâtiments dans ce projet est l'alignement aux voies existantes et non l'ensoleillement, ce dernier n'étant pas cité dans le texte.

- Pour finir, 7 des 11 barres du projet sont en R+11 et les 4 restantes sont en R+5, le calcul de la longueur des ombres à 12h montre qu'elles atteindront 105m en hiver derrière les R+11, et le tracé de ces ombres montre clairement l'impact qu'elles auront sur le bâti d'une part, (les bâtiments C et E seront complètement noyés par les ombres) et d'autre part sur l'espace public, l'espace central étant largement affecté par les ombres en hiver, comme nous pouvons le voir dans la figure 44 ci-dessous.

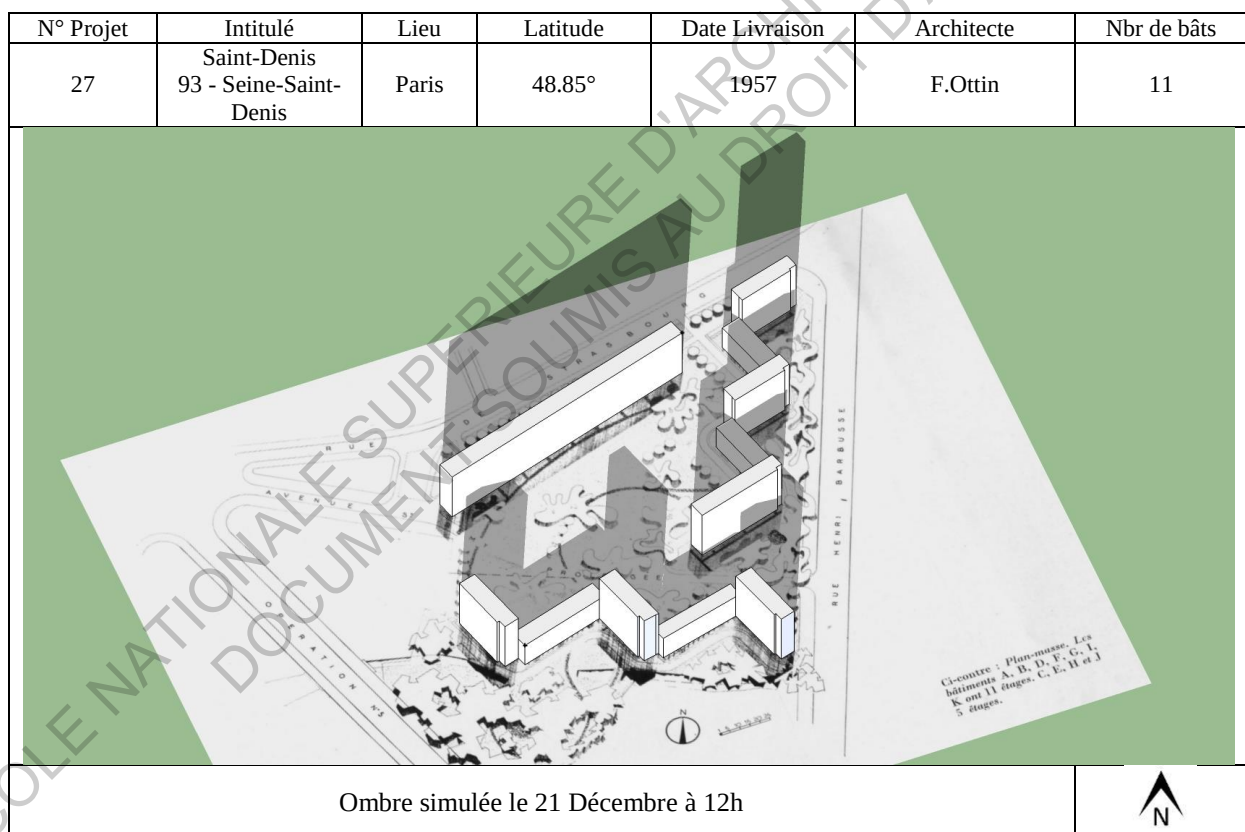


Figure 44 : Simulation des ombres portées du projet

La figure 45 ci-dessous montre les simulations des durées d'ombrage cumulé de ce projet.

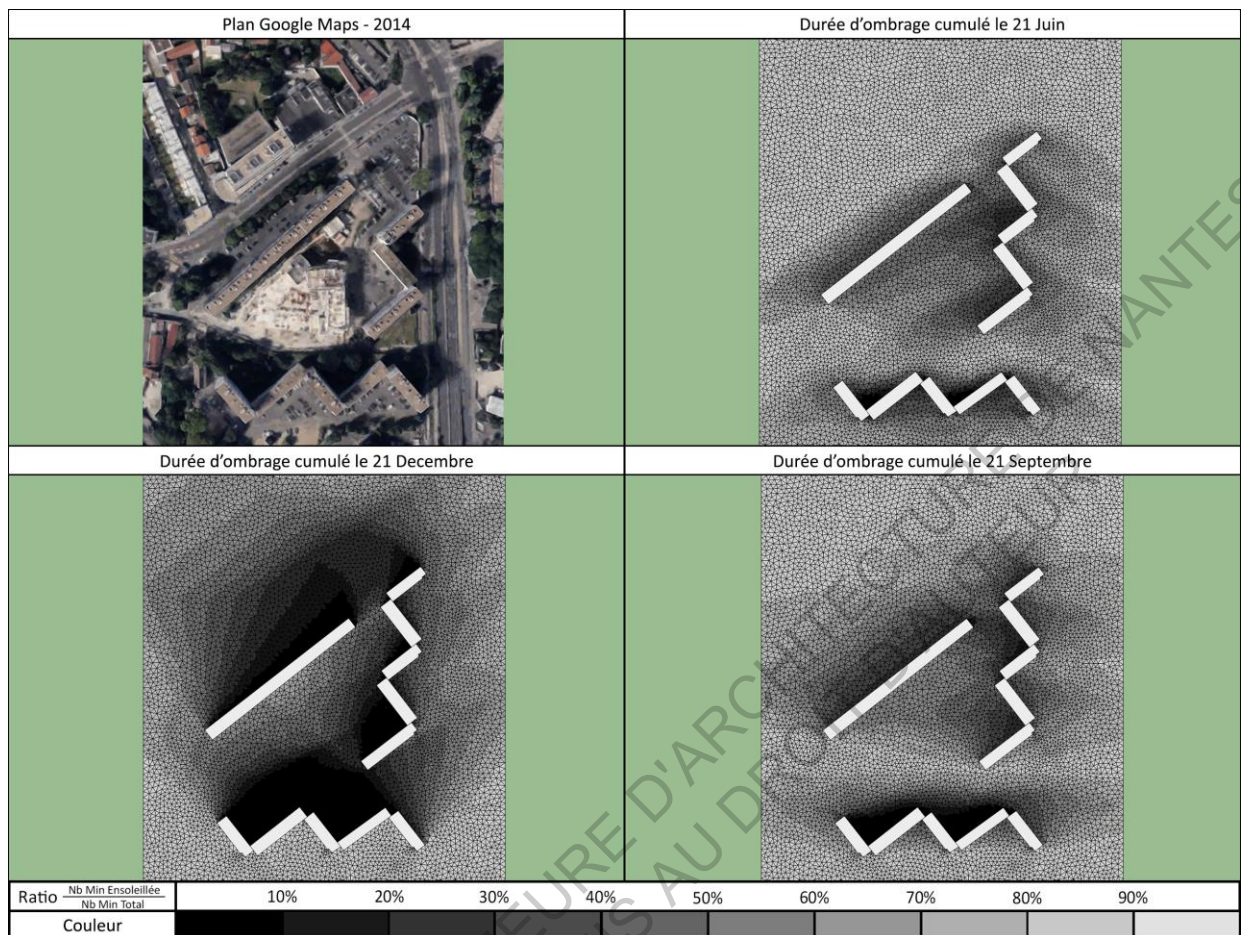


Figure 45 : Simulations des durées d'ombrage cumulé du projet

Concernant l'ensoleillement de ce projet, nous constatons sur les simulations que les tâches d'ombre commencent à poser problème en Mars/Septembre, et notamment derrière les bâtiments situés au Sud, où les zones d'ombres ont un ratio qui se situe entre 0% et 20%. Ces zones sont donc ensoleillées au maximum 20% du temps de la journée.

En Décembre, les tâches d'ombres s'accroissent au point d'impacter significativement l'espace intérieur boisé. De plus, la barre en R+11 au Nord du projet produit de larges tâches d'ombres qui impactent largement l'espace public à tel point que la voie au Nord se retrouve complètement à l'ombre en hiver.

4.4. Projet Fernand Pouillon - Aix-en-provence (1953)

N °	Intitulé	Lieu	Latitude °	Conception	Livraison	Architecte	Protection	Nbr de Logements	Nbr de Bâts
38	Résidence Fernand Pouillon 13 - Bouches-du-Rhône	Aix-en-Provence	43,50	1951	1953	F. Pouillon	Label Patrimoine du XXème siècle	200	9

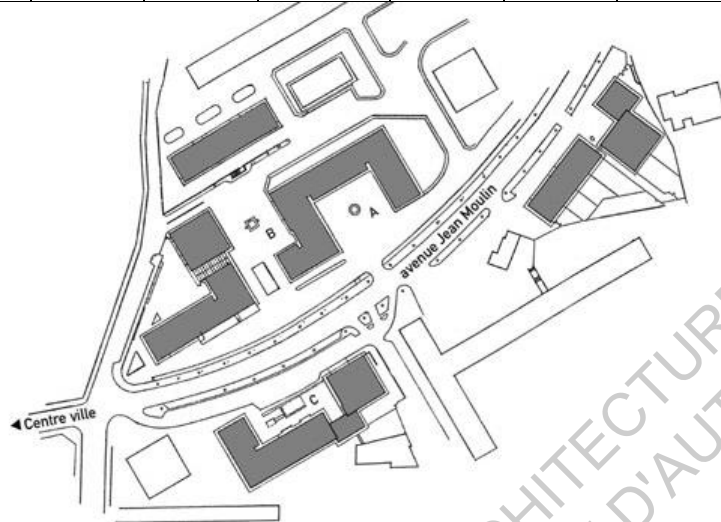


Figure 46 : Plan de masse du projet

Source : <http://www.culturecommunication.gouv.fr/>

On remarque beaucoup de différences entre les bâtiments qui composent ce projet.

En effet, Fernand Pouillon attribue à 3 bâtiments sur 9 une orientation différente des 6 autres bâtiments, ayant tous la même orientation, certainement pour garder un alignement à la route courbée.

De plus, les hauteurs ne sont pas non plus communes à tous les bâtiments, ainsi, 5 d'entre eux sont en R+3, 2 sont en R+2, un en R+1 et un autre en R+5.

Enfin, les 9 différents bâtiments disposés de part et d'autre de la route des Alpes ne disposent pas non plus de la même taille, forme, ou encore surface.

Cette conception se démarque donc clairement de la « conception classique des grands ensembles », c'est-à-dire même orientation pour tous les bâtiments, et au maximum 2 ou 3 bâtiments « types » dont la hauteur et la surface sont les mêmes et qui vont être dupliqués pour constituer le projet.

De plus, on remarque que la conception intérieure des logements ne s'est pas faite en fonction du facteur ensoleillement, puisque les différentes pièces de vie ont une exposition différente dans chaque bâtiment.

Au niveau ensoleillement, on retrouve tout de même un % de masque assez élevé sur certaines façades, comme nous pouvons le voir sur la figure 47 ci-dessous :

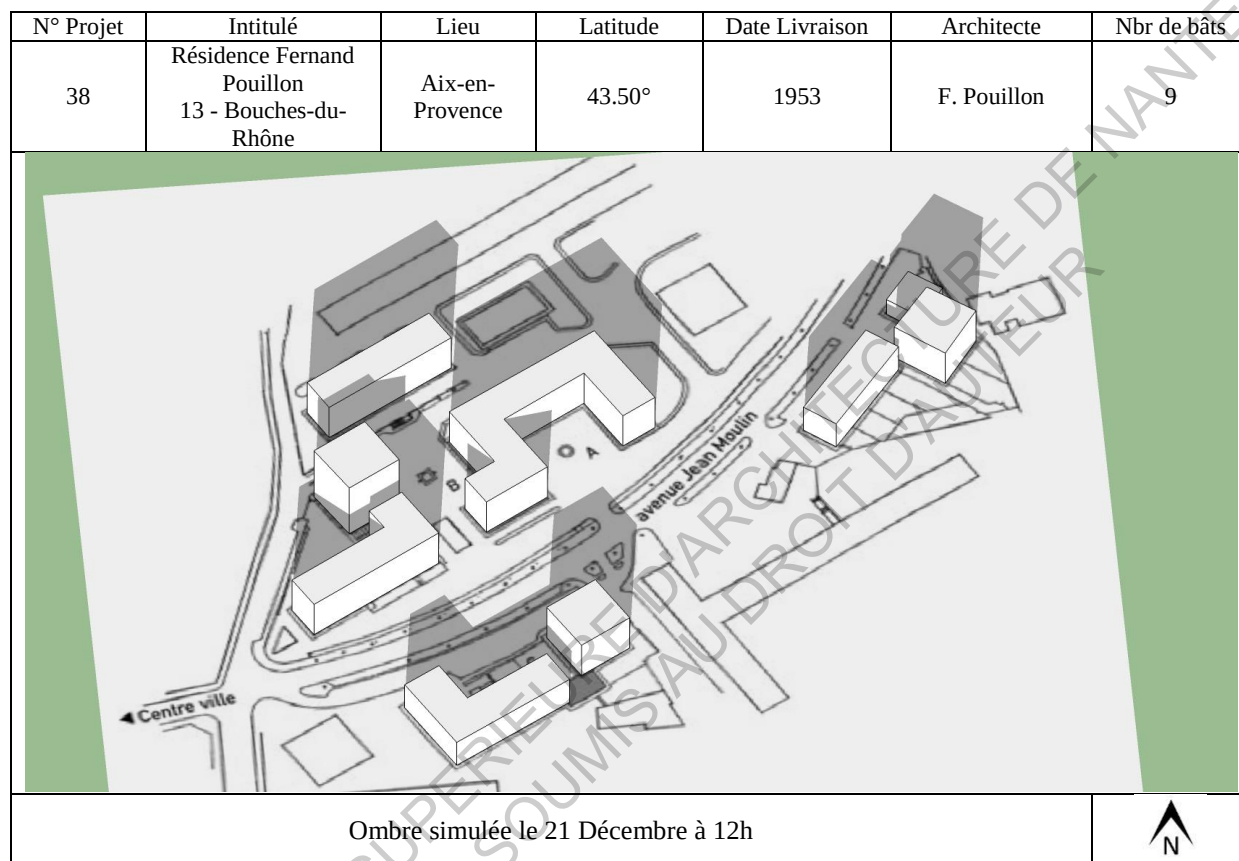


Figure 47 : Simulation des ombres portées du projet

La figure 48 ci-dessous montre les simulations des durées d'ombrage cumulé de ce projet.

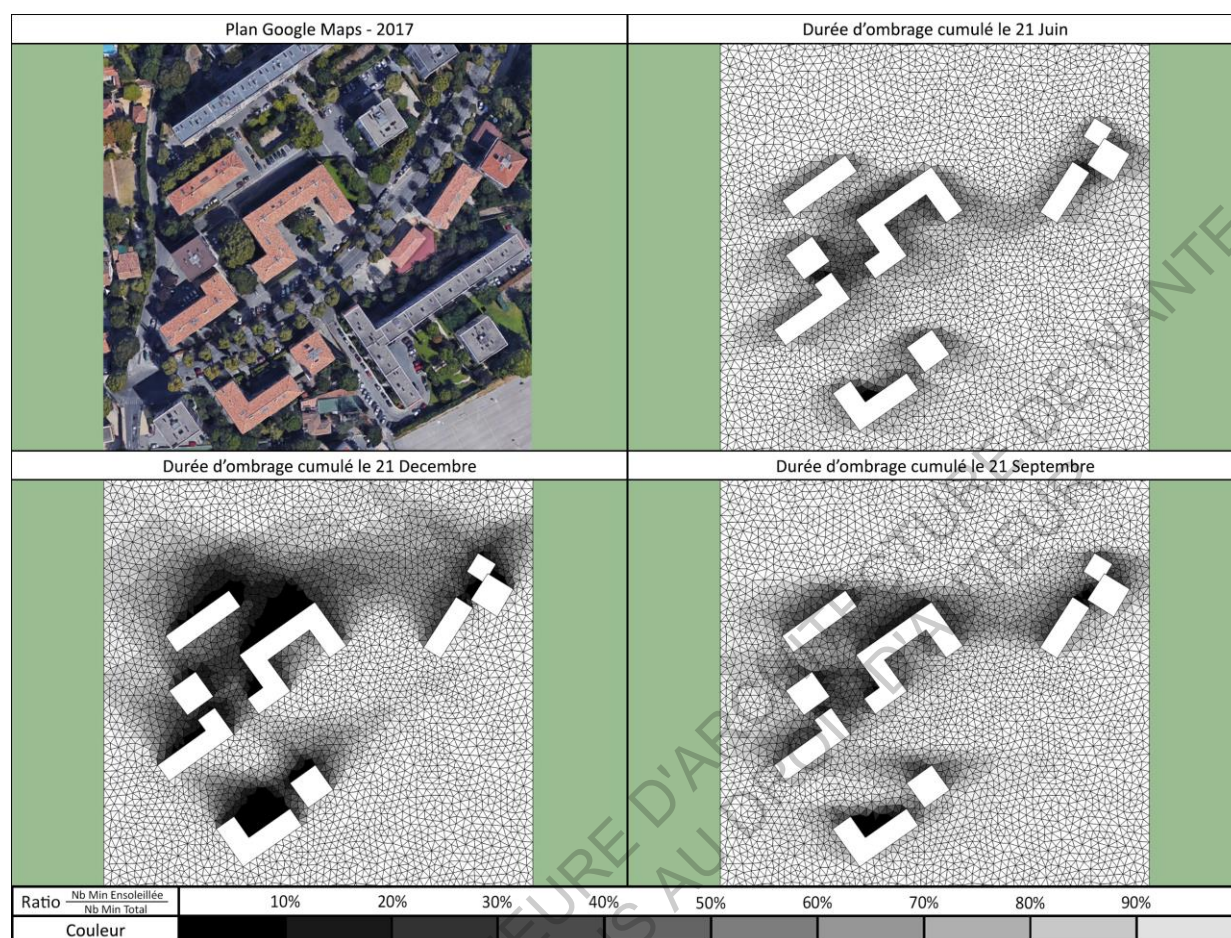


Figure 48 : Simulations des durées d'ombrage cumulé du projet

Concernant ce projet de Fernand Pouillon, les simulations montrent que les tâches d'ombres n'ont qu'un léger impact sur l'espace public en été et en mi-saison, mais également en hiver, hormis quelques tâches produites par le bâtiment en « L » tout au Sud du projet, (impactant l'espace intérieur sans impacter la voie de circulation) et les 2 bâtiments tout au Nord du projet, impactant la voie de circulation et les parkings.

4.5. Projet HLM au quai des belges - Strasbourg (1953)

N °	Intitulé	Lieu	Latitude °	Conception	Livraison	Architecte	Protection	Nbr de Logements	Nbr de Bâts
39	Groupe d'immeubles HLM au quai des Belges 67 - Bas-Rhin	Strasbourg	48,50	1951	1953	G. Stoskopf		256	9

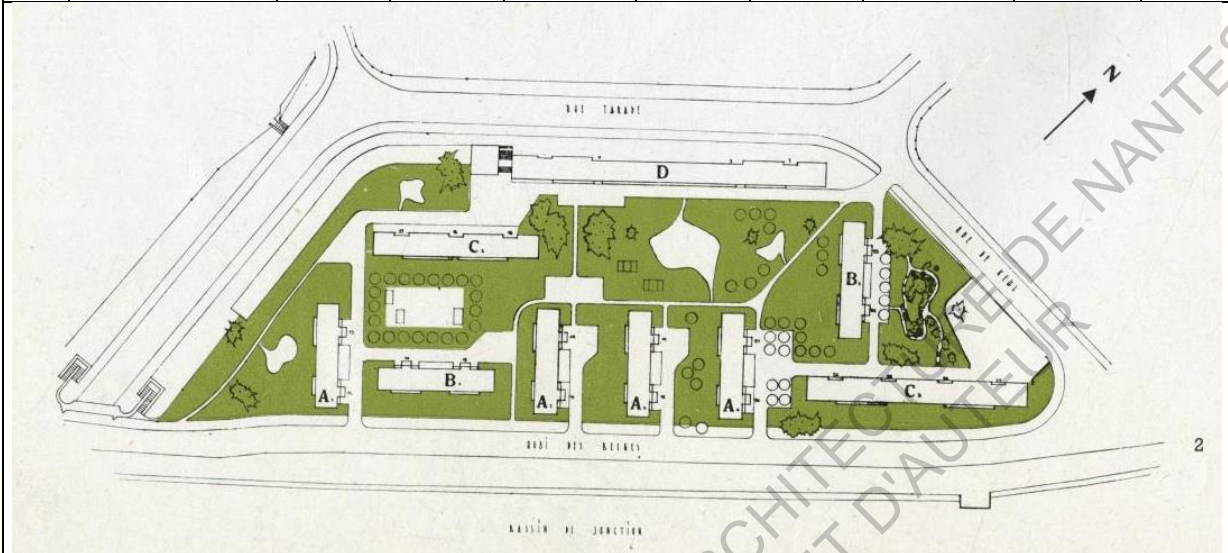


Figure 49 : Plan de masse du projet

Source : Techniques et Architecture – 1954 – N°7/8 – p.54

Dans ce projet conçu par Gustave Stoskopf, 9 barres de 4 types différents sont implantées de part et d'autres de la parcelle suivant la même orientation.

Les barres de type A et B sont en R+3.

Les barres de type C sont en R+5 et en R+6.

Tandis que la barre de type D est en R+8, puisque c'est celle qui est implantée le plus au Nord et que par conséquent, elle n'aura pas d'effets de masque pouvant gêner l'ensoleillement des autres barres.

D'une manière générale nous pouvons dire que l'ensoleillement a été pris en compte dans ce projet et nous remarquons que les effets de masque sont rares et très faibles. Nous notons tous de même, comme nous pouvons le voir sur la figure 50 ci-dessous, que les ombres engendrées par la barre D à cette date recouvrent complètement la voie de circulation située au Nord de cette barre.

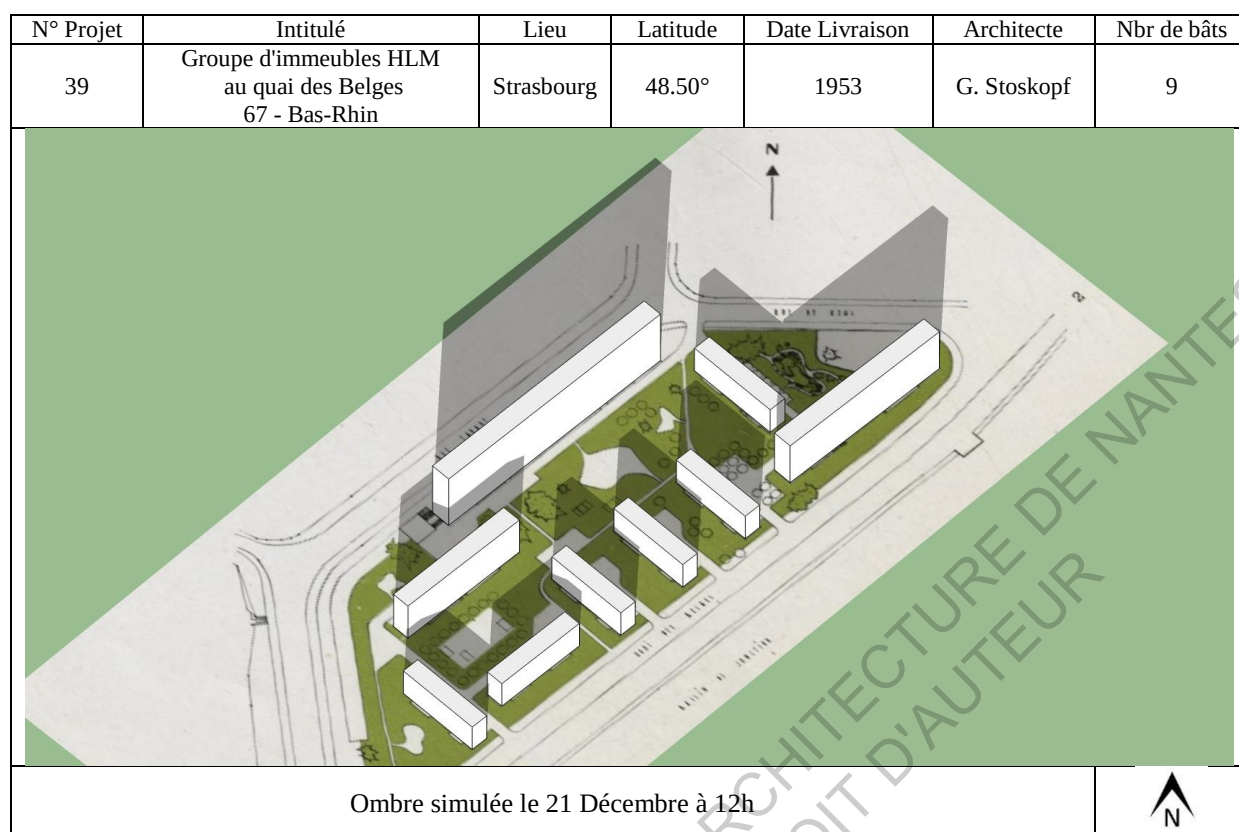


Figure 50 : Simulation des ombres portées du projet

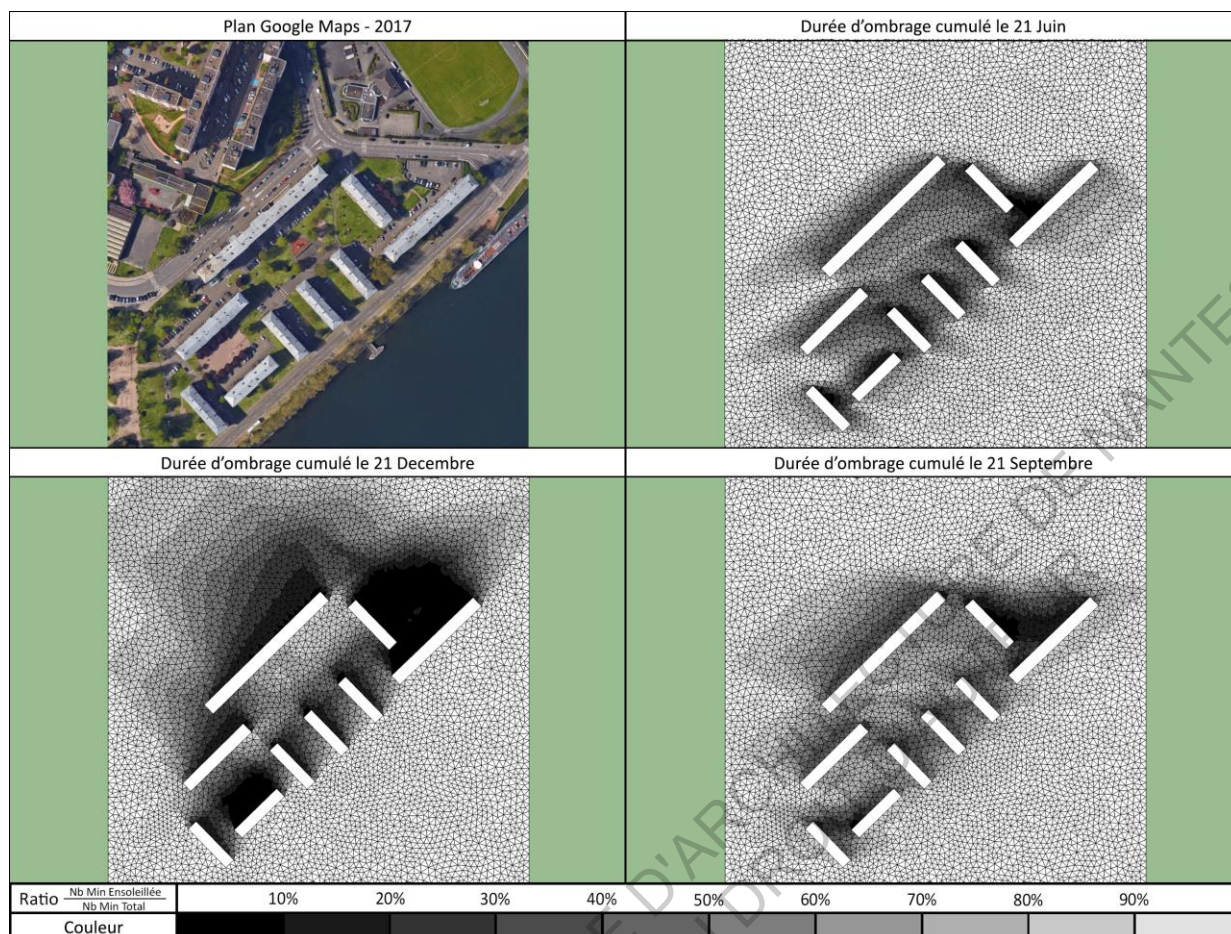


Figure 51 : Simulations des durées d'ombrage cumulé du projet

Concernant ce projet, les simulations des durées d'ombrage cumulé de la figure 51 ci-dessus montrent un faible impact des tâches d'ombre sur l'espace public, hormis celles produites par les 2 bâtiments perpendiculaires au Nord/Est du projet, dont l'impact est particulièrement grand en hiver, en plus de celles produites par la barre située au Nord/Ouest du projet, qui a un impact sur l'espace public et plus particulièrement sur la voie de circulation qui lui est parallèle.

4.6. Projet des bleuets - Créteil (1962)

N °	Intitulé	Lieu	Latitude °	Conception	Livraison	Architecte	Protection	Nbr de Logements	Nbr de Bâts
44	Cité des Bleuets 94 - Val-de-Marne	Créteil	48,80	1959	1962	P. Bossard	Label Patrimoine du XXème siècle	560	10

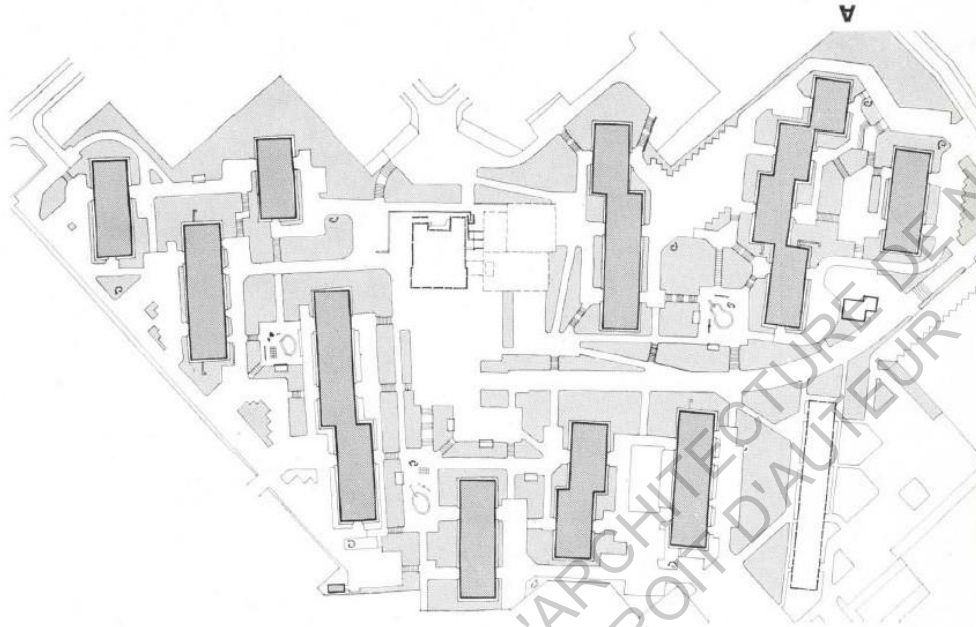


Figure 52 : Plan de masse du projet

Source : Architecture d' Aujourd' hui- 1962 – N°104 – p.40

Dans ce projet conçu par Paul Bossard, les 10 bâtiments qui composent le projet ont la même hauteur, R+5, et sont tous sensiblement orientés Nord/Sud, et donc exposés Est/Ouest, mais ont une forme différente. En effet, 6 des 10 bâtiments sont des barres, et les 4 autres sont des formes complexes, composées de 2 barres ou plus décalées les unes par rapport aux autres.

D'une manière générale, lorsqu'on étudie l'ensoleillement de ce projet, et notamment à travers la simulation des ombres portées et des durées d'ombrage cumulé, on constate que le facteur ensoleillement a constitué une réelle préoccupation, puisque l'orientation des différents bâtiments, leur faible hauteur (R+5) ainsi que leur espacement les uns par rapport aux autres font que les effets de masque sont très faibles voire inexistants, et que l'espace public est également très faiblement impacté, même en hiver, comme nous pouvons le constater sur les figures 53 et 54 ci-dessous.

D'ailleurs, dans le texte accompagnant le projet dans la revue Techniques et Architecture en 1962, nous pouvons lire : « *Les éléments naturels ont influencé la recherche du parti : **le soleil**, le sol, les besoins des vies intérieures et extérieures des hommes. Les bâtiments sont orientés Est-Ouest pour offrir le meilleur ensoleillement aux logements* ».

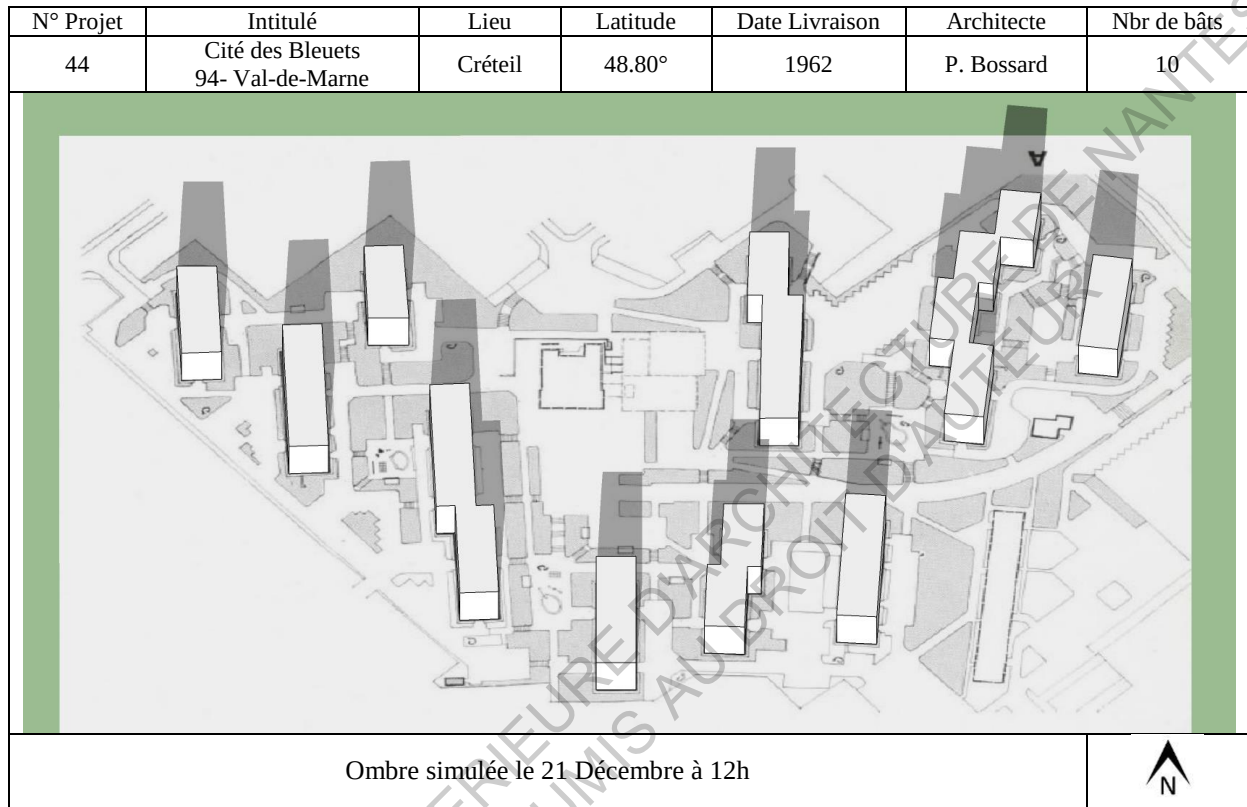


Figure 53 : Simulation des ombres portées du projet

La figure 54 ci-dessous montre les simulations des durées d'ombrage cumulé de ce projet.

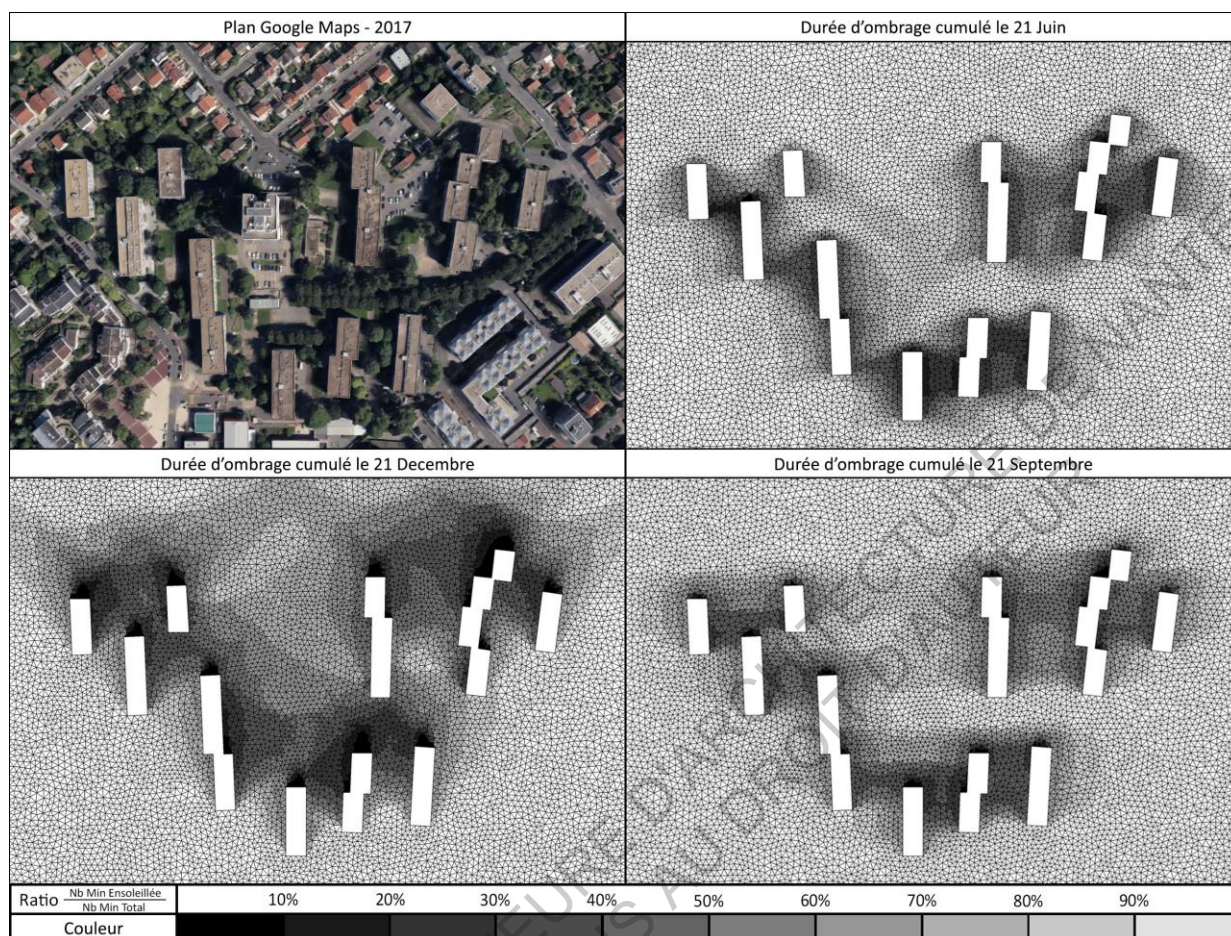


Figure 54 : Simulations des durées d'ombrage cumulé du projet

En ce qui concerne l'ensoleillement de ce projet, nous constatons sur les simulations que l'espace public est d'une manière générale assez faiblement impacté par les tâches d'ombres. En effet, même en hiver, le ratio des zones d'ombres se situe principalement entre 30% et 100%, et ne passe sous la barre des 30% qu'à forte proximité des bâtiments, ce qui veut donc dire que l'espace public reste ensoleillé au minimum 30% du temps de la journée.

4.7. Projet la citadelle – Bagnols-sur-Cèze (1958)

N °	Intitulé	Lieu	Latitude °	Conception	Livraison	Architecte	Protection	Nbr de Logements	Nbr de Bâts
77	La citadelle 30 - Gard	Bagnols-sur-Cèze	44,16	1956	1958	G. Candilis		370	21

1. Vue d'ensemble, au fond l'école, Charles Delfante, architecte. 2. Vue aérienne du chantier en voie d'achèvement. 3. Facade Sud du bâtiment A. 4. Vue d'ensemble du bloc B.

La polychromie appliquée sur l'ensemble de la composition est obtenue par la variété de teintes des éléments de façade, par des tâches de couleur sur les murs pignons et la composition colorée des espaces libres intérieurs, composés de parties de pelouses vertes, de surfaces gravillonnées et de la terre rouge apportée sur place.

Plan d'ensemble.

B

Plan d'étage courant des blocs A et B.

Figure 55 : Plan de masse du projet

Source : Architecture d'Aujourd'hui- 1957 - N°74 - p.31

Dans cet ensemble de logements conçu par Georges Candilis, les 21 bâtiments qui constituent le projet sont tous des barres accrochées les unes sur les autres, dont la surface varie de 170 m² à 405m², et dont l'orientation varie. En effet, 19 bâtiments sur 21 sont orientés suivant l'axe NNE/SSO, plus précisément à +24°, les 2 autres bâtiments, implantés au SSO du projet, sont orientés de façon perpendiculaire à cet axe, et donc suivant l'axe ESE/ONO, plus précisément à +114°.

Dans le texte accompagnant le projet dans la revue Architecture d'Aujourd'hui en 1957, nous pouvons lire : « *L'ensemble de la Citadelle comprend en totalité 370 logements, tous traversants et dotés d'une double orientation Est-Ouest ou Nord-Sud. Les ouvertures sont composées d'éléments verticaux et horizontaux, permettant l'ensoleillement complet en éliminant au maximum les contrastes excessifs d'ombre et de lumière* », ce qui veut dire que l'architecte considère que les orientations NNE/SSO et ESE/ONO sont des orientations Nord/Sud et Est/Ouest, malgré le fait que l'écart entre ces axes est de 24°.

Les ombres dans ce projet impactent peu le bâti, puisque les effets de masque sont très faibles, et ne sont causés que par le bâtiment le plus au Sud orienté perpendiculairement à l'axe NNE/SSO, et l'ensemble de 4 bâtiments se trouvant au Nord/Est du projet.

Comme nous pouvons le constater sur la figure 56 ci-dessous, représentant la simulation des ombres portées de ce projet.

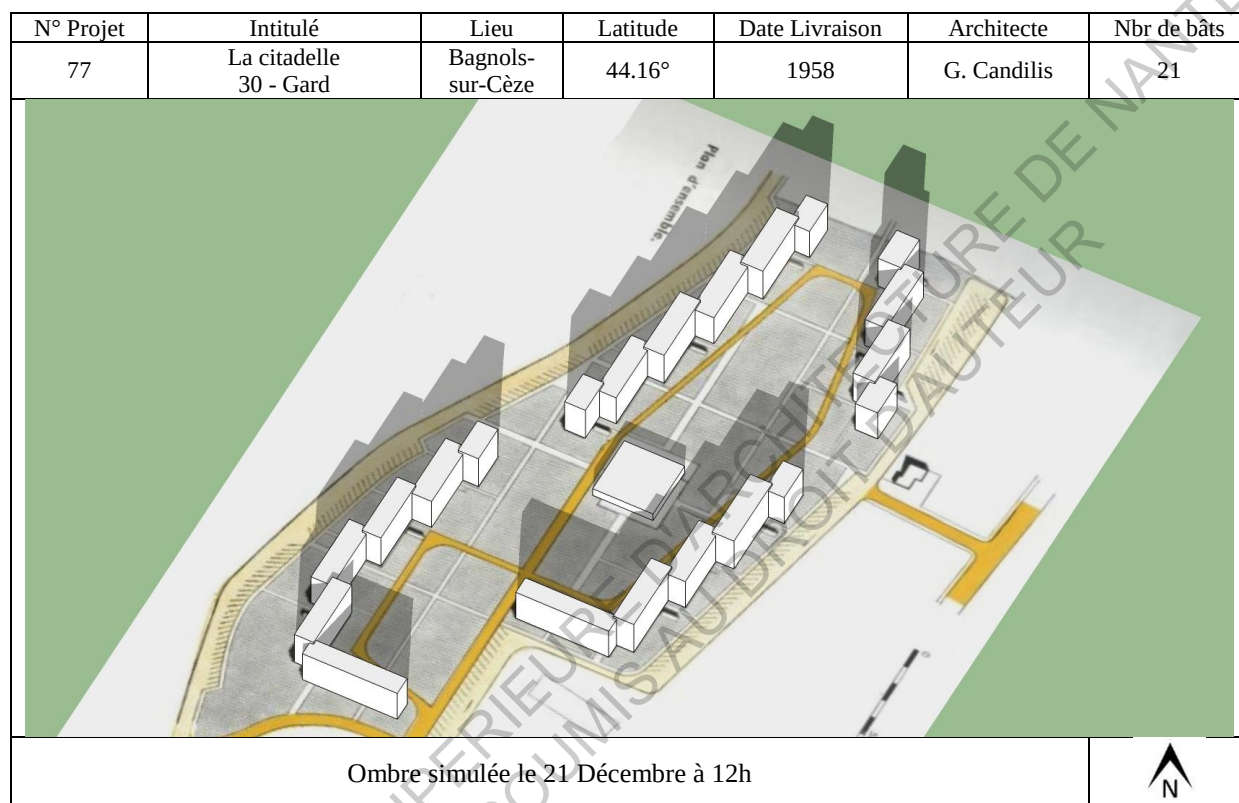


Figure 56 : Simulation des ombres portées de ce projet

La figure 57 ci-dessous montre les simulations des durées d'ombrage cumulé de ce projet.

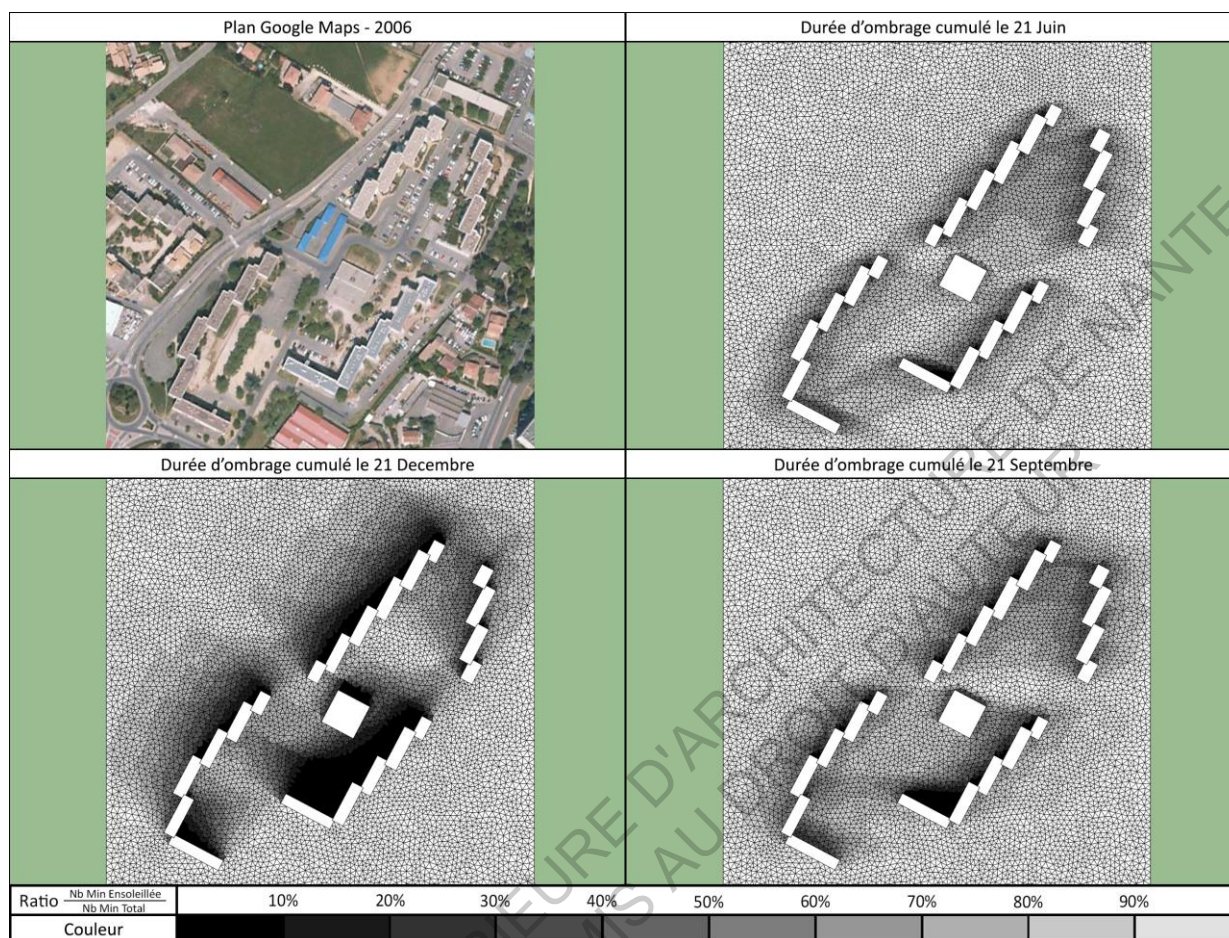


Figure 57 : Simulations des durées d'ombrage cumulé du projet

Nous remarquons sur les simulations que les tâches d'ombres n'ont presque aucun impact sur l'espace public en été, puisque le ratio de toutes les zones d'ombres se situe entre 60% et 100%, hormis celles se trouvant à forte proximité des barres situées au Sud/Est du projet.

En mi-saison, ce ratio ne diminue que très peu puisqu'il se situe entre 40% et 100%, hormis pour les zones se trouvant à forte proximité des barres, et plus précisément de celles se trouvant au Sud/Est du projet, dont le ratio diminue significativement.

Enfin, en hiver, le ratio de toutes les zones d'ombre diminue fortement, puisqu'on voit apparaître plusieurs zones dont le ratio se situe entre 0% et 20%, et principalement les mêmes zones se trouvant derrière les barres situées au Sud/Est du projet, ce qui, comme nous pouvons le voir sur les simulations, impacte l'espace public constitué de parking et de plantations.

4.8. Projet le château de Louveciennes – Louveciennes (1961)

N °	Intitulé	Lieu	Latitude °	Conception	Livraison	Architecte	Protection	Nbr de Logements	Nbr de Bâts
84	Résidence le Château de Louveciennes 78 - Yvelines	Louveciennes	48,85	1957	1961	P. Herbé	Label Patrimoine du XXème siècle	260	16



Figure 58 : Plan de masse du projet

Source : Architecture d'Aujourd'hui- 1961 – N°97 – p.46

Cet ensemble de logements comprend 260 logements, repartis en 16 bâtiments en R+3 ou en R+4, la forme de ces bâtiments est en « H » comme nous pouvons le voir sur le plan de masse, mais lors de notre étude, nous avons considéré que ces bâtiments étaient du type « Plots », nous avons donc considéré que les 5 façades du « H » n'en représentaient qu'une seule, et ce pour plusieurs raisons :

- La forme en « H » de ces bâtiments n'est pas assez prononcée, puisque la dimension des bras du « H » est négligeable.
- Toutes les « petites » façades correspondant aux bras intérieurs du « H » sont aveugles.

Dans ce projet, plusieurs contradictions sont à noter :

- Sur les 16 bâtiments construits, les 11 implantés à l'Est ont une orientation différente des 5 implantés à l'Ouest.
- Les plots sont orientés de façon à faire bénéficier 2 façades d'une exposition Sud. De plus, la simulation des ombres portées sur SketchUp montre que les effets de masque sur le bâti mais également sur l'espace public sont très faibles, ces effets de masque n'impactent donc pas la qualité de l'ensoleillement des autres plots, même en hiver.
- Paradoxalement, les pièces à l'intérieur des plots n'ont pas toujours la même orientation, puisque l'élément qui a déterminé l'implantation des plots dans ce projet est l'accessibilité et non l'ensoleillement, ce qui remet en cause notre première conviction de prise en compte de l'ensoleillement.
- De plus, les logements construits ne correspondent pas aux plans publiés dans les revues *Architecture d'Aujourd'hui* et *Techniques et Architecture* en 1961.

La figure 59 ci-dessous représente la simulation des ombres portées du projet.

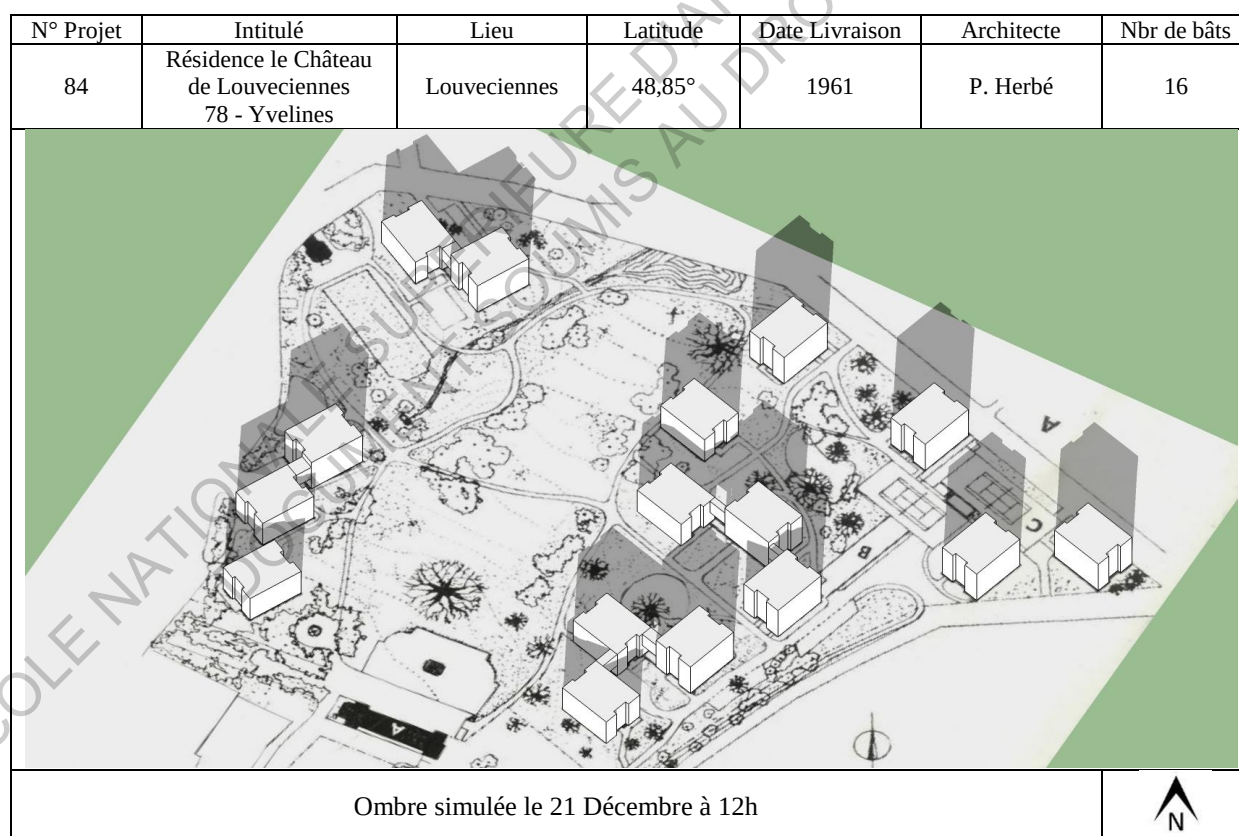


Figure 59 : Simulation des ombres portées du projet

La figure 60 ci-dessous montre les simulations des durées d'ombrage cumulé du projet.

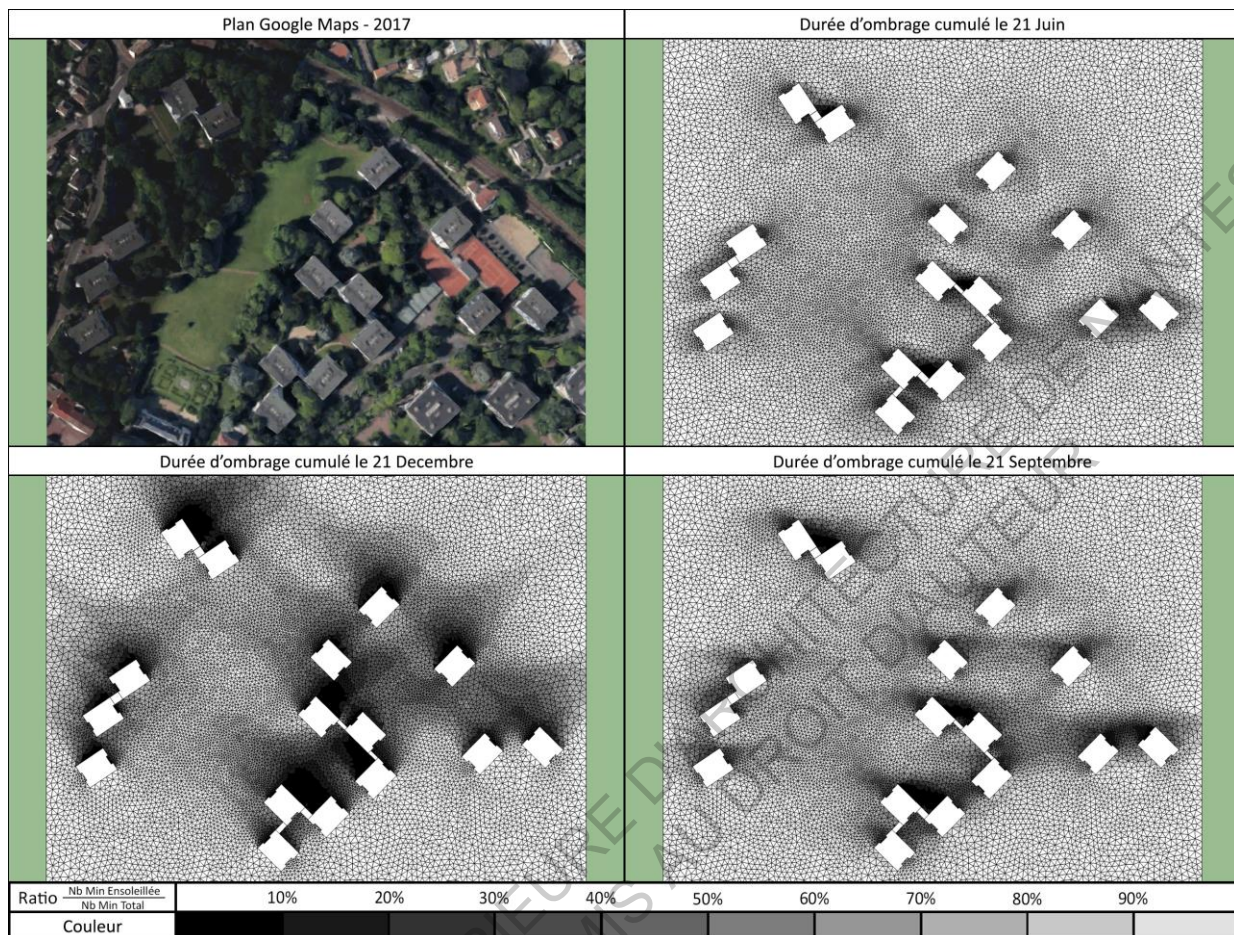


Figure 60 : Simulations des durées d'ombrage cumulé du projet

En ce qui concerne ce projet, les simulations montrent un impact très faible sur l'espace public en été, puisque la quasi-totalité des zones d'ombres ont un ratio se situant entre 70% et 100%, hormis celles se trouvant à forte proximité des bâtiments, dont le ratio se situe entre 0% et 20%.

En mi-saison, ces résultats restent les mêmes, à la seule différence que les zones d'ombres se trouvant à proximité des bâtiments dont le ratio se situe entre 0% et 20% progressent un peu plus dans l'espace sans pour autant impacter de façon nette l'espace public.

En hiver par contre, le ratio de toutes les zones d'ombre diminue légèrement, puisqu'il se situe désormais entre 40% et 100%, et les zones d'ombres se trouvant à proximité des bâtiments dont le ratio se situe entre 0% et 20% continuent de progresser dans l'espace au point de commencer à impacter l'espace public, et plus particulièrement les plantations situées entre les bâtiments. L'espace public central reste malgré tout assez largement ensoleillé.

4.9. Projet de la chancellerie – Bourges (1960)

N °	Intitulé	Lieu	Latitude °	Conception	Livraison	Architecte	Protection	Nbr de Logements	Nbr de Bâts
114	Quartier de la Chancellerie 18 - Cher	Bourges	47,00	1946	1960	M. Andrault & P. Parat		231	5

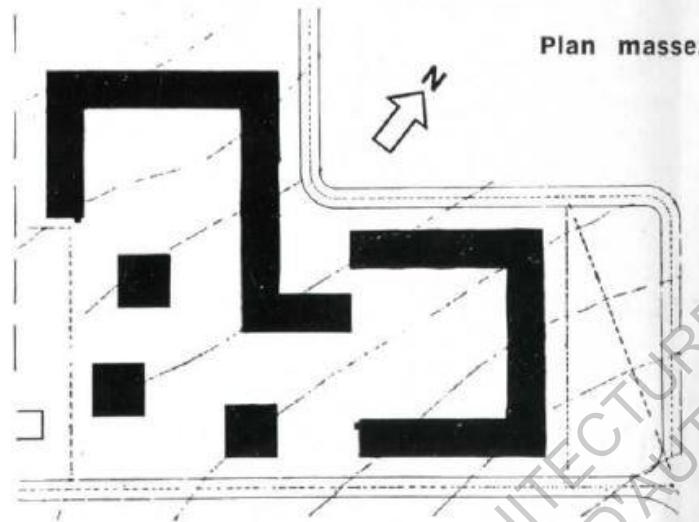


Figure 61 : Plan de masse du projet

Source : Architecture d'Aujourd'hui – 1965 – N°120 – p.18

Cet ensemble de logements, implanté à Bourges, conçu par Michel Andrault et Pierre Parat, et offrant 231 logements, comprend 5 bâtiments, dont les formes et les hauteurs varient.

En effet, 3 bâtiments sur 5 sont des « Plots », de même superficie et de même hauteur, R+2. Et les 2 bâtiments restants sont en R+4, mais varient sensiblement au niveau de la forme, l'un est de type « U », tandis que l'autre contient un bras de plus que le premier.

Concernant l'orientation, elle est commune à tous les bâtiments du projet, puisque les bâtiments sont implantés sensiblement selon les axes NE/SO et NO/SE, mais plus précisément les axes $+52^{\circ}/+142^{\circ}$ et $+232^{\circ}/+322^{\circ}$.

Concernant l'ensoleillement, les bâtiments bas (les plots) ont été implantés au Sud du projet, pour éviter d'impacter les bâtiments derrière, plus au Nord, dont la hauteur peut augmenter.

D'ailleurs, le tracé des ombres le 21 Décembre à 12h montre que les effets de masque des 3 « plots » n'impacteront aucunement les 2 bâtiments en « U » derrière. Cependant, quelques effets de masque gênants sont tout de même présents, et sont principalement causés par la forme en « U » des 2 bâtiments implantés au Nord du projet.

Ainsi, les effets de masque existants qui impactent un bâtiment sont causés par les bras de ce même bâtiment, du fait de sa forme en « U ». Comme nous pouvons le voir sur la figure 62 ci-dessous représentant la simulation des ombres portées de ce projet.

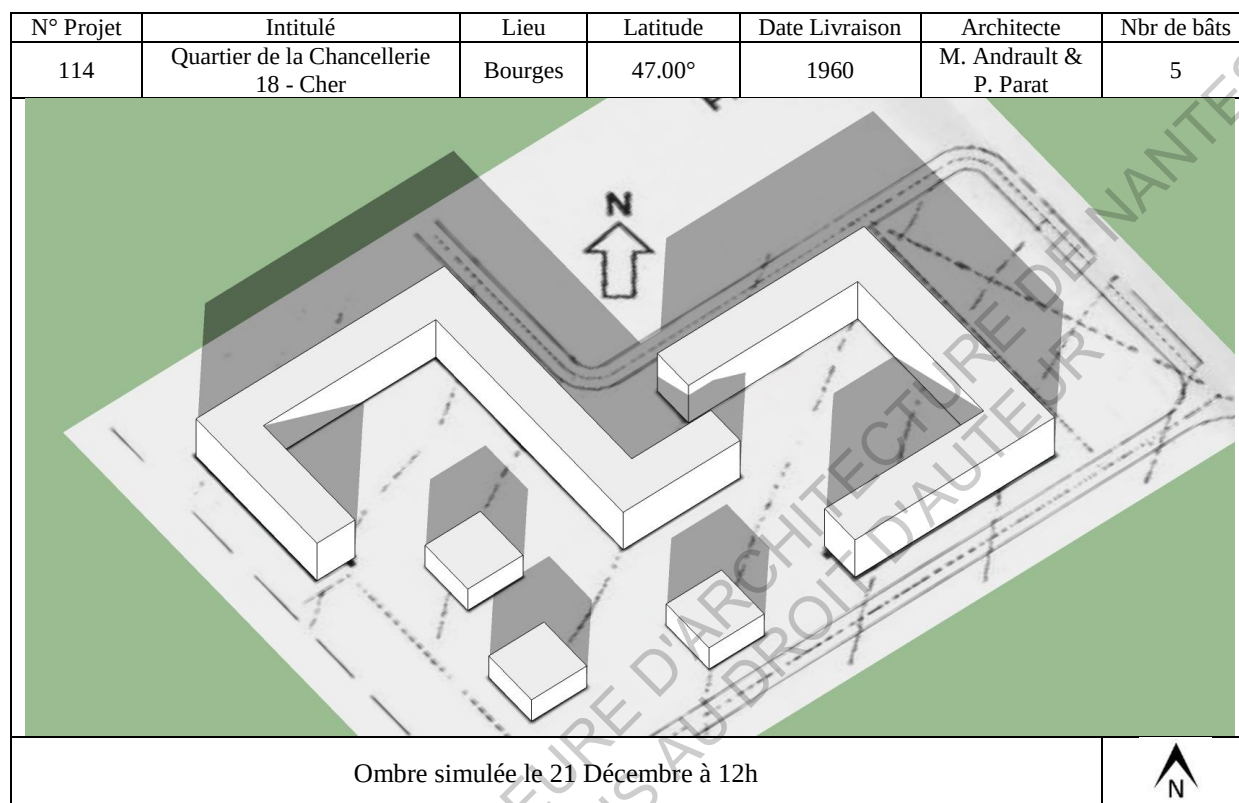


Figure 62 : Simulation des ombres portées du projet

Les simulations des durées d'ombrage cumulé ci-dessous (figure 63) révèlent une zone d'ombre assez forte se situant entre les 2 bâtiments en « U », et causée par le bras en plus du bâtiment au NO.



Figure 63 : Simulations des durées d'ombrage cumulé du projet

Nous constatons sur les simulations que les tâches d'ombres n'impactent l'espace public qu'en hiver, et plus précisément celles se trouvant derrière les 2 bâtiments en « U » au Nord du projet, dont le ratio se situe entre 0% et 20% et qui s'étalent au point d'impacter les plantations et les parkings.

En été et en mi-saison, le ratio des zones d'ombre reste en moyenne assez faible, puisqu'il se situe entre 50% et 100% en été, et entre 40% et 100% en mi-saison, hormis pour les zones d'ombres se trouvant entre les 2 bâtiments en « U » au Nord du projet, dont le ratio diminue pour se situer entre 0% et 20% sans impacter l'espace public.

4.10. Projet des provinces françaises – Paris (1959)

N °	Intitulé	Lieu	Latitude °	Conception	Livraison	Architecte	Protection	Nbr de Logements	Nbr de Bâts
120	Cité des Provinces françaises 92 - Hauts de seine	Paris	48,85	1951	1959	B. Zehruss		776	3

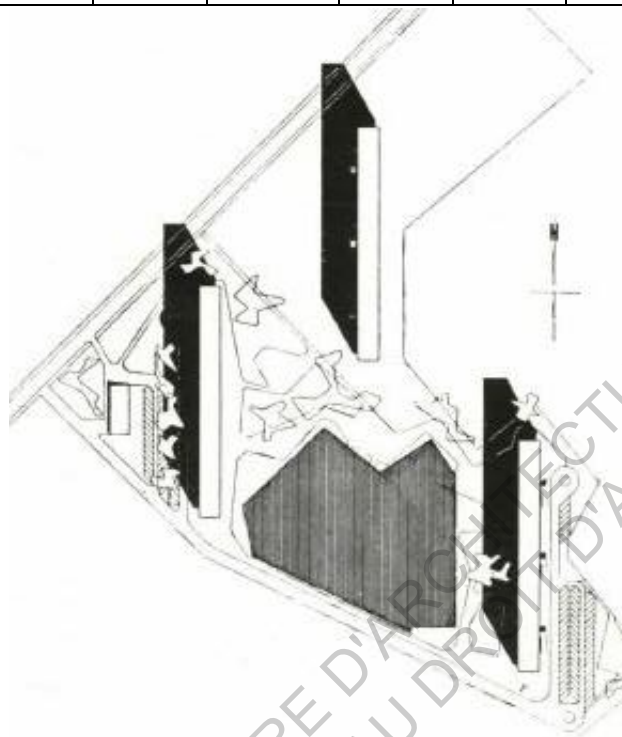


Figure 64 : Plan de masse du projet

Source : Architecture d'Aujourd'hui- 1957 – N°74 – p.16

Dans ce projet, les 3 barres sont orientées Nord-Sud, les façades bénéficient donc d'une exposition Est et Ouest. Comme expliqué dans le texte accompagnant le projet dans la revue Architecture Française en 1958 : « ...Ce sont des blocs épais implantés suivant l'axe Nord-Sud afin de bénéficier des orientations Est et Ouest ».

De plus, ces barres de 132m de long, 12m de large, 45m de hauteur et de R+12 étages comprennent de vaste loggia sur les façades Sud, et sont montées sur pilotis pour libérer le RDC.

Nous ne saurions dire avec exactitude si les choix de cette orientation Nord/Sud est le résultat d'une volonté de gestion de l'ensoleillement, ou d'une possible règle urbaine appliquée au quartier, comme nous pouvons le voir sur ce plan de masse Google Maps :

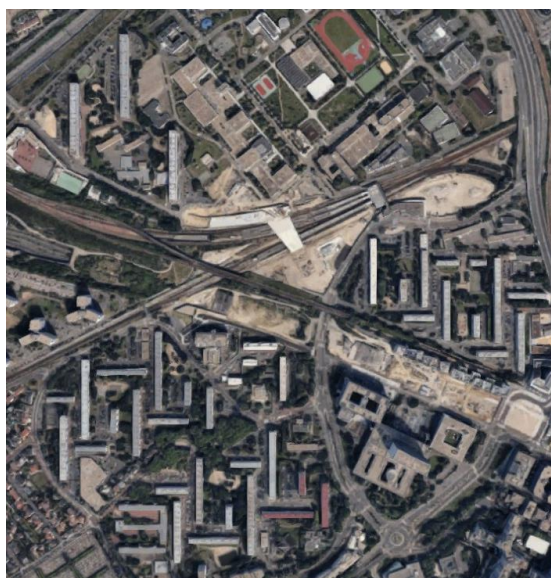


Figure 65 : Plan de situation du projet sur lequel nous pouvons voir plusieurs bâtiments bénéficiant de la même orientation

Source : Google Maps

Sur la figure 66 ci-dessous, représentant la simulation des ombres portées de ce projet, nous pouvons voir que les effets de masque sur le bâti sont inexistant.

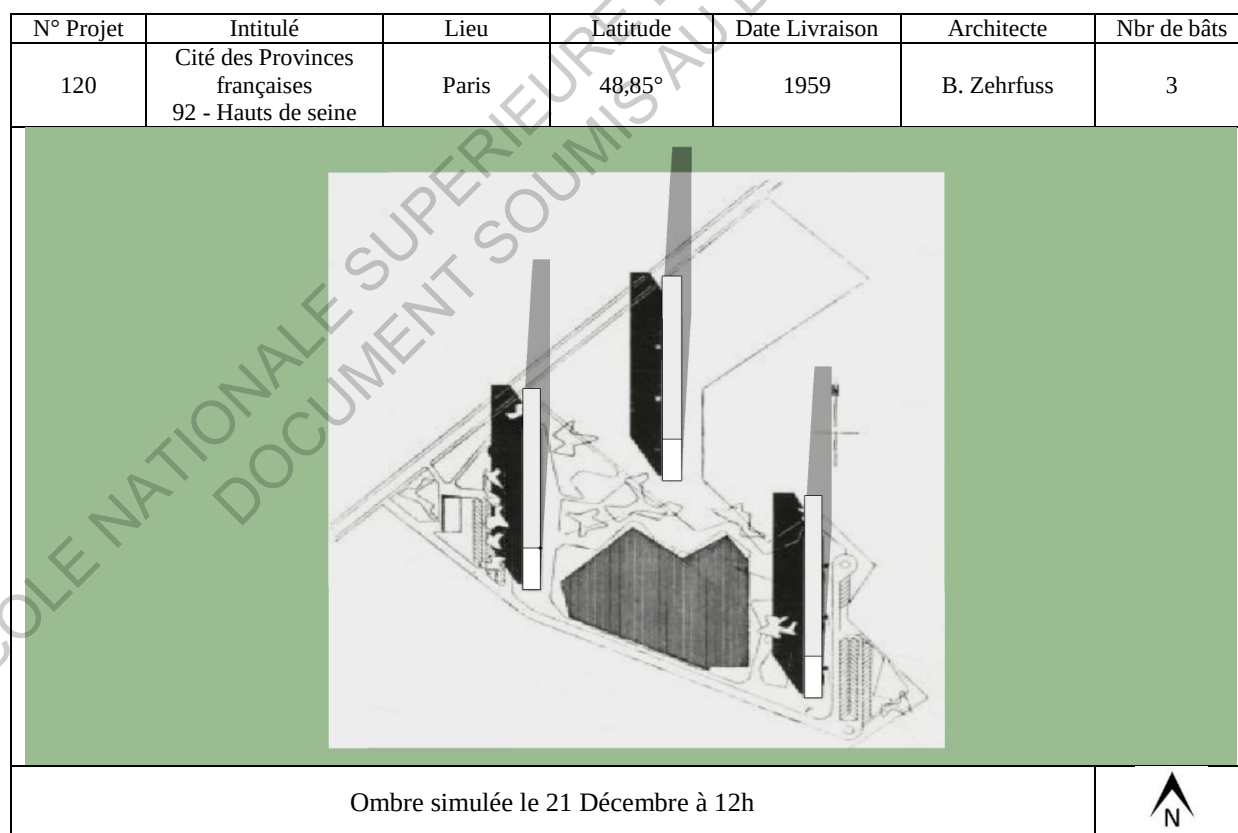


Figure 66 : Simulation des ombres portées du projet

La figure 67 montre les simulations des durées d'ombrage cumulé de ce projet.

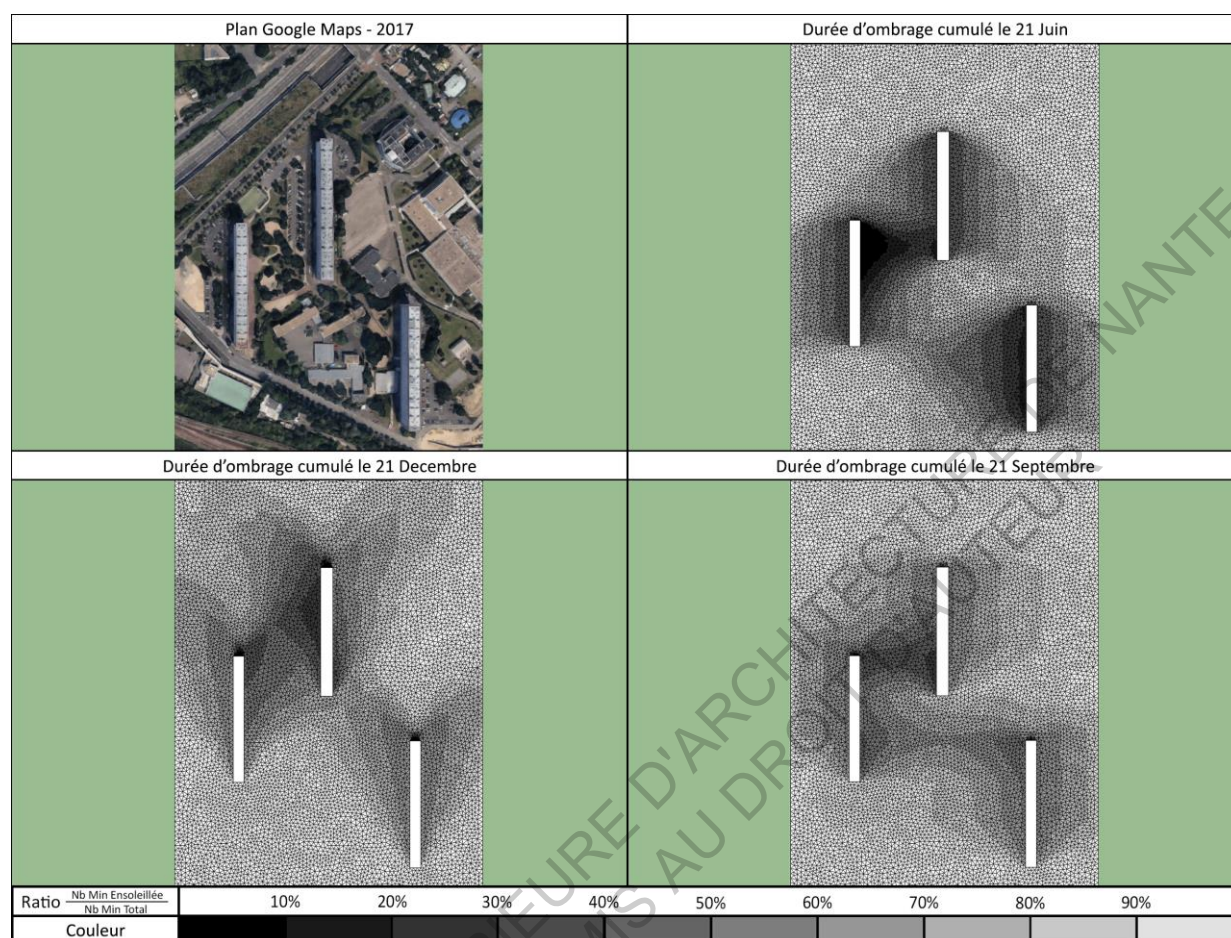


Figure 67 : Simulations des durées d'ombrage cumulé du projet

En ce qui concerne ce projet, nous constatons sur les simulations que l'espace public est plus impacté par les tâches d'ombre en été qu'en hiver ou en mi-saison.

En effet, le ratio des zones d'ombres se situe entre 0% et 20% à proximité des bâtiments et plus précisément à proximité de la barre se trouvant à l'Ouest du projet en été.

En hiver et en mi-saison, le ratio des zones d'ombre se situe généralement entre 40% et 100% et n'impacte que très faiblement l'espace public.

4.11. Projet des buffets de Fontenay aux Roses – Paris (1959)

N °	Intitulé	Lieu	Latitude °	Conception	Livraison	Architecte	Protection	Nbr de Logements	Nbr de Bâts
121	Les Buffets - Fontenay aux Roses 92 - Hauts de seine	Paris	48,85	1957	1959	G. Lagneau		261	11

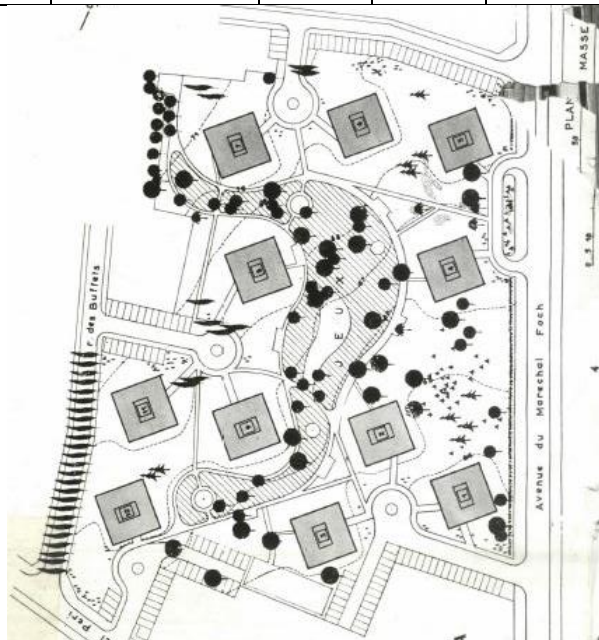


Figure 68 : Plan de masse du projet

Source : Architecture d'Aujourd'hui – 1960 – N°87 – p.18



Figure 69 : Vue aérienne du projet

Source : Google Maps

Dans ce projet, il y a certaines contradictions concernant la prise en compte de l'ensoleillement.

Dans un premier temps, nous avons pensé que l'ensoleillement a été pris en compte dans le projet, puisque les plots carrés sont orientés de façon à faire bénéficier 2 façades d'une exposition Sud. De plus, la simulation des ombres portées sur SketchUp montre que les effets de masque sur le bâti mais également sur l'espace public sera très faible. Ces effets de masque n'impactent donc pas la qualité de l'ensoleillement des autres plots, même en hiver, comme nous pouvons le voir sur la figure 70 ci-dessous :

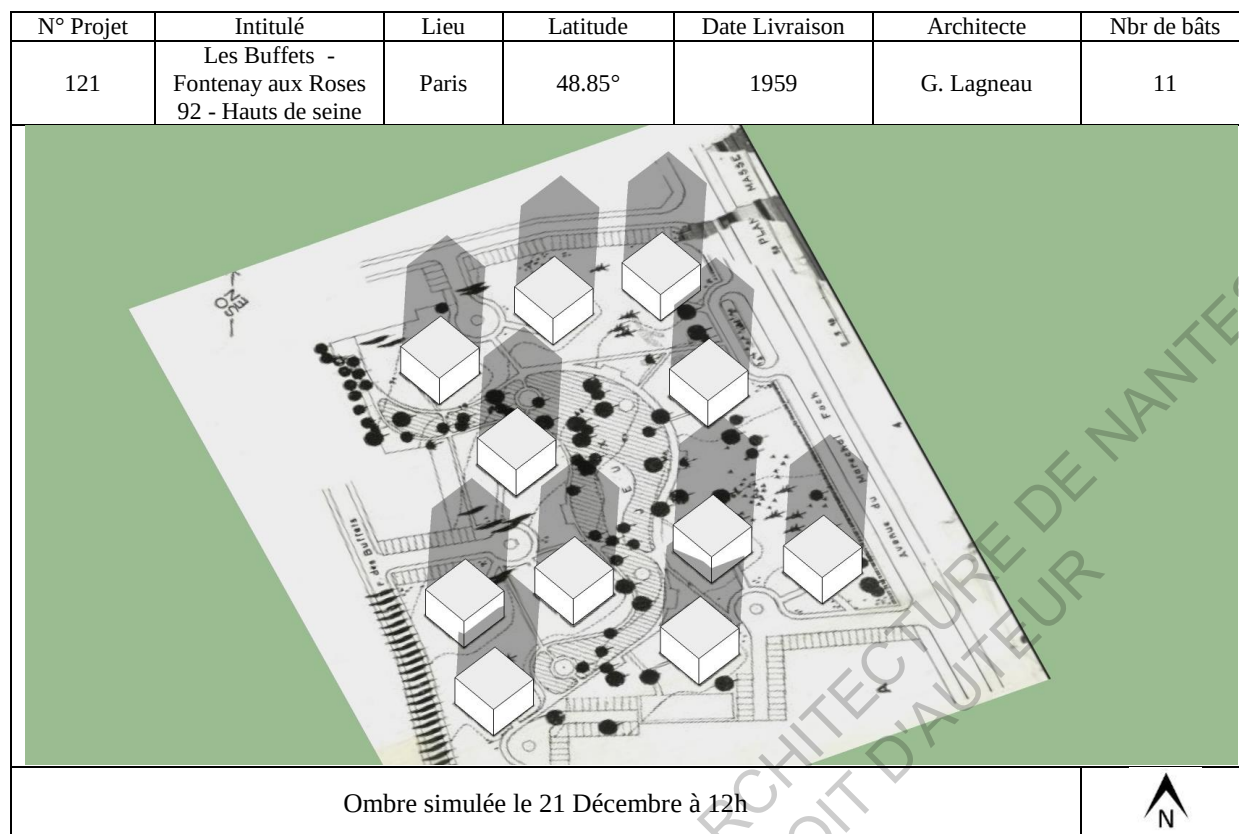


Figure 70 : Simulation des ombres portées du projet

Paradoxalement, les pièces à l'intérieur des plots n'ont pas toujours la même orientation, puisque l'élément qui a déterminé l'implantation des plots dans ce projet est l'accessibilité et non l'ensoleillement, ce qui remet en cause notre première conviction de prise en compte de l'ensoleillement.

La figure 71 montre les simulations des durées d'ombrage cumulé de ce projet.

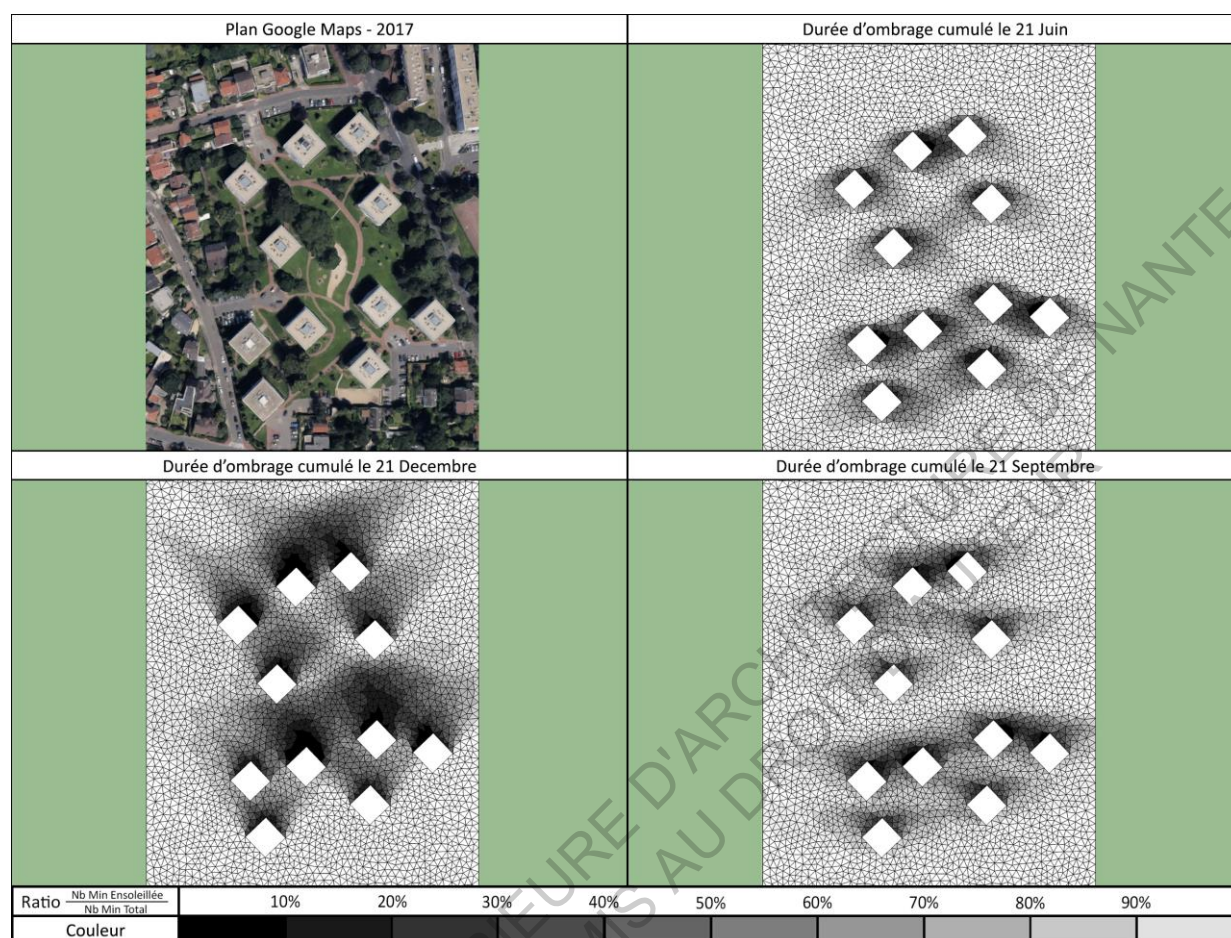


Figure 71 : Simulations des durées d'ombrage cumulé

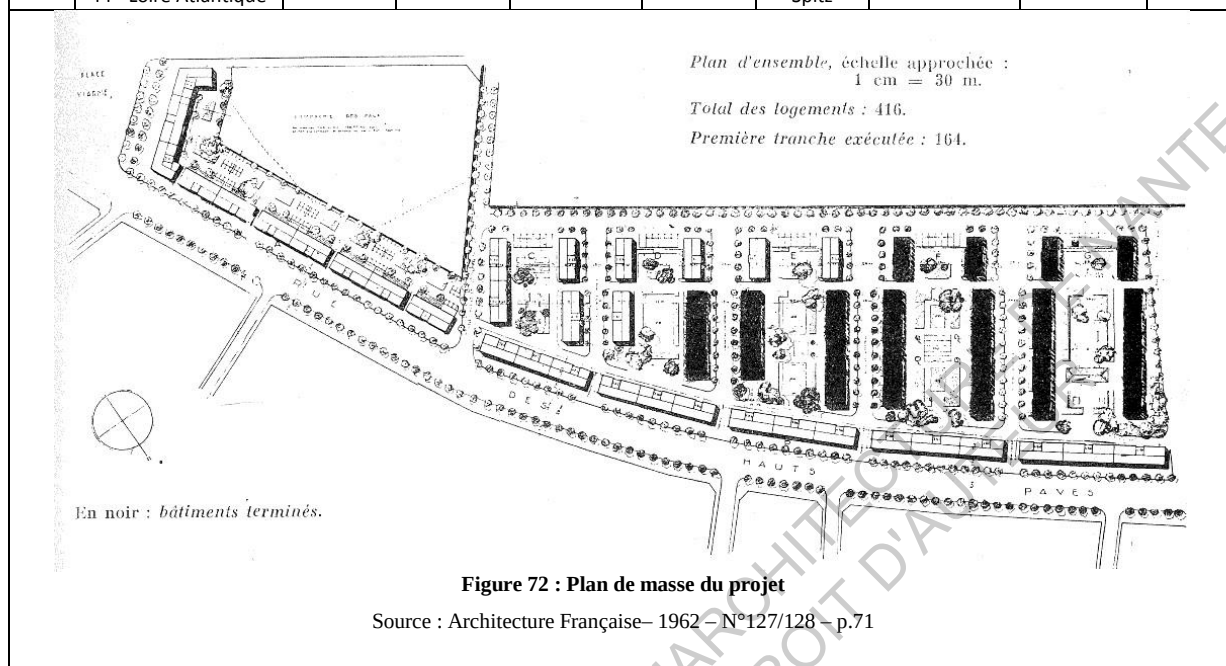
Concernant l'ensoleillement de ce projet, les simulations montrent un impact très faible sur l'espace public en été, puisque la quasi-totalité des zones d'ombres ont un ratio se situant entre 70% et 100%, hormis celles se trouvant à forte proximité des bâtiments, dont le ratio se situe entre 0% et 20%.

En mi-saison, ces résultats restent les mêmes, à la seule différence que les zones d'ombres se trouvant à proximité des bâtiments, dont le ratio se situe entre 0% et 20%, progressent un peu plus dans l'espace sans pour autant impacter de façon nette l'espace public.

En hiver par contre, les zones d'ombres se trouvant à proximité des bâtiments, dont le ratio se situe entre 0% et 20%, continuent de progresser dans l'espace au point de commencer à impacter l'espace public, et plus particulièrement les plantations situées entre les bâtiments. L'espace public central reste assez largement ensoleillé.

4.12. Projet des hauts pavés – Nantes (1952)

N °	Intitulé	Lieu	Latitude °	Conception	Livraison	Architecte	Protection	Nbr de Logements	Nbr de Bâts
165	Cité des hauts pavés 44 - Loire Atlantique	Nantes	47,20	1947	1952	M. Roux-Spitz		164	11



Dans ce projet, les 11 barres construites sont toutes orientées à $+35^\circ$. Le pourcentage de façades exposées des deux côtés de cette orientation est 100%, puisque toutes les façades exposées perpendiculairement à cette orientation sont aveugles.

Dans le texte accompagnant le projet dans la revue Architecture Française en 1952, nous pouvons lire : « ...Les immeubles sont placés de part et d'autres d'allées d'accès plantées dont l'orientation est sensiblement nord-sud. Les immeubles sont ainsi éclairés est-ouest ».

L'utilisation du mot « sensiblement » ici est exagérée puisque les barres sont orientées à $+35^\circ$, ce qui est bien plus proche d'une orientation NE-SO que d'une orientation Nord-Sud.

Cependant, nous n'arrivons pas à déterminer ici les raisons du choix de cette orientation avec précision, puisqu'il est clair qu'il n'existe aucune règle urbaine imposant cette orientation, nous penchons vers une orientation relative à la rue qui délimite le projet au SO, mais nous ne disposons pas de suffisamment d'éléments pour confirmer cette hypothèse.

La figure 73 ci-dessous montre la simulation des ombres portées de ce projet.

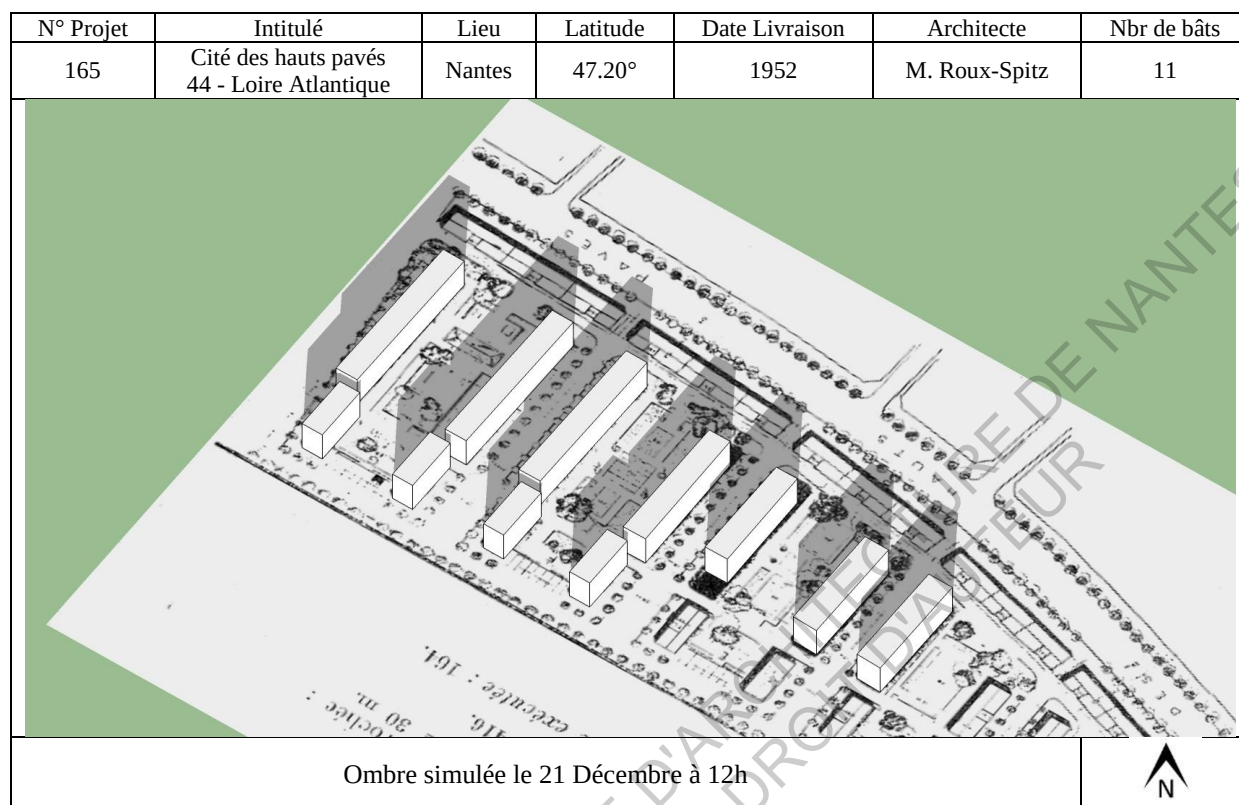


Figure 73 : Simulation des ombres portées du projet

Tenant compte de cette orientation à $+35^\circ$, les barres ont été implantées avec soins, de façon à ce que les ombres de 12h n'aient presque aucun effet sur les barres voisines, même en hiver, puisque l'ombre du 21 Décembre à 12h constitue la limite entre les barres, comme nous pouvons le voir dans la figure 73 ci-dessus.

La figure 74 ci-dessous montre les simulations des durées d'ombrage cumulé du projet.



Figure 74 : Simulations des durées d'ombrage cumulé du projet

Dans ce projet, l'espace public est principalement constitué de parkings et d'espaces boisés. Nous constatons sur les simulations que cet espace public est d'une manière générale assez faiblement impacté par les tâches d'ombres.

En effet, en été, les zones d'ombre ne s'étalent que très peu dans l'espace et ont un ratio situé entre 50% et 100%, hormis celles à forte proximité des bâtiments, dont le ratio diminue.

En hiver et en mi-saison, les zones d'ombre s'étalent un peu plus dans l'espace, et leur ratio diminue quelque peu, au point d'impacter l'espace public, mais du fait de la distance entre les barres plus restreinte au niveau des parkings et plus grande au niveau des espaces boisés. Ce sont les parkings qui sont les plus impactés et qui voient le soleil entre 0% et 50% du temps de la journée.

4.13. Projet de l'unité d'habitation – Marseille (1952)

N °	Intitulé	Lieu	Latitude °	Conception	Livraison	Architecte	Protection	Nbr de Logements	Nbr de Bâts
175	Unité d'habitation 13 - Bouches-du-Rhône	Marseille	43,30	1945	1952	Le Corbusier	Monument Historique	321	1



Figure 75 : Vue aérienne du projet

Source : Architecture d'Aujourd'hui– 1953 – N°46 – p.13

Dans cet ensemble de logements conçu par Le Corbusier et implanté à Marseille, 1 seul bâtiment de forme « Barre » comportant 321 logements constitue le projet, il a une hauteur de 56m pour R+18 étages, et est implanté Nord/Sud, les appartements sont ainsi exposés Est/Ouest.

Dans le texte accompagnant le projet dans la revue Architecture d'Aujourd'hui en 1953, nous pouvons lire : « *L'axe longitudinale de l'immeuble est situé Nord-Sud. Les appartements sont orientés Est-Ouest et ont vue sur les deux façades, sauf à la partie Sud de l'immeuble où ils sont orientés Sud* ».

Notons tout de même que la façade Nord est aveugle, et que la façade Sud dispose de larges loggias, ce qui permet une bonne gestion de l'ensoleillement. Paradoxalement, on remarque la présence de loggias également sur les façades Est et Ouest, ce qui, comme plusieurs recherches menées au sein du Crenau l'expliquent, peut altérer le fonctionnement de la loggia, conçue pour les orientations proches du Sud.

Concernant la gestion de l'ensoleillement, elle rencontre peu de contraintes, du fait de la présence d'un seul bâtiment de forme « barre », ce qui évite ainsi les possibles effets de masque des bâtiments les uns sur les autres.

Ainsi, et comme nous pouvons le voir sur la figure 76 ci-dessous représentant la simulation des ombres portées de ce projet, les effets de masque sur le bâti sont inexistant, du fait de la présence d'un seul bâtiment.

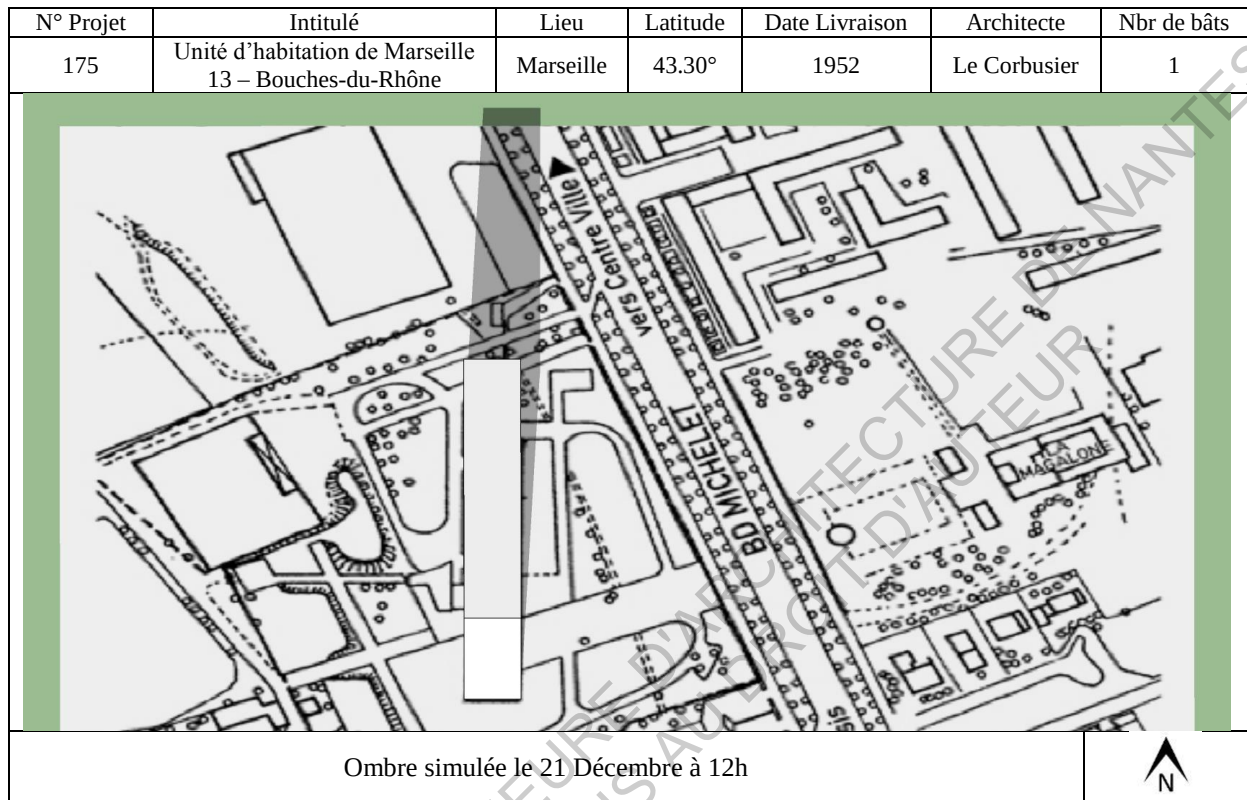


Figure 76 : Simulation des ombres portées du projet

La figure 77 ci-dessous montre les simulations des durées d’ombrage cumulé de ce projet.

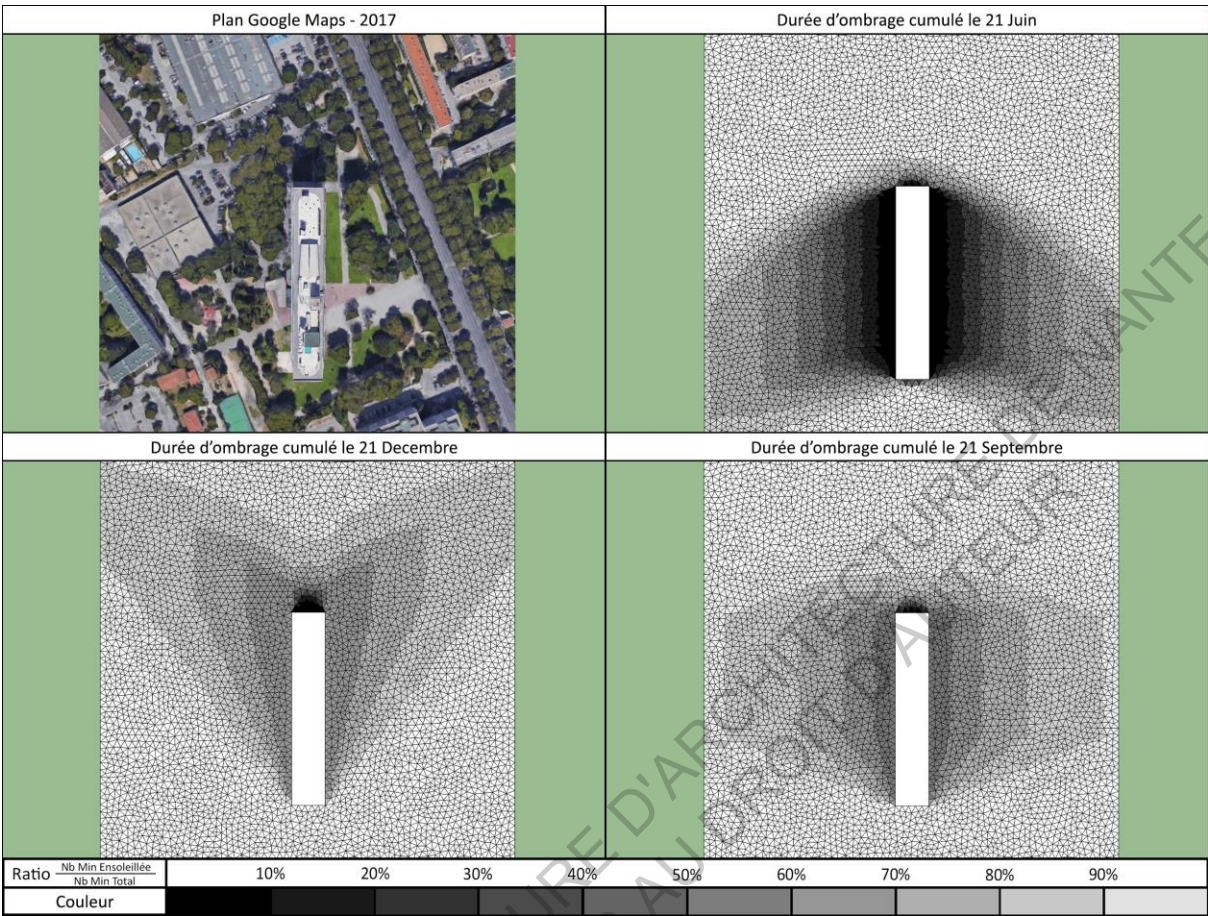


Figure 77 : Simulations des durées d’ombrage cumulé du projet

En ce qui concerne ce projet, nous constatons sur les simulations que l’espace public est plus impacté par les tâches d’ombre en été qu’en hiver ou en mi-saison.

En effet, le ratio des zones d’ombres ne se situe entre 0% et 20% à proximité du bâtiment qu’en été, au point d’impacter les plantations qui ne voient le soleil qu’au maximum 20% de la journée.

En hiver et en mi-saison, le ratio des zones d’ombre se situe généralement entre 40% et 100% et n’impacte que très faiblement l’espace public.

4.14. Projet du MRU à Aubervilliers - Paris (1952)

N °	Intitulé	Lieu	Latitude °	Conception	Livraison	Architecte	Protection	Nbr de Logements	Nbr de Bâts
303	Chantier expérimental du MRU à Aubervilliers 93 - Seine-Saint-Denis	Paris	48,85	1950	1952	A. Sive		173	2

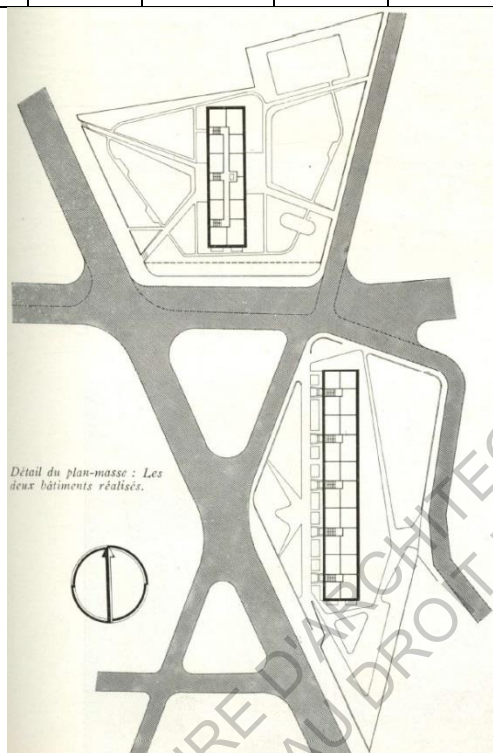


Figure 78 : Plan de masse du projet

Source : Architecture d'Aujourd'hui- 1953 – N°46 – p.59

Dans ce projet expérimental du MRU à Aubervilliers, seulement 2 bâtiments ont été construits : un bâtiment long de 4 étages avec 80 logements, et un bâtiment plus court de 8 étages avec 93 logements.

L'orientation de ces 2 barres est Nord-Sud, ce qui permet une exposition Est et Ouest des appartements, les façades Nord sont toutes les 2 aveugles.

Malgré cette orientation, les logements conçus à l'intérieur de ces barres ne sont pas traversants, certains appartements ont donc une exposition Est, les autres ont une exposition Ouest.

De plus, ces barres offrent des loggias sur les façades Est, Ouest et Sud.

Ainsi, et comme nous pouvons le voir sur la figure 79 ci-dessous représentant la simulation des ombres portées de ce projet, les effets de masque sur le bâti sont inexistant, du fait de l'orientation Nord/Sud du projet.

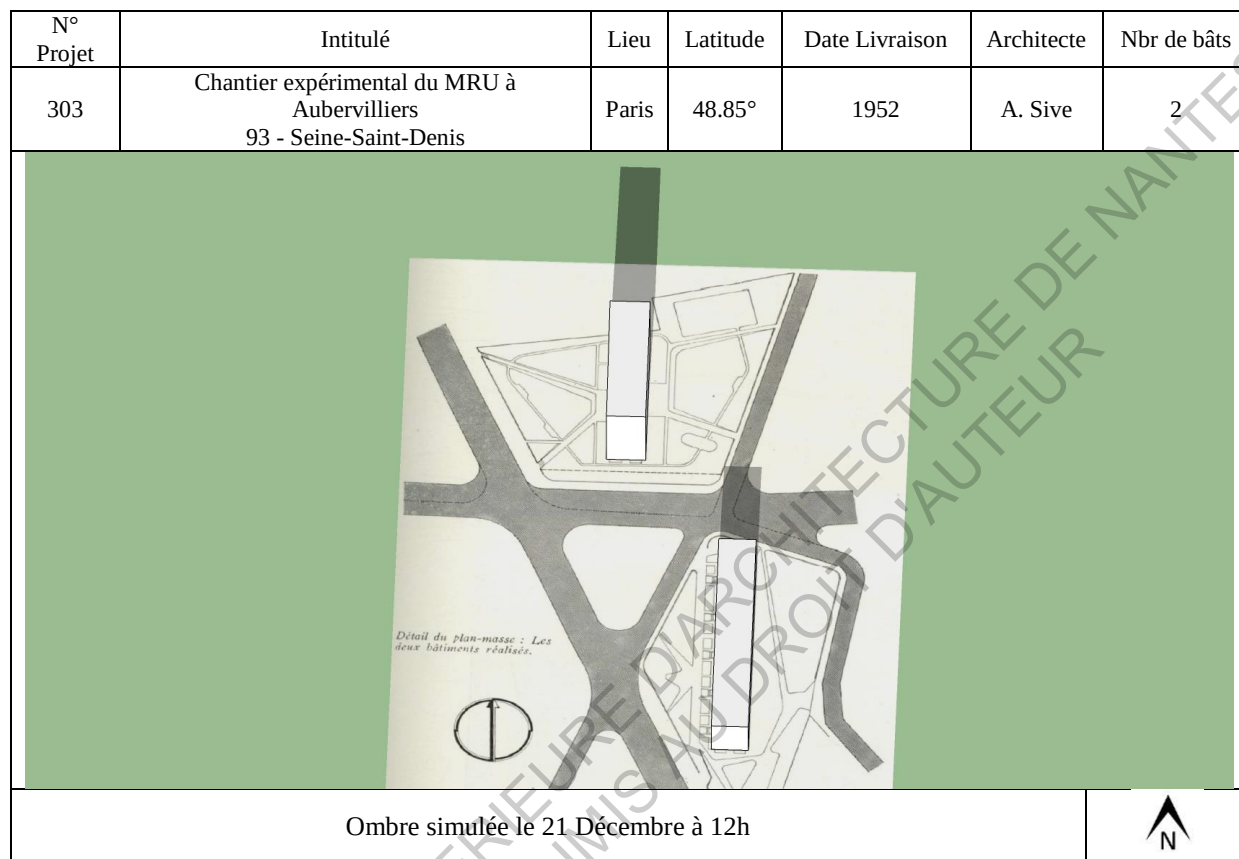


Figure 79 : Simulation des ombres portées du projet

De plus, l'implantation des bâtiments participe à l'inexistence des effets de masque sur le bâti. En effet, le bâtiment de 4 étages est implanté au Sud pour ne pas impacter le bâtiment de 8 étages implanté au Nord.

La figure 80 montre les simulations des durées d'ombrage cumulé de ce projet.



Figure 80 : Simulations des durées d'ombrage cumulé du projet

Les simulations montrent que l'espace public est également plus impacté par les tâches d'ombre en été qu'en hiver ou en mi-saison.

En effet, le ratio des zones d'ombres ne se situe entre 0% et 20% à proximité des 2 bâtiments constituant le projet qu'en été, au point d'impacter les plantations qui ne voient le soleil qu'au maximum 20% du temps de la journée.

En hiver et en mi-saison, le ratio des zones d'ombre se situe généralement entre 50% et 100% et n'impacte que très faiblement l'espace public.

4.15. Discussion

Les résultats de l'analyse solaire détaillée des 13 projets retenus du corpus montrent qu'au niveau du discours des architectes, on retrouve assez souvent un décalage entre l'orientation qu'ils citent dans leurs discours et l'orientation réelle du projet. En effet, dans plusieurs cas, les architectes du corpus considèrent dans leur discours un axe différent de celui suivant lequel leur projet est réellement orienté, et ce, le plus souvent, pour se rapprocher des orientations cardinales. La différence entre l'axe qu'ils considèrent dans leur discours et l'axe réel atteint dans le corpus étudié une valeur maximale de 35° .

Ainsi, les architectes du corpus considèrent par exemple un axe décalé par rapport à l'axe Nord/Sud d'une valeur pouvant aller jusqu'à 35° comme un axe Nord/Sud, comme si ce décalage de 35° n'influait aucunement le rapport du projet au soleil.

Toutefois, le facteur ensoleillement n'est cité dans le discours des architectes que dans 6 projets sur les 13 considérés dans le corpus.

D'autres part, nous constatons au niveau des simulations des ombres portées que les architectes du corpus ont d'une manière générale pris le soin de disposer les différents bâtiments constituant leurs projets avec soin, de façon à ce que les effets de masque impactent le moins possible les autres bâtiments.

En effet, les simulations montrent que le facteur qui a régi l'implantation des différents bâtiments constitutifs du projet est l'ombre du 21 Décembre à 12h, comme prescrit dans la Charte d'Athènes. Ainsi, dans plusieurs cas, la distance entre les bâtiments correspond parfaitement à la longueur de l'ombre du 21 Décembre à 12h, comme nous pouvons le voir sur la figure 81 ci-dessous.

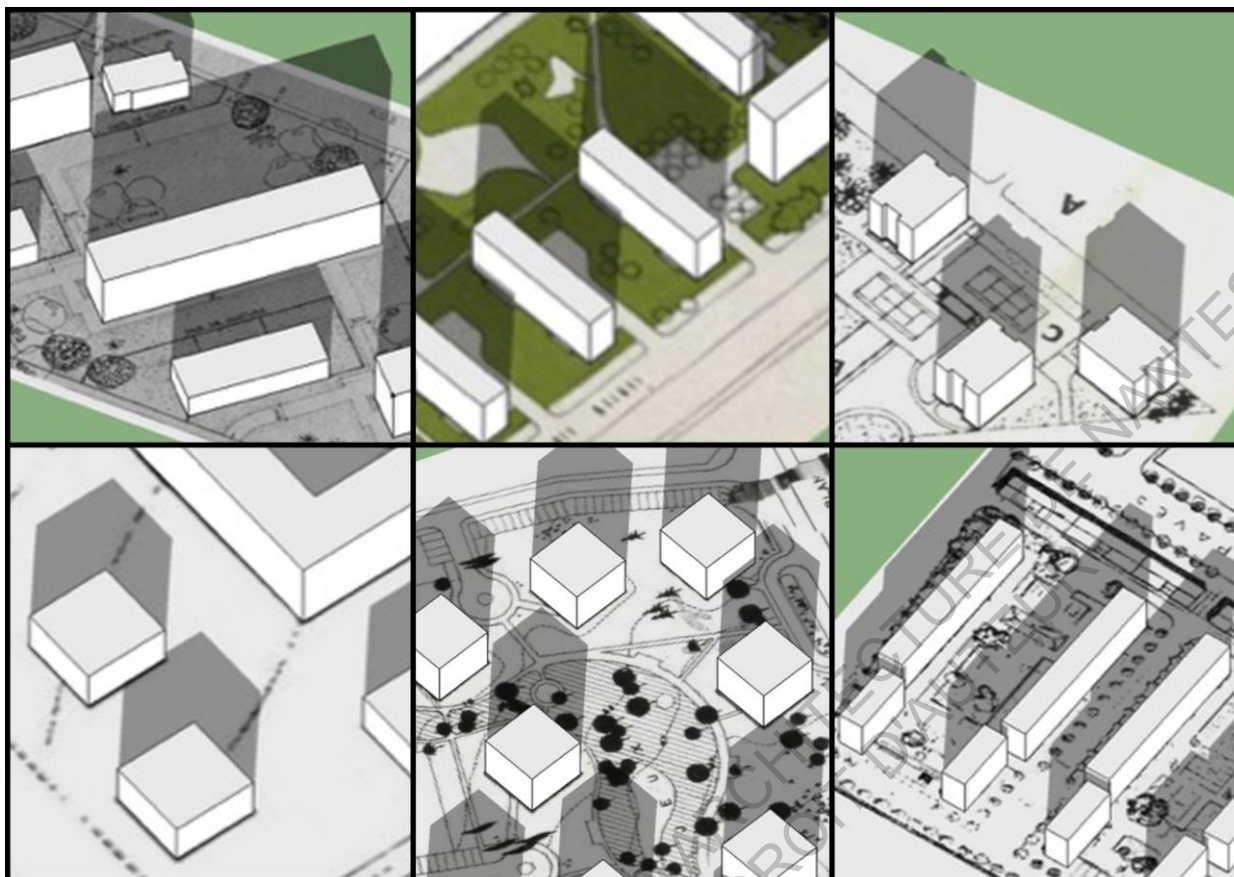


Figure 81 : La longueur des ombres du 21 Décembre à 12h correspond à la distance entre les bâtiments

De plus, nous constatons que le % de masque en hiver est d'une manière générale assez faible, excepté pour quelques rares façades du corpus. En effet, la moyenne du % de masque des 492 façades des 13 projets du corpus est de 6,29%.

Pour finir, nous constatons que les architectes du corpus se sont généralement peu préoccupé de l'ensoleillement de l'espace public et des espaces intérieurs, puisque les simulations des durées d'ombrage cumulé montrent que les ombres impactent assez largement l'espace public, sans pour autant impacter le bâti.

Nous notons tout de même que l'impact des ombres sur l'espace public lorsque le projet est orienté Nord/Sud, et que les appartements sont donc exposés Est/Ouest, est plus élevé en été qu'en mi-saison ou en hiver, contrairement aux projets orientés en diagonale dont l'impact des ombres sur l'espace public est largement plus élevé en hiver.

Discussion et conclusion générale

Dans ce mémoire, notre objectif était de tester une méthode d'analyse des caractéristiques solaires d'un corpus d'ensembles de logements collectifs de l'après-guerre, afin de savoir comment la question de l'ensoleillement a été prise en compte par les architectes des Trente Glorieuses, et ce dans le but de constituer une connaissance fine et approfondie de ces ensembles de logements.

Cette connaissance devrait ensuite permettre aux membres et partenaires du projet « Smart French » de comprendre comment les dimensions solaires influent sur les paramètres thermiques des grands ensembles mais aussi les possibilités qu'elles offrent dans le processus de réhabilitation pour répondre aux exigences actuelles en matière énergétique.

Ainsi, nous nous étions demandés :

Quelle relation entretiennent les grands ensembles vis-à-vis du soleil ?

Existait-il une réflexion des architectes des grands ensembles concernant l'ensoleillement ?

Et si oui, comment cette question de l'ensoleillement a été prise en compte par les architectes ?

Pour répondre à ces questions, nous avons analysé le corpus d'étude du projet « Smart French », constitué de 300 projets construits entre 1945 et 1975, pour étudier les possibles prises en compte de l'ensoleillement, et ce à travers 2 étapes : une première analyse statistique de 13 projets préalablement retenus, à travers l'étude des plans de masse et de l'enveloppe des bâtiments dans leur environnement, puis une analyse plus fine, plus détaillée, de ces mêmes projets, à travers la simulation des ombres portées et des durées d'ombrage cumulé.

D'une manière générale, nous constatons sur l'ensemble des analyses menées au cours de cette étude, que les architectes du corpus ont eu une préoccupation certaine pour le facteur ensoleillement, et ce principalement à travers le fait de veiller à éviter, autant que possible, les effets de masque en hiver, à préserver au moins 2 heures d'ensoleillement en hiver également, et à éviter les expositions au Nord.

Par contre, nos études nous ont conduits à penser que ces architectes se sont peu préoccupés de l'ensoleillement de l'espace public, et de la conception intérieure des logements. On

remarque d'ailleurs sur plusieurs projets que les pièces de vie des appartements ont une exposition différente dans les différents bâtiments du même projet. De plus, et comme nous l'avons vu dans les figures 32 à 35, les différentes pièces sont toutes exposées suivant toutes les orientations, ce qui prouve que la conception intérieure des logements s'est faite indépendamment du facteur ensoleillement.

D'autres part, et comme nous l'avons précédemment indiqué dans la partie 3.4 *Discussion*, les architectes du corpus ont eu une préférence nette pour les orientations diagonales plutôt que pour les orientations cardinales Nord, Est, Sud et Ouest, puisque ces orientations permettent de bénéficier d'ensoleillement sur les 4 façades mais surtout d'éviter une exposition au Nord. Sur la figure 36, nous pouvons identifier les architectes ayant préconisés ces orientations diagonales.

Pour finir, nous nous sommes rendu compte que dans plusieurs cas, les architectes du corpus considèrent dans leur discours un axe différent de celui suivant lequel leur projet est réellement orienté, et ce, le plus souvent, pour se rapprocher des orientations cardinales. Mais le facteur ensoleillement n'est cité dans le discours des architectes que dans moins de la moitié des cas étudiés.

Les architectes des Trente Glorieuses du corpus se sont donc certes préoccupés de l'ensoleillement, mais cette préoccupation reste généralement assez limitée, et consiste principalement à éviter les effets de masque, à préserver 2 heures d'ensoleillement en hiver et à éviter les expositions au Nord.

Nos études nous ont également amenés à constater que le type « Barre » est le plus largement utilisé avec 51% des bâtiments du corpus qui adoptent cette forme, et que cette forme est la plus flexible au niveau orientations, puisque les bâtiments de ce type sont exposés suivant toutes les directions, contrairement aux bâtiments des autres types qui sont exclusivement orientées suivant les diagonales.

Ceci nous a menés à nous demander si le choix d'une forme architecturale impliquait de fait une certaine orientation ?

Au niveau des dispositifs architecturaux, nous nous sommes aperçus du fait que les loggias et les balcons étaient majoritairement exposés vers des orientations proche du Nord, Nord/Ouest, ce qui fait de ces dispositifs des objets architecturaux, faisant partie d'une logique d'écriture architecturale ou d'extension du logement, et non des objets de contrôle solaire.

Cependant, il faut garder à l'esprit que les résultats obtenus sont relatifs, puisque l'analyse n'a porté que sur 13 projets, 112 bâtiments, et 492 façades.

Cette méthode permettrait, avec une équipe plus large, d'analyser tout le corpus de 300 projets pour obtenir des résultats statistiquement plus fiables.

Toutefois, ces premiers résultats devraient permettre aux membres du projet « Smart French » de mieux connaître la relation qu'entretiennent les grands ensembles des Trente Glorieuses vis-à-vis du soleil, et pouvoir de ce fait comprendre comment les dimensions solaires influent sur les paramètres thermiques des grands ensembles.

Bibliographie

Abram, J., (2008) *Architecture de masse et plastique d'exception: la modernité triomphante des trente glorieuses* [DVD], Paris: Cité de l'architecture et du patrimoine.

Apur, (2016) *Réhabilitation des bâtiments construits à Paris entre 1945 et 1974 - Pratiques actuelles, nouveaux enjeux*, [En ligne]

<http://www.apur.org/etude/rehabilitation-batiments-construits-paris-entre-1945-1974-pratiques-actuelles-enjeux> (consulté le 10 Mars 2017).

Atkinson, W., (1912) *The orientation of buildings or planning for sunlight*, New York : John Wiley & Sons, 139p.

Augustin-Rey, A., Pidoux, J., Barde, C., (1928) *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, 493p.

Bardet, G., (1943) « Le facteur soleil en urbanisme », *Techniques et Architecture*, n°7-8, p 202-206.

Bardet, G., (1941) *Problèmes d'urbanisme*, Paris : Dunod, 372p.

Barraqué, B., (1988) « Soleil-lumière, soleil-chaleur, deux conceptions du confort ? », in : *Du luxe au confort*, Modernités XIXe & XXe, Belin, Paris, p 85-113.

Buttenwieser, I., Chevet, H., (1997) *Panorama des techniques du bâtiment 1947-1997*, Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB). Plan Construction et Architecture, Paris, 335p.

Canteux, C., (2014) *Filmer les grands ensembles: villes rêvées, villes introuvables une histoire des représentations audiovisuelles des grands ensembles*. Créaphis, Paris, 375p.

Claudius-Petit, E., (1950) « Reconstruction France », *L'Architecture d'aujourd'hui*, n°32.

Descat, S., Monin, E., et Siret, D., (2006) « Introduction à une histoire du soleil dans la ville », in Descat S, Monin E, et Siret D, (dir), *La ville durable au risque de l'histoire*, Paris, J-M Place, ENSA Lille, 2006. [En ligne]

https://www.researchgate.net/publication/236962094_Introduction_a_une_histoire_du_soleil_dans_la_ville (consulté le 27 Mars 2017).

Dufaux, F., Fourcaut, A., Chemetoff, A., (2004) *Le monde des grands ensembles*. Creaphis, Paris, 288p.

Dufaux, F., Fourcaut, A., Skoutelsky, R., (2003) *Faire l'histoire des grands ensembles: bibliographie 1950-1980*. ENS, Lyon, 207p.

Fortin, J.-P., (2005) « Des tours et des barres...Une histoire du grand ensemble relue par un architecte », in : *Informations sociales*, n°123, p 116-125.

Fourcaut, A., (2013) « Les grands ensembles, symbole de la crise urbaine ? », in: Tertrais, H., Mei, D., *Temps croisés*, Maison des sciences de l'homme, Paris, 237p.

Gaudard, V., Margo-Schwoebel, F., Pouvreau, B. (2010) *1945-1975: une histoire de l'habitat 40 ensembles "Patrimoine du XXe siècle."* Beaux Arts magazine, Issy-les-Moulineaux, 95p.

Goubert, J.-P., Barraqué, B., Peraldi, M., Perrot, P., Vigarello, G., (1988) *Du luxe au confort*, Modernités XIXe & XXe, Belin, Paris, 192p.

Ginsburger, R., (1931) « Pourquoi ne peut-on construire de quartiers d'habitation sain à Paris ? », *L'Architecture*, p. 17-18.

Harzallah, A., (2007) *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, 391p.

Harzallah, A., Siret, D., Monin, E., Bouyer, J., (2005) « Controverses autour de l'axe héliothermique: l'apport de la simulation physique à l'analyse des théories urbaines », in: *International Conference Changing Boundaries: architectural history in transition*, Paris, INHA, [En ligne] <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00573755> (consulté le 15 Mars 2017).

Knowles, R.L., (2003) « The solar envelope: its meaning for urban growth and form », *Energy and Buildings*, n°35/1, p 15–25.

Le Corbusier, (1957) *La charte d'Athènes*, Paris : Editions de Minuit, 190p.

Le Corbusier, (1963) *Manière de penser l'urbanisme*, Paris : Denoël-Gonthier, 208p.

Lucan, J., (2001) *L'architecture en France (1940-2000): histoire et théories*, Collection Architextes, Le Moniteur, Paris, 376p.

Ministère de la Culture et de la Communication (Ed.), (2011) *Les grands ensembles: une architecture du XX siècle*, Dominique Carré, Paris, 256p.

Panerai, P., Depaule, J.-C., Castex, J., Solà-Morales, M., (1997) *Formes urbaines: de l'îlot à la barre*, Eupalinos, Parenthèses, Marseille, 196p.

Redjda, A., (2004) *Les immeubles à gradins d'Henri Sauvage: analyse solaire, lumineuse et aérodynamique*, Mémoire de master, Mémoire de DEA. Université de Nantes, Ecole polytechnique de l'Université de Nantes, 149p.

Rotival, M., (1935) « Les Grands Ensembles », *L'Architecture d'Aujourd'hui*, vol. 1, n° 6, p 56-72.

Siret, D., (2013) « Rayonnement solaire et environnement urbain : de l'héliotropisme au désenchantement, histoire et enjeux d'une relation complexe », in: *Développement durable et territoires*, Vol. 4, n°2. [En ligne] <https://www.researchgate.net/publication/249954947> (consulté le 25 Mars 2017).

Siret, D., Harzallah, A., (2006) « Architecture et contrôle de l'ensoleillement », in: *Congrès IBPSA France*, Saint Pierre de la Réunion, France. [En ligne] <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00572362> (consulté le 28 Mars 2017).

Smart French - Le logement collectif du second XXe siècle, au prisme de l'énergie, Contrat de recherche, Laboratoire AAU. [En ligne] <http://aau.archi.fr/contrat-de-recherche/smart-french-le-logement-collectif-du-second-xxe-siecle-au-prisme-de-lenergie/> (consulté le 01 Mars 2017).

Stevens, G., (1990) *The reasoning architect : mathematics and science in design*. L'Arche, Singapore, 362p.

Vayssière, B., (1988) *Reconstruction - Déconstruction. Le hard french ou l'architecture française des trente glorieuses*, Picard, Paris, 328 p.

Voldman, D., (2008) *L'architecture de la reconstruction et des Trente Glorieuses*, Cité de l'architecture et du patrimoine, Paris [En ligne] http://www.dailymotion.com/video/xmtqrw_21-l-architecture-de-la-reconstruction-et-des-trente-glorieuses_creation (consulté le 09 Mars 2017).

Annexes

Nous présentons ci-après le tableau d'analyse du corpus sur lequel nous nous sommes basés pour calculer nos diagrammes :

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

84	Résidence le Château de Louveciennes 78 - Vevelines	Louveciennes	48,85	1957	1961	P. Herbé	Label Patrimoine du XXème siècle	260	16	77.14	350m²	Barre	1	19m	R+4	0	77.14.1 204 Secteur 8 11,20%	1	0	0	0	1	1	1	0	0	15,00%	0,00%	8h40	10h	10h	77.14.2 204 Secteur 11 38,80%	1	1	1	1	1	1	1	0	0	35,00%	0,00%	2h40	5h	5h20	77.14.3 204 Secteur 2 11,20%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0,00%	0,00%	0h	7h	8h	77.14.4 114 Secteur 5 38,80%	1	1	1	1	1	1	1	0	0	35,00%	0,00%	6h	7h	8h	77.15	350m²	Barre	1	17,70m	R+4	0	77.15.1 204 Secteur 2 11,20%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0,00%	0,00%	0h	7h	8h	77.15.2 204 Secteur 11 38,80%	1	1	1	1	1	1	1	0	0	35,00%	0,00%	6h	7h	8h	77.16	350m²	Barre	1	19m	R+4	0	77.16.1 204 Secteur 8 11,20%	1	1	1	1	1	1	1	0	0	15,00%	0,00%	8h40	10h	10h	77.16.2 204 Secteur 11 38,80%	1	1	1	1	1	1	1	0	0	35,00%	0,00%	2h40	5h	5h20	77.16.3 204 Secteur 5 38,80%	1	1	1	1	1	1	1	0	0	35,00%	0,00%	6h	7h	8h	77.17	170m²	Plot	1	17,70m	R+4	0	77.17.1 204 Secteur 2 18,50%	1	1	1	1	1	1	1	0	0	20,00%	0,00%	2h40	5h	7h	77.17.2 204 Secteur 11 31,50%	1	1	1	1	1	1	1	0	0	15,00%	0,00%	6h	7h	8h	77.18	170m²	Plot	1	17,70m	R+4	0	77.18.1 204 Secteur 8 18,50%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	15,00%	0,00%	8h40	10h	10h	77.18.2 204 Secteur 11 31,50%	1	1	1	1	1	1	1	0	0	20,00%	0,00%	2h40	5h	7h	77.19	350m²	Barre	1	19m	R+4	0	77.19.1 204 Secteur 2 11,20%	1	1	1	1	1	1	1	0	0	15,00%	0,00%	2h40	5h	7h	77.19.2 204 Secteur 11 38,80%	1	1	1	1	1	1	1	0	0	35,00%	0,00%	2h40	5h	5h20	77.20	350m²	Barre	1	17,70m	R+4	0	77.20.1 204 Secteur 8 11,20%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	15,00%	85,00%	8h40	10h	10h	77.20.2 204 Secteur 11 38,80%	1	1	1	1	1	1	1	0	0	35,00%	0,00%	2h40	5h	7h	77.21	170m²	Plot	1	19m	R+4	0	77.21.1 204 Secteur 8 18,50%	1	1	1	1	1	1	1	0	0	15,00%	55,00%	6h	7h	8h	77.21.2 204 Secteur 11 31,50%	1	1	1	1	1	1	1	0	0	20,00%	0,00%	2h40	5h	7h	77.21.3 204 Secteur 5 18,50%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0,00%	0,00%	0h	2h	5h20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
										84.1	437m²	Plot	0	16,5m	R+4	0	84.1.1 135 Secteur 6 22,60%	1	0	0	0	0	1	0	1	0	17,00%	0,00%	7h	8h30	9h30	84.1.2 225 Secteur 9 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	7h30	8h30	9h30	84.1.3 135 Secteur 12 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	7h30	8h30	9h30	84.2	437m²	Plot	0	16,5m	R+4	0	84.2.1 135 Secteur 6 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	7h	8h30	9h30	84.2.2 225 Secteur 9 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	7h	8h30	9h30	84.3	437m²	Plot	0	16,5m	R+4	0	84.3.1 135 Secteur 6 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	7h	8h30	9h30	84.3.2 225 Secteur 9 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	7h30	8h30	9h30	84.4	437m²	Plot	0	16,5m	R+4	0	84.4.1 135 Secteur 6 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	7h	8h30	9h30	84.4.2 225 Secteur 9 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	7h30	8h30	9h30	84.5	437m²	Plot	0	13,5m	R+3	0	84.5.1 135 Secteur 6 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	7h30	8h30	9h30	84.5.2 225 Secteur 9 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	7h30	8h30	9h30	84.6	437m²	Plot	0	13,5m	R+3	0	84.6.1 135 Secteur 6 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	65,00%	7h30	8h30	9h30	84.6.2 225 Secteur 9 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	65,00%	7h30	8h30	9h30	84.7	437m²	Plot	0	16,5m	R+4	0	84.7.1 135 Secteur 6 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	17,00%	78,00%	7h	8h30	9h30	84.7.2 225 Secteur 9 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	7h30	8h30	9h30	84.8	437m²	Plot	0	16,5m	R+4	0	84.8.1 135 Secteur 6 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	17,00%	0,00%	7h30	8h30	9h30	84.8.2 225 Secteur 9 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	7h30	8h30	9h30	84.9	437m²	Plot	0	13,5m	R+3	0	84.9.1 135 Secteur 6 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	17,00%	0,00%	7h	8h30	9h30	84.9.2 225 Secteur 9 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	7h30	8h30	9h30	84.10	437m²	Plot	0	13,5m	R+3	0	84.10.1 135 Secteur 6 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	17,00%	0,00%	7h	8h30	9h30	84.10.2 225 Secteur 9 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	7h30	8h30	9h30	84.11	437m²	Plot	0	16,5m	R+4	0	84.11.1 135 Secteur 6 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	17,00%	0,00%	7h30	8h30	9h30	84.11.2 225 Secteur 9 22,60%	1	0	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	7h30	8h30	9h30	84.12	437m²	Plot	0	13,5m	R+3	0	84.12.1 147 Secteur 6 27,40%	1	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	8h	9h	10h	84.12.2 237 Secteur 9 27,40%	1	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	8h	9h	10h	84.13	437m²	Plot	0	13,5m	R+3	0	84.13.1 147 Secteur 6 27,40%	1	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	8h	9h	10h	84.13.2 237 Secteur 9 27,40%	1	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	8h	9h	10h	84.14	437m²	Plot	0	16,5m	R+4	0	84.14.1 147 Secteur 6 27,40%	1	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	4,50%	8h	9h	10h	84.14.2 237 Secteur 9 27,40%	1	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	57,70%	8h30	9h30	9h20	84.15	437m²	Plot	0	16,5m	R+4	0	84.15.1 147 Secteur 6 27,40%	1	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	8h	9h	10h	84.15.2 237 Secteur 9 27,40%	1	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	9,75%	8h	9h	10h	84.16	437m²	Plot	0	13,5m	R+3	0	84.16.1 147 Secteur 6 27,40%	1	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	8h	9h	10h	84.16.2 237 Secteur 9 27,40%	1	0	0	0	1	1	1	0	50,00%	0,00%	8h30	9h30	9h20	114.1	1890m²	U	1	14m	R+4	0	114.1.1 142 Secteur 6 16,35%	1	0	0	0	1	1	1	0	30,00%	0,00%	8h	9h	10h	114.1.2 232 Secteur 9 16,35%	1	0	0	0	0	1	1	0	0,00%	0,00%	7h	8h	9h30	114.1.3 127 Secteur 12 11,03%	1	0	0	0	0	1	1	0	0,00%	0,00%	7h	8h	9h30	114.1.4 232 Secteur 6 16,35%	1	0	0	0	1	1	1	0	30,00%	35,50%	7h	8h	9h30	114.1.5 142 Secteur 6 16,35%	1	0	0	0	0	1	1	0	30,00%	21,50%	8h	9h	10h	114.1.6 232 Secteur 6 16,35%	1	0	0	0	1	1	1	0	30,00%	56,50%	8h	9h	10h	114.1.7 127 Secteur 12 16,95%	1	0	0	0	1	1	1	0	45,00%	0,00%	8h	9h	10h	114.1.8 52 Secteur 3 8,05%	1	0	0	0	1	1	1	0	55,00%	0,00%	7h	8h	9h30	114.2.1 142 Secteur 6 16,35%	1	0	0	0	1	1	1	0	30,00%	0,00%	8h	9h	10h	114.2.2 232 Secteur 9 16,70%	1	0	0	0	1	1	1	0	30,00%	0,00%	7h	8h	9h30	114.2.3 142 Secteur 6 16,35%	1	0	0	0	1	1	1	0	30,00%	28,50%	8h	9h	10h	114.2.4 52 Secteur 3 8,15%	1	0	0	0	1	1	1	0	40,00%	0,00%	1h	4h	6h30	114.2.5 142 Secteur 6 16,35%	1	0	0	0	1	1	1	0	30,00%	0,00%	8h	9h	10h	114.2.6 232 Secteur 9 16,70%	1	0	0	0	1	1	1	0	30,00%	0,00%	7h	8h	9h30	114.2.7 322 Secteur 12 17,10%	1	0	0	0	1	1	1	0	45,00%	0,00%	6h	7h	8h	114.2.8 52 Secteur 3 16,70%	1	0	0	0	1	1	1	0	45,00%	0,00%	1h	4h	6h30	114.2.9 322 Secteur 12 17,10%	1	0	0	0	1	1	1	0	45,00%	0,00%	6h	7h	8h	114.3	256m²	Plot	0	8m	R+2	0	114.3.1 142 Secteur 6 25,00%	1	0	0	0	0	1	1	0	6,00%	0,00%	8h	9h	10h	114.3.2 232 Secteur 9 25,00%	1	0	0	0	1	1	1	0	6,00%	0,00%	7h	8h	9h30	114.4	256m²	Plot	0	8m	R+2	0	114.4.1 142 Secteur 6 25,00%	1	0	0	0	0	1	1	0	6,00%	0,00%	8h	9h	10h	114.4.2 232 Secteur 9 25,00%	1	0	0	0	1	1	1	0	6,00%	0,00%	7h	8h	9h30	114.5	256m²	Plot	0	8m	R+2	0	114.5.1 142 Secteur 6 25,00%	1	0	0	0	1	1	1	0	40,00%	0,00%	8h	9h	10h	114.5.2 232 Secteur 9 25,00%	1	0	0	0	1	1	1	0	40,00%	0,00%	7h	8h	9h30	120	Cré des Provinces françaises 92 - Hauts de seine	Paris	48,85	1951	1959	6. Zehrfuss	776	3	120.1	1584m²	Barre	0	45m	R+12	1	120.1.1 180 Secteur 9 4,20%	1	0	0	0	0	1	1	0	12,00%	0,00%	4h	6h	8h	120.1.2 270 Secteur 10 45,80%	1	0	0	0	1	1	1	0	26,00%	0,00%	4h	6h	8h	120.1.3 0 Secteur 4 45,80%	1	0	0	0	0	1	1	0	26,00%	0,00%	4h	6h	8h	120.1.4 80 Secteur 7 4,20%	1	0	0	0	0	1	1	0	26,00%	0,00%	4h	6h	8h	120.2	1584m²	Barre	0	45m	R+12	1	120.2.1 180 Secteur 9 4,20%	1	0	0	0	0	1	1	0	12,00%	0,00%	4h	6h	8h	120.2.2 270 Secteur 10 45,80%	1	0	0	0	1	1	1	0	26,00%	0,00%	4h	6h	8h	120.2.3 0 Secteur 4 45,80%	1	0	0	0	0	1	1	0	26,00%	0,00%	4h	6h	8h	120.3	1584m²	Barre	0	45m	R+12	1	120.3.1 180 Secteur 9 4,20%	1	0	0	0	0	1	1	0	12,00%	0,00%	4h	6h	8h	120.3.2 270 Secteur 10 45,80%	1	0	0	0	1	1	1	0	26,00%	0,00%	4h	6h	8h	120.3.3 0 Secteur 4 45,80%	1	0	0	0	