



HAL
open science

Proposition d'une démarche expérimentale pour la caractérisation des qualités thermiques dans les logements collectifs de la 2e moitié du XXe siècle

Federica Rotondo

► To cite this version:

Federica Rotondo. Proposition d'une démarche expérimentale pour la caractérisation des qualités thermiques dans les logements collectifs de la 2e moitié du XXe siècle. Architecture, aménagement de l'espace. 2017. dumas-01618868

HAL Id: dumas-01618868

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01618868>

Submitted on 5 Feb 2018

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

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



MASTER SCIENCES ET TECHNIQUES DES ENVIRONNEMENTS URBAINS

SPECIALITE AMBIANCE ET FORMES URBAINES

Année 2016/2017

Thèse de Master STEU

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

Présentée et soutenue par:

FEDERICA ROTONDO

Le 8/09/2017

à l'Ecole Supérieure d'Architecture de Nantes

**PROPOSITION D'UNE DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE POUR LA CARACTÉRISATION DES QUALITÉS
THERMIQUES DANS LES LOGEMENTS COLLECTIFS DE LA 2^{ème} MOITIÉ DU XX^e SIÈCLE**

JURY

Président: Céline Drozd – Maître-assistant – ENSA Strasbourg

Examineurs: Daniel Siret – Architect, Docteur HDR, Directeur de l'UMR AAU
Ignacio Requena – Maître-assistant – ENSA Nantes
Céline Drozd – Maître-assistant – ENSA Strasbourg
Raphael Labrunye – Maître-assistant – ENSA Bretagne

Directeurs de mémoire: Daniel Siret et Ignacio Requena

Laboratoire/Institution: CRENAU (UMR Ambiances, Architecture, Urbanités)

Remerciements

Tout d'abord, je voudrais remercier les encadrants de cette recherche, Daniel Siret et Ignacio Requena, pour leurs conseils et pour leur accompagnement, qui ont contribué au bon déroulement de ce travail.

Je remercie également le responsable scientifique du projet Smart French Raphael Labrunye pour le contact avec le bailleur social et la documentation fournie sur le quartier le Gros-Chêne à Rennes.

Mes remerciements s'adressent aussi au personnel administratif qui a été toujours attentif aux conditions de travail et aux chercheurs du laboratoire pour leurs remarques constructives sur mes travaux.

Un grand merci à mes collègues et amis Maroua, Karim, Bastien et Kevin pour le soutien quotidien au cours de l'élaboration de cette recherche.

Mes dernières pensées vont à mon père pour l'encouragement constant et à ma mère à laquelle je dédie ce travail.

Résumé

PROPOSITION D'UNE DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE POUR LA CARACTÉRISATION DES QUALITÉS THERMIQUES DANS LES LOGEMENTS COLLECTIFS DE LA 2^{ème} MOITIÉ DU XX^e SIÈCLE

Dans un contexte de transition énergétique, l'ensemble du parc de logements collectifs construits après la seconde guerre mondiale est l'objet d'un intérêt particulier dans la rénovation du patrimoine existant. Plus spécifiquement l'étape de diagnostic qui précède l'intervention est fondamentale pour la construction d'une connaissance fine en valorisant les qualités originelles et intrinsèques des édifices tout en intégrant les enjeux de respect du patrimoine. Dès lors nous nous interrogeons sur les approches méthodologiques à mettre en œuvre pour la caractérisation des qualités thermiques dans les logements collectifs de la 2eme moitié du XX^e siècle.

Tout d'abord, nous présentons les bases théoriques sur la question du confort thermique et sur les techniques constructives de la période considérée. Ensuite, nous traitons des méthodes existantes du diagnostic thermique des bâtiments en considérant leurs points forts et leurs faiblesses. À partir de cette analyse critique, nous élaborons une méthodologie de caractérisation des qualités thermiques qui se base sur la définition préalable du contexte urbain et climatique et sur le croisement suivant d'une étude architecturale, du vécu et physique. La méthodologie proposée est ensuite appliquée au quartier Le Gros Chêne à Rennes sélectionné à partir de la base de données fournie par le projet Smart French dans lequel cette recherche s'inscrit. L'analyse des données obtenues ainsi que les retours d'expérience sur les approches suivies nous permet enfin de vérifier la validité de la méthode proposée et la pertinence des outils adoptés.

Mots-clés: qualité thermique, confort thermique, techniques constructives, simulation de thermique dynamique, consommations énergétiques, logements collectifs, reconstruction d'après-guerre.

Abstract

PROPOSITION OF AN EXPERIMENTAL APPROACH TO CHARACTERIZE THERMAL QUALITIES OF COMMUNITY HOUSING BUILT DURING THE SECOND HALF OF THE 20TH CENTURY

In a context of energy transition, the community housing built during the second half of the 20th century attracts particular interest in the rehabilitation of existing buildings. More specifically the assessment phase before the intervention is crucial for the development of an extensive knowledge base on the original qualities of buildings while considering heritage conservation issues. Consequently we investigate the methodological approaches to put in place in order to characterize thermal quality of community housing built during the second half of the 20th century.

First of all we present the theoretical basis about the thermal comfort issue and the construction techniques of the period considered. Secondly we deal with the existing methods of thermal assessment in buildings considering their strengths and weaknesses. Starting from this critical analysis we propose an experimental approach to characterize thermal qualities, based on the definition of the specific urban and climatic context and on the combination of an architectural study with a sensible and a physical study. The proposed methodology is then applied to the case study of Le Gros Chêne in Rennes, chosen from the Smart French project database. The discussion of results and the feedback of approaches allow us to verify the validity of the proposed method and the relevance of the tools set in place.

Keywords: thermal quality, thermal comfort, construction techniques, dynamic thermal simulation, energy consumptions, community housing, post-war reconstruction.

Sommaire

Introduction générale	8
Chapitre 1. Le contexte: le confort thermique des architectures des Trente Glorieuses	10
1.1. L'architecture de Trente Glorieuses	10
1.1.1. La reconstruction d'après-guerre.....	10
1.1.2. L'avènement des grands ensembles des années 1950.....	12
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 1960	14
1.1.5. La réhabilitation après les chocs pétroliers des années 1970	15
1.1.6. La patrimonialisation à la fin du XX ^e siècle.....	15
1.2. La question du confort thermique au XX^e siècle	17
1.2.1. Confort: une notion évolutive.....	17
1.2.2. Le confort thermique pendant « L'âge d'or du confort »	17
1.3. Le contexte des techniques de construction des Trente Glorieuses	21
1.3.1. Évolution des techniques de construction.....	21
1.3.2. Typologies architecturales et comportements thermiques	22
Chapitre 2. Problématique, hypothèses et choix méthodologiques	27
2.1. Les approches dominantes du diagnostic thermique des bâtiments	28
2.1.1. Approche technique-normative	28
2.1.2. Approche socio-énergétique.....	29
2.2. Mise en question des méthodes existantes	30
2.3. Vers une approche globale des qualités thermiques des logements collectifs	32
2.4. Méthode de recherche	34
2.3.1. Démarche proposée.....	34
2.3.2. Sélection d'un cas d'étude.....	35
2.3.3. Mise en œuvre de la démarche	36
2.3.4. Validation	37
Chapitre 3. Proposition d'une démarche expérimentale	38
3.1. Définition du contexte	39
3.1.1. Contexte urbain	39
3.1.2. Contexte climatique	40
3.1.3. Positionnement de la recherche.....	40
3.2. Étude architecturale	41
3.2.1. Bâtiments et appartements.....	41
3.2.3. Positionnement de la recherche.....	41
3.3. Étude du vécu	42
3.3.1. Enquêter l'expertise habitante.....	42
3.3.2. Positionnement de la recherche.....	43
3.4. Étude physique	45
3.4.1. Les outils de simulation thermique du bâtiment.....	45
3.4.2. Les modèles pour le traitement des données.....	46
3.4.4. Le système	46
3.4.5. Les entrées.....	47
3.4.6. Les sorties	49
3.4.7. Positionnement de la recherche.....	49
Chapitre 4. Application de la démarche	51
4.1. Le cas d'étude	51

4.2. Analyse architecturale	52
4.2.1. Résultats et discussion	52
4.2.2. Retour sur la méthode	59
4.3. Analyse du vécu	60
4.3.1. Résultats des entretiens	60
4.3.2. Discussion des enquêtes	61
4.3.3. Retour sur la méthode	72
4.4. Analyse physique	74
4.4.1. Résultats des simulations thermiques	76
4.4.2. Discussion des résultats	79
4.4.3. Retour sur la méthode	82
4.5. Croisement	82
4.5.1. Discussion des résultats croisés	83
Chapitre 5. Discussion et conclusion générale	85
Bibliographie	88
Annexes	92

Introduction générale

En France le secteur du bâtiment résidentiel et tertiaire représente plus de 40% des consommations d'énergie finale et près d'un quart des émissions de gaz à effet de serre (Sidler, 2012; Vorger, 2014). Ce secteur est aussi celui qui permet la plus grande possibilité de mise en œuvre des projets d'amélioration, avec un investissement faible pour un retour fort par rapport aux autres secteurs énergivores (Abadie et al. 2015). Dans ce contexte on constate que près de la moitié des bâtiments en France ont été construits avant le choc pétrolier de 1974 et la mise en place de la réglementation thermique (RT). De plus, puisque les bâtiments construits avant 1948 ont des consommations plus faibles « l'effort de rénovation doit être porté sur les bâtiments existants construits entre 1948 et 1974 » qui sont considérés comme les bâtiments les plus énergivores (Batier, 2016). Cette situation appelle à développer un programme de rénovation sur le parc de bâtiments dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, et des lois résultantes, qui fixent des objectifs ambitieux. En particulier la loi prévoit la réduction d'au moins 38% de la consommation d'énergie du parc existant avant 2020 (Abadie et al. 2015). Plus récemment en 2015 la Loi de Transition Energétique porte un intérêt particulier est donné au secteur du bâtiment, vecteur prioritaire d'économie d'énergie grâce à la rénovation et l'isolation thermique des bâtiments et des logements existants.

Face à ce constat le projet de recherche « Smart French: le logement collectif du second XX^e siècle, au prisme de l'énergie » financé par le Ministère de la Culture et de la Communication et dans lequel s'inscrit cette thèse de master STEU, a pour but principal d'analyser et d'intervenir sur l'ensemble du parc de logements collectifs construits après la seconde guerre mondiale sous l'angle de la consommation d'énergie. Plus spécifiquement l'ambition de ce projet est d'apporter des réponses spécifiques qui s'appuient sur une connaissance fine et approfondie du parc existant valorisent les qualités originelles et intrinsèques des édifices tout en intégrant les enjeux de conservation et de respect du patrimoine. Ce projet de recherche allie plusieurs partenaires 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). Une équipe multidisciplinaire d'historiens, architectes, sociologues et ingénieurs est dirigée par Raphaël Labrunye, responsable scientifique de l'équipe. Le projet Smart French est organisé en deux grandes 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 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.

Le stage, inclus dans la phase 2 d'analyse de la base de données de la partie 1 du projet, porte sur l'axe 2 d'analyse des éléments de performances énergétiques. En particulier le but est de corréliser les caractéristiques constructives avec les ambiances thermiques qui leur sont propres afin de caractériser les qualités thermiques des logements construits dans les années 1950-60. Le résultat attendu est la définition des situations originelles du parc bâti, particulièrement portée sur l'isolation, l'inertie, les flux solaires et la ventilation.

Le plan de travail de cette thèse de master s'organise en 6 chapitres:

Le premier chapitre vise à inscrire le corpus d'étude dans leur contexte de construction, en spécifiant les théories sur la question de confort thermique et les techniques constructives propres de la deuxième moitié du XX^e siècle.

Le deuxième chapitre propose l'analyse et la discussion des méthodes existantes de diagnostic thermiques des bâtiments suivi par la proposition d'une approche globale pour la caractérisation des qualités thermiques et par l'explicitation de la méthode de recherche.

Ensuite, le troisième chapitre envisage la proposition d'une démarche expérimentale pour la caractérisation des qualités thermiques des logements collectifs de la deuxième moitié du XX^e siècle comprenant la définition préalable du contexte urbain et climatique de référence et l'étude suivante des caractéristiques architecturales, du vécu et physiques.

Le quatrième chapitre présente la mise en application de la démarche au quartier le Gros Chêne à Rennes et se compose de la discussion des résultats et des retours d'expérience sur la méthode pour l'analyse architecturale, du vécu et physique. Les résultats de ces trois analyses sont présentés d'abord indépendamment, puis croisées.

Enfin, le cinquième chapitre prévoit la discussion sur les spécificités thermiques du corpus d'immeubles considérés ainsi que celle de la pertinence des choix méthodologiques et des outils adoptés. Cette partie est complétée par le dernier chapitre dédié à la conclusion générale et aux perspectives pour des nouvelles recherches.

Chapitre 1. Le contexte: le confort thermique des architectures des Trente Glorieuses

1.1. L'architecture de Trente Glorieuses

Le terme « 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 des 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 Publié par le Corbusier en 1945 suite au quatrième Congrès International d'Architecture Moderne (CIAM) en 1933

1.1.2. L'avènement des grands ensembles des années 1950

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).

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 1950 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 proposer

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

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 ordures, 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 logement égal pour tous les salariés" (Fortin, 2005) qui fait écho au droit à la santé préconisé par le mouvement hygiéniste du XIXe 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'essayent à des logements traversant 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 1960

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 1970

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 XX^e siècle

Le ministère de la Culture et de Communication créé en 1999 le label Patrimoine du XX^e 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".

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

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).

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. La question du confort thermique au XX^e siècle

Pour la rédaction de cette partie, on s'appuie sur les travaux de Giulia Marino (2014) et d'Emmanuelle Gallo (2006) sur l'histoire du confort thermique et du chauffage du XX^e siècle.

1.2.1. Confort: une notion évolutive

La conception du confort est une notion relative à l'époque considérée, une « construction historique qui évolue en fonction des techniques disponibles et des normes sociales » (Brisepierre, 2013). En effet il est fondamental de préciser que « le débat sur le confort conçu comme un enjeu spécifiquement architectural est relativement récent » et que « tout au long de l'histoire, il n'a pas toujours été clair que fournir ce que nous appelons aujourd'hui le confort ait été la fonction principale des bâtiments » (Graf et Marino, 2016).

La notion de confort comme enjeu architectural fondamental est particulièrement considérée durant le XX^e siècle. Les architectes s'occupent tout d'abord des problématiques de sécurité et de salubrité liées à la révolution technique et technologique de la fin du siècle précédent, puis la notion de bien-être physiologique émerge dans le projet d'architecture grâce aux avancées de l'industrie, et enfin les chocs pétroliers des années 1970 font émerger les aspects énergétiques (Rabouille, 2014).

Le thème est crucial surtout à partir du seconde après-guerre avec le développement de la notion du bien-être et les discours autour du « contrôle artificiel de l'ambiance intérieure et ses implications matérielles dans le projet d'architecture » à la base de la production architecturale moderne et contemporaine (Marino, 2014).

1.2.2. Le confort thermique pendant « L'âge d'or du confort⁴ »

À l'époque de la Reconstruction les questions liées à l'intégration dans les logements des équipements de confort ont un rôle primaire (Van de Voorde et al. 2016). En effet Marino (2014) souligne comme les équipements « entrent pleinement dans le découpage du bâtiment en éléments constructifs, au même titre que la structure porteuse, les enveloppes ou les partitions ». Toutefois comme mentionné par l'ouvrage de Graf et Marino (2016) le thème des installations techniques (voire chauffage, éclairage, ascenseurs, air conditionné, etc.) reste « souvent négligé par l'histoire de l'architecture et, hélas, simplement ignoré dans le projet de sauvegarde », tendance déjà dénoncé à l'époque par Reyner Banham in *The architecture of the well-tempered environment*. En conséquence ce patrimoine du XX^e siècle est visé aujourd'hui par des « des rénovations drastiques, qui font abstraction de la présence des réseaux » (Graf et Marino, 2016). Face à ce constat l'objectif de la partie suivante est de s'intéresser aux installations techniques et à leur rôle structurant dans la conception originale du bâtiment.

⁴ Le Goff, 1994.

Chauffage central à eau chaude par radiateur et par plancher chauffant

Au temps des Trente Glorieuses l'arrivée du chauffage central à eau chaude représente une véritable rupture dans les conditions de vie thermique. Le nouveau système technique permet d'apporter une température homogène dans l'ensemble des pièces du logement. En effet le principe du chauffage central est de chauffer l'ensemble de l'immeuble de façon uniforme. Après, les radiateurs ou le plancher chauffant installés dans les différentes pièces permettent de maintenir la température à un niveau équivalent (Brisepierre, 2011)

Le chauffage central à eau chaude par radiateurs se généralise dans les immeubles collectifs à partir des années 50 jusqu'en 1975-80 où il atteint 95% des installations neuves. Il est systématiquement utilisé dans les projets de logements collectif grâce aux caractéristiques de durabilité, facilité de réglage, rendement excellent et prix accessible (Marino, 2014). Au cours des années 1950 ce dispositif est grandement développé grâce aux améliorations visant à la combinaison d'éléments esthétiques et de performance optimale dans la diffusion de la chaleur. En effet le radiateur est considéré inesthétique et on cherche à le dissimuler ce qui par contre peut nuire à son rendement thermique (Marino, 2014). En outre, vu que les immeubles étaient caractérisés par un certain nombre des problèmes thermiques liés aux enveloppes du bâtiment (notamment l'effet de parois froide généré par les grandes surfaces vitrées) les consommations d'énergie étaient très importantes pour obtenir une température confortable. Par ailleurs il n'est pas toujours possible de régler la température dans chaque logement malgré que les besoins de chauffage puissent être différents selon leur position dans l'immeuble.

Parallèlement à l'emploi des radiateurs, celui de chauffages par rayonnement voit une expansion importante pendant les 30 Glorieuses. Il s'agit d'émetteurs de chaleur intégrés au bâti grâce à un système de serpentines qui sont insérés dans la structure de l'immeuble (le plus souvent dans le plancher et le plafond). Les surfaces des pièces sont chauffées grâce au passage d'un fluide calorporteur qui est alimenté dans la majorité des cas par une chaudière centrale (Marino, 2014).

Les premiers planchers chauffants apparaissent à partir des années 50 caractérisés par leur absence d'isolation et leur forte inertie. Ce type de système chauffe par rayonnement à environ 50% et à 50% par convection (alors que le radiateur émet environ 70% de sa chaleur par convection et 30% par rayonnement) et entretient une température suffisante à l'ensemble du bâtiment (Buttenwieser et Chevet, 1997). Il est nécessaire de souligner qu'il y a un certain nombre d'avantages liés à l'utilisation des planchers à eau chaude: l'absence d'encombrement, un moindre risque de déplacement de bactéries dans l'air grâce à l'atténuation des mouvements de convection par rapport aux radiateurs traditionnels, une capacité à compenser l'effet de paroi froide (dû aux murs non isolés ou aux parois vitrées) et à la répartition de la chaleur de manière plus uniforme par rapport aux radiateurs (Gallo, 2006). En outre ce type de système « épargne 30 à 35% des coûts

d'installation et 10% d'exploitation, par rapport aux installations avec radiateurs » (Gallo, 2006). De l'autre côté avec le chauffage par le sol la température n'est pas réglable individuellement et, à cause de son inertie thermique importante, peut déterminer de surchauffes plus importantes que les autres systèmes. En effet pour assurer une chaleur suffisante aux logements situés au nord ou au dernier étage on peut provoquer des surchauffes pour les appartements exposés au sud ou aux étages intermédiaires. En outre l'haute température qui circule dans les tubes induit des températures très élevées pour la surface de sol (autour de 30°), ce qui peut causer des problèmes de santé (Apur, 2011).

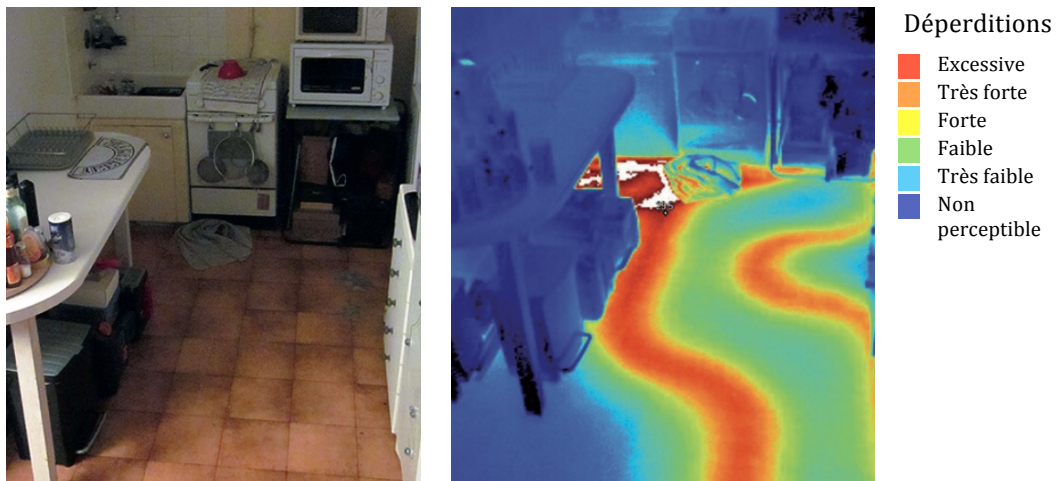


Figure 1: Analyse thermographique de la cuisine d'un immeuble des années 1950 équipée d'un plancher chauffant (Apur, 2011).

Ventilation naturelle

Entre 1945 et 1974 on peut identifier plusieurs manières de faire la ventilation des bâtiments selon la période en France (Apur, 2011). La première génération, à partir de 1945, est caractérisée par une ventilation faite grâce à l'ouverture des ouvrants par les habitants et par le défaut d'étanchéité (on parle plus proprement d'infiltration). À partir du milieu des années 1950, s'introduit un système complété par la présence des conduits shunt qui permettent la ventilation naturelle par tirage thermique. Après la fin des années 1960 voit l'apparition de la ventilation mécanique contrôlée (VMC) qui permet l'aspiration continue de l'air intérieur du logement.

La ventilation est fortement préconisée dans le cadre du mouvement hygiéniste qui met en évidence la nécessité du renouvellement constant de l'air afin d'éviter l'apparition des maladies et des dégâts dus aux moisissures et condensations pour le bâtiment. En effet l'air d'un logement doit être renouvelé en permanence pour fournir l'oxygène aux habitants et pour éliminer les polluants, l'excès d'humidité et les odeurs. Au niveau réglementaire seulement en 1958 une première réglementation nationale sur la ventilation est promulguée. La loi impose la disposition d'une entrée d'air basse et d'une sortie d'air en partie haute pour toutes les pièces de service, notamment la

cuisine, la salle de bains, le WC. Les conduits assurent la ventilation sous l'effet du vent et par tirage thermique. Dans les pièces principales le renouvellement d'air doit être assuré seulement dans le cas où un appareil de combustion est présent. Le développement du chauffage central dans les années 1950 et 1960 permet de supprimer les conduits dans les pièces principales et d'améliorer l'étanchéité à l'air. D'où la nécessité de mettre en place des entrées d'air neuf pour assurer la fonction de ventilation que les conduits remplissaient avant. En faisant ceci, l'air rentre dans les pièces principales et sort des pièces de service après avoir circulé au travers de l'appartement (Buttenwieser et Chevet, 1997).

On constate un certain nombre d'éléments à souligner liés à la ventilation naturelle par ouvertures et conduits shunts. D'une part l'intérêt de ces conduits puisque ils permettent une circulation d'air verticale en commune pour tous les étages. En plus ce dispositif détermine pendant la période estivale une qualité de rafraîchissement par tirage thermique surtout pour les habitants des étages du bas. D'autre part les entrées d'air en façade doivent être relativement importantes, ce qui peut causer des gênes occasionnées par les courants d'air. En outre ce système de ventilation naturelle fait rentrer une grande quantité d'air froid pendant la période hivernale, ce qui induit aussi des pertes énergétiques conséquentes. Enfin, ce type de système est fortement dépendant des conditions climatiques et lorsque le vent à l'extérieur est fort le risque est que les étages supérieurs soient impactés par un renouvellement trop fort de l'air (Apar, 2011; Buttenwieser et Chevet, 1997).

1.3. Le contexte des techniques de construction des Trente Glorieuses

L'objectif de cette partie est d'aborder les techniques de constructions de Trente Glorieuses, en se focalisant sur l'évolution de ces techniques dans un premier temps et sur le comportement thermique des typologies architecturales typiques de l'époque. Pour la rédaction de la première section de cette partie, on s'appuie sur les travaux de Guy Lambert et Valérie Nègre avec la collaboration d'Emmanuelle Gallo et Denyse Rodriguez-Tomé réalisés en 2009 dans le cadre de l'axe de recherche « Technique, territoire, architecture » du Centre d'Histoire des Techniques et de l'Environnement (Nègre et al. 2009). Pour la deuxième section on constate peu de littérature portant sur une étude thermique et thermographique des dispositifs architecturaux des années 1950 et 1960. La rédaction de cette dernière section est donc basée sur l'opération de thermographie des logements construits entre 1945 et 1974 menée par l'Apur (Atelier Parisien d'urbanisme) en 2011 à la demande de la Ville de Paris.

1.3.1. Évolution des techniques de construction

Au début de la Reconstruction, la demande de logements est forte mais l'industrie existante du bâtiment n'est pas en condition de répondre pleinement à cette pression, à cause de l'emploi des techniques traditionnelles et de la pénurie des matériaux (Buttenwieser et Chevet, 1997).

Dans ce contexte le rôle de la puissance publique est essentiel avec la promotion d'incitations et de réglementations visant à stimuler le renouvellement des techniques de construction. En effet l'état crée en 1948 le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), responsable pour l'agrément technique des nouveaux matériaux et des procédés non traditionnels de construction. Le CSTB promeut ainsi des programmes de recherche à partir du début des années 1950 sur des nouvelles procédures de construction qui seront mises au point par les grandes entreprises (Nègre et al, 2009).

Dans les débats doctrinaux l'industrialisation est unanimement considérée comme la seule solution possible pour améliorer la productivité du secteur de la construction, où par productivité on entend vitesse de production et mise en œuvre avec un budget donné tout en assurant une qualité fonctionnelle minimale (Gaudard et al. 2010). L'objectif primaire à l'époque moderniste est de construire le plus possible en assurant « un niveau de vie minimum » à l'aide de nouvelles techniques de construction industrialisées (Fleury et al. 2016) qui permettent des solutions économes en matières premières, en temps et en main-d'œuvre (Nègre et al. 2009; Lucan, 2001).

Plus spécifiquement on constate l'apparition des deux points de vue sur les modalités d'application de l'industrialisation à la production du bâtiment. D'un côté l'application de l'industrialisation à l'industrie des bâtiments se traduit par des procédés de préfabrication (tels que les procédés Barets, Camus, Cauvet, Coignet, Costamagna, Estioit, Pouillon, Tracoba, etc.), c'est à dire « la production d'éléments préparés à l'avance, en atelier ou en usine, pour permettre de réduire le travail du chantier à des simples opérations de montage et de finition » (Gaudard et al. 2010). Plus

spécifiquement on fait une distinction entre la préfabrication lourde, désignant la production à part entière des éléments grands et lourds dont la manipulation et le transport nécessitent de gros moyens, et la préfabrication légère, faite pour des éléments plus petits et légers (Nègre et al. 2009). De l'autre côté on évoque le « traditionnel évolué » qui se caractérise par « l'application des méthodes de production industrielle aux techniques du bâtiment, pour en accroître la rentabilité ou la qualité, sans qu'il soit nécessaire pour autant de bouleverser en profondeur les compétences et les savoir-faire traditionnels du secteur » (Nègre et al. 2009).

1.3.2. Typologies architecturales et comportements thermiques

Parpaings, briques et pierres

Les matériaux de construction traditionnels de gros-œuvre tels que les parpaings, les briques et les pierres continuent d'être utilisés avec l'introduction des quelques perfectionnements apportés par les constructeurs. En particulier les innovations concernent la forme, la dimension, la modularité, le mode d'assemblage et la finition. Le parpaing est utilisé dans la majorité des cas comme élément porteur mais est parfois employé dans l'épaisseur des panneaux préfabriqués. La pierre et la brique sont souvent utilisées pour habiller une ossature en béton ou en parement apparent (Nègre et al. 2009; Apur, 2011). Un exemple de ce dernier est la paroi « Civet-Pommier » (agréé par le CSTB en 1960) composée d'un mur en béton de 18 cm et de dalles de parement en pierre d'environ 3 cm, d'un vide d'air de 3 cm et d'une contre-cloison de 7 cm. Généralement la plaque en pierre agrafée est fixée au support par l'intermédiaire d'attaches en acier (Nègre et al. 2009). Or, comme démontré par l'étude de Apur (2011), les attaches qui supportent la pierre agrafée déterminent des ponts thermiques singuliers.

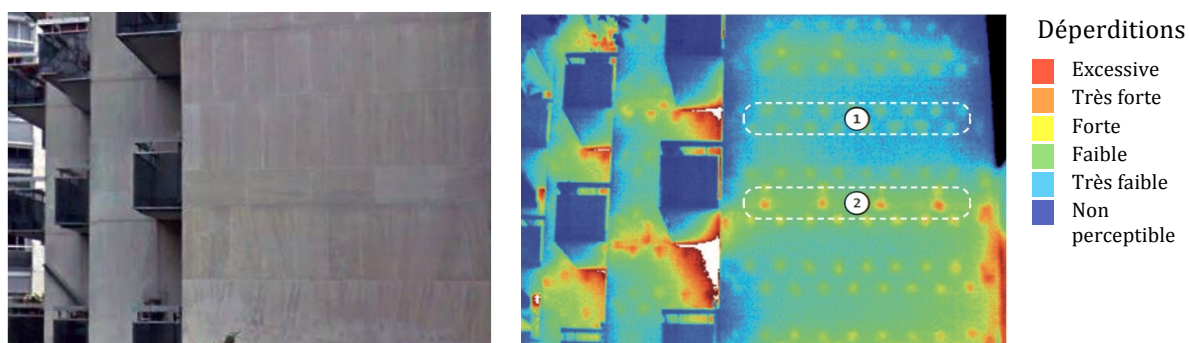


Figure 2: Les ponts thermiques singuliers des attaches de la pierre agrafée (Apur, 2011).

L'isolation thermique

A cause d'un manque initial de moyens de production, l'isolation thermique dans les bâtiments fait ses débuts dans les années 1960 avec notamment la notice technique du 1^{er} décembre 1958⁵ en application du premier décret définissant des exigences d'isolement entre locaux d'habitation. La

⁵ En application du décret du 22 octobre 1955

notice technique en question demande l'inclusion du coefficient thermique parmi les informations synthétiques fournies des murs, tels que les dimensions, les limites d'emploi et le seuil de rentabilité du procédé (Nègre et al. 2009) mais elle sera pleinement développée seulement dans les années 1970 avec les premières réglementations thermiques qui régulent non seulement l'isolation des bâtiments mais aussi la température minimale des locaux, la régulation de chauffage et de la climatisation (Buttenwieser et Chevet, 1997). Or, d'un point de vue thermique les murs non-isolés génèrent ce qu'on appelle l'effet de paroi froide, c'est-à-dire que la température des murs ne reste pas du même ordre de grandeur que celle de la pièce. Cet effet a des conséquences importantes au niveau d'inconfort thermique des habitants, les incitant à surchauffer leur appartement.

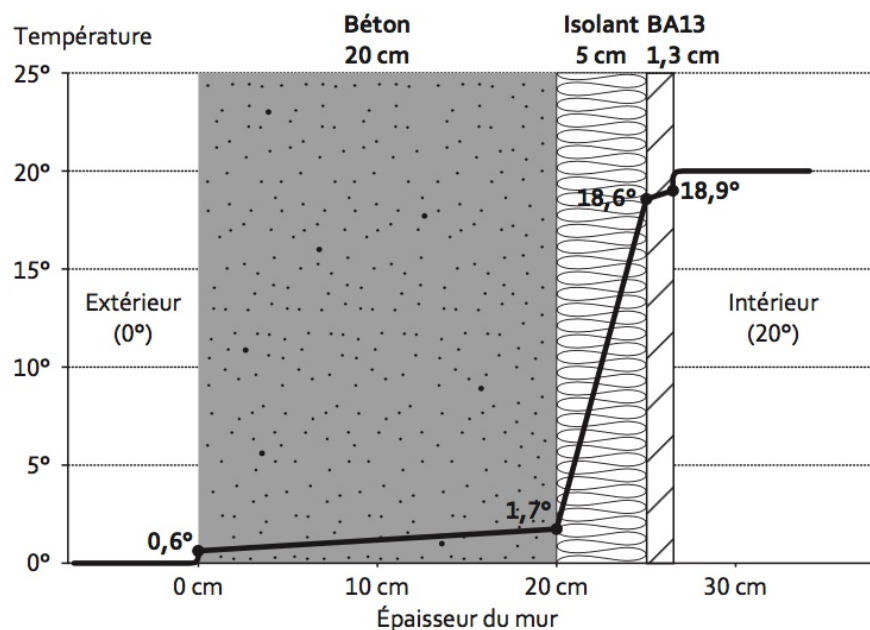


Figure 3: L'effet de paroi froide sur un mur de 20 cm de béton isolé par l'intérieur (Apur, 2011).

Façades vitrées et huisseries

Souvent dans l'architecture du XX^e siècle on constate l'utilisation du verre étendu l'ensemble de la façade grâce à la dissociation entre la structure porteuse et l'enveloppe, qui est permise par les matériaux de l'industrie (Graf, 2016). Le mur-rideau, système de façade non porteur, supporte son poids propre et comporte des grandes surfaces vitrées. En effet l'objectif premier des concepteurs de l'après-guerre est de faire pénétrer un maximum de lumière naturelle dans les logements. La présence diffuse des baies vitrées favorise l'apport de lumière naturelle ainsi que les apports solaires en hiver. En même temps cet élément détermine la perte d'inertie du bâtiment ainsi que l'assujettissement de la température de l'habitat à la température extérieure en hiver comme en été qui conduit à l'adaptation des puissances de chauffage et de rafraîchissement (Apur, 2011).

En ce qui concerne les châssis des fenêtres, l'aluminium devient un matériau largement employé pendant l'après guerre grâce à « son adaptabilité et aux nouvelles possibilités de forme qu'il offrait » (Van de Voorde et al. 2015). L'encadrement métallique des fenêtres laisse passer environ

25% de lumière de plus que les traditionnels châssis en bois et offre une durée de vie supérieure. De l'autre côté ce matériau est un bon conducteur de chaleur qui peut donc causer des ponts thermiques importants au niveau des dormant et des exfiltration d'air chaud par défaut d'étanchéité (Apur, 2011).



Figure 4: Le bâtiment de Jean Dubuisson rue du commandant Mouchotte, Paris. Les habitants mettent en œuvre des stratégies de protection solaire avec des cartons ou des films réfléchissants (Apur, 2011).

Balcons et loggias

Le dispositif du balcon est largement employé à la fin du XIX siècle spécialement dans l'habitat bourgeois et avec une fonction purement esthétique. Pour ce faire ils avaient des tailles assez faibles d'environ 80cm. Avec l'avènement du béton armé, on obtient la possibilité de mettre en place des balcons de taille plus importante qui permettent aussi le changement de sa fonction. A partir de ce moment les balcons deviennent le prolongement de la structure et offrent aux habitants un espace complémentaire. Ils sont normalement coulés avec la structure mais ils peuvent aussi être préfabriqués en usine.

D'un point de vu thermique il est nécessaire de spécifier que les balcons sont une source importante de ponts thermiques mais, s'ils sont orientés Sud, ils peuvent aussi créer des ombres en été et permettre la pénétration du rayonnement solaire en hiver (Apur, 2011).

À partir des années 1960, grâce à l'évolution des techniques constructives les loggias vont remplacer les balcons. Cet élément est permis en particulier grâce à la technique du coffrage tunnel, constitué de deux demi-coquilles qui permettent de mouler les murs et les dalles en une seule opération. Ce type de technique a eu un succès immédiat grâce à la réduction importante des opérations manuelles et à la mécanisation de sa fabrication. En effet même si l'investissement d'un coffrage tunnel est assez lourd il peut être réemployé 300 fois minimum selon l'entretien (Buttenwieser et Chevet, 1997). Cependant, les caractéristiques thermiques du bâtiment avec les loggias sont plus dégradées que celles avec des balcons puisque les ponts thermiques de ce derniers ont des linéaires moins prononcés.

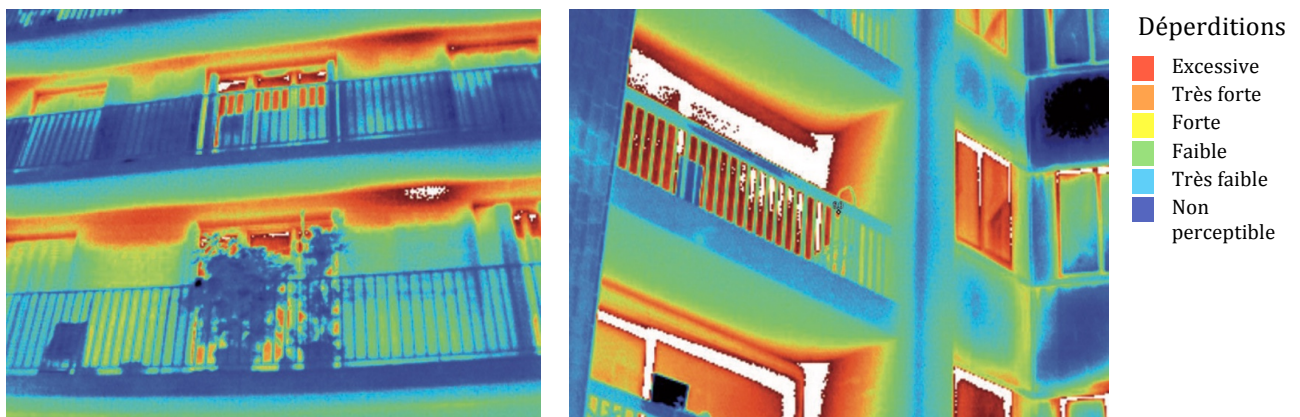


Figure 5: Comparaison des ponts thermiques des balcons à gauche et des loggias à droite (Apur, 2011).

Ossature porteuse en béton armé et panneaux préfabriqués

Dans les logements collectifs de la seconde guerre mondiale le béton armé devient le matériau prédominant. L'emploi de ce nouveau matériau se développe en association avec la diffusion du système de l'ossature porteuse (poteaux-poutres). La grande résistance mécanique du béton armé permet de libérer la façade et de s'affranchir des contraintes structurelles. D'ici la construction d'immeubles avec des murs moins épais et des pièces et baies en façade de plus grande dimension (Apur, 2011). Cette diminution d'épaisseur des murs et l'augmentation de la taille des ouvertures expliquent la faible inertie thermique des immeubles construits durant cette période, considérée comme la capacité de ces matériaux de stocker la chaleur et à la restituer petit à petit quelques heures plus tard. Cette caractéristique permet de limiter les effets d'une variation rapide de la température extérieure sur le climat intérieur grâce à un déphasage entre les deux espaces. Plus spécifiquement ce déphasage permet par exemple de garder la fraîcheur à l'intérieur de l'appartement en été pendant la journée puisque la chaleur est stockée dans les matériaux et libérée seulement en fin de journée (Buttenwieser et Chevet, 1997).

En ce qui concerne sa mise en œuvre, le béton armé peut être soit coulé directement en chantier au moyen de coffrage-outils, soit préfabriqué en usine à coût réduit. Comme mentionné par l'étude de Apur (2011) la mise en œuvre du béton armé sous forme de panneaux préfabriqués génère un nombre considérable de ponts thermiques au niveau des dispositifs de liaison.

L'après-guerre est aussi caractérisé par l'utilisation répandue des panneaux préfabriqués en béton pour les différentes composantes du bâtiment (en façade fixés à la structure portante, pour les murs porteurs, pour les planchers, etc.). En début d'après-guerre on constate surtout l'utilisation des panneaux non-porteurs fixés à la structure portante. Dans ce cas les panneaux sont fixés à l'aide de plusieurs types d'attaches utilisées pour les panneaux en pierre. Les joints entre les panneaux sont normalement remplis avec du mortier et/ou du mastic. À partir des années 1960 la présence des

structures en grands panneaux porteurs est dominante, largement utilisés dans les bâtiments de bureaux et résidentiels. Dans les années 1970, le développement de l'industrie des matériaux d'isolation permet la diffusion des panneaux sandwich en béton (Van de Voorde et al. 2015).

Dans ce contexte il faut spécifier que l'avènement de la préfabrication va de pair avec la dégradation de la qualité des enveloppes car les isolants sont trop hétérogènes (interrompue par l'ossature) ou absents. En outre les modules préfabriqués posent des problèmes de joints et d'infiltration d'air et d'eau ainsi que d'inconfort climatique dans les locaux (Apar, 2011).

Chapitre 2. Problématique, hypothèses et choix méthodologiques

Le contexte et les éléments théoriques précédemment présentés nous permettent de dresser les constants suivants.

Au temps des Trente Glorieuses, les discours des architectes modernistes sur la conception des Grands ensembles répondaient avant tout à la nécessité urgente de logements. Le but était donc de construire de façon rapide le plus grand nombre de bâtiments possible au prix le plus bas tout en assurant un cadre de vie sain et confortable. Dans ce contexte, **l'application des principes de l'industrialisation au secteur du bâtiment** est vue comme la seule solution pour répondre à la demande croissante et aux aspirations du Mouvement Moderne.

La combinaison des éléments susmentionnés conduit d'une part à la **production en séries** des dispositifs architecturaux tels que les panneaux préfabriqués en béton. D'autre part, elle conduit à un essai de « **standardisation** des hommes » dont les besoins sont identiques quelles que soit les origines géographiques, culturelles etc. Or, cette standardisation va de pair avec le rêve d'une technique capable de détacher le corps humain des contraintes naturelles qui se concrétise par le développement des nouvelles **techniques constructives** de l'**habitat**.

Suite aux **questionnements énergétiques** depuis les années 1970, ce patrimoine a fait l'objet de nombreuses critiques relatives en particulier à la mauvaise qualité en termes des **performances énergétique**. En effet, à l'époque de la construction de ce patrimoine, les contraintes énergétiques sont des données de second ordre, au profit des contraintes liées à l'urgence de la reconstruction et au manque de financement. Par la suite, la création en 1999 du Label **Patrimoine** du XX^e siècle par le Ministère de la Culture et de la Communication invite à considérer la valeur architecturale et urbaine de ces ensembles et encourage la préservation, la conservation et l'amélioration du patrimoine existant.

De là on constate la diffusion des démarches d'évaluation de ces bâtiments à l'égard par exemple de **l'absence de matériaux isolants** qui accroît les pertes de chaleur à travers les murs et à **la surexploitation d'équipements de chauffage à faible rendement** qui émettent de la chaleur de façon diffuse et constante. En effet comme mentionné par Nègre et al. (2009) et Van de Voorde et al. (2016) l'évaluation de la qualité et de la spécificité des logements collectifs de Trente Glorieuses est indissociable de la compréhension des techniques de construction et des dispositifs de confort de l'époque. La construction fine et approfondie des logements collectifs est nécessaire pour la définition des scénarios d'intervention tout en préservant les qualités architecturales, urbaines, paysagères et environnementales.

Dans ce contexte on pose donc un certain nombre de questions: **comment aborder la réhabilitation des logements collectifs construits dans les Trente Glorieuses? 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 » dans lequel s'inscrit ce mémoire de Master STEU cherche à trouver des réponses. Notre objectif étant la prise en compte des qualités thermiques dans les logements collectifs des années 1950-60, l'objectif de la partie suivante est d'explicitier d'abord **les approches existantes du diagnostic thermique de ce corpus de bâtiments** en considérant leurs points forts et faibles et les modalités éventuelles de prise en compte des caractéristiques spécifiques de ce corpus de logements.

2.1. Les approches dominantes du diagnostic thermique des bâtiments

2.1.1. Approche technique-normative

Cette approche fait référence à toutes les démarches qui ont été développées en accord avec la loi et dans le but de mettre en application les nouveaux dispositifs réglementaires. En particulier cette approche est à la base d'un diagnostic de la performance énergétique sur le plan de l'isolation de l'enveloppe et de la performance énergétique des équipements. Le diagnostic en question est élaboré à partir de la modélisation du bâtiment, du calcul réglementaire et de la simulation thermique dynamique. Parfois la modélisation du bâtiment est vérifiée grâce à la comparaison entre consommations théoriques et réelles (à l'aide des capteurs, des prises de mesures ou des factures énergétiques).

À titre explicatif, l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques et propose des guides pour l'élaboration du Diagnostic de Performance Énergétique (DPE). Ce guide donne des indications sur l'analyse des composants du bâtiment et de leur comportement thermique. En particulier on mentionne les éléments constitutifs de l'enveloppe (toiture, baies, planchers, murs) et les équipements (systèmes de chauffage, d'eau chaude sanitaire et de ventilation). Pour ce qui concerne le premier ensemble d'éléments le guide propose tout d'abord d'identifier la typologie de toiture, baies, planchers et murs. Ensuite, il propose d'identifier l'isolation existant pour chaque typologie. Enfin, il propose des recommandations généralisées d'intervention pour l'isolation intérieure ou extérieure de chaque type de composant. Une approche similaire est suggérée pour les équipements dans les sens que le guide souligne l'importance de distinguer tout d'abord le système de chauffage, ECS et ventilation pour ensuite en identifier le rendement et proposer une éventuelle substitution du dispositif.

Cette approche technique-normative présente un certain nombre de limites liées à des préconisations trop basiques ou qui se basent sur des paramètres de défaut qui négligent l'état réel du bâti, des conditions de l'environnement et des besoins réels des occupants, notamment les problèmes de confort vécus par les occupants (surchauffe, sous-chauffe, etc.), mais aussi la gestion des équipements de contrôle de l'ambiance thermique (Brisepierre, 2013). Par rapport à ce dernier

point, comme mentionné par Cazeaux et al. (2015), cette approche définit une performance théorique qui se base sur « un usager standardisé conforme au mode d'emploi du bâtiment ».

2.1.2. Approche socio-énergétique

Maarawi et al. 2015 présentent l'approche socio-énergétique comme « une collaboration pluridisciplinaire entre sociologiques et énergétiques » se basant sur un principe selon lequel l'efficacité des équipements et du bâti est indissociable de leur utilisation. En particulier il y a trois types d'actions que les habitants peuvent entreprendre sur le bâtiment dans le but d'améliorer leur confort ou réduire leur consommations: la gestion des ouvertures telles que fenêtres et occultations, la gestion des équipements comme par exemple la définition de la température de consigne, et les actions de maintenance sur les équipements (Batier, 2016; Lauranne et Bruno, 2015).

Dans l'étude menée par Marcel et Sabatier dans le cadre du programme PREBAT⁶ le rôle des occupants dans la performance énergétique des logements à haute performance énergétique a été étudié (Marcel et Sabatier, 2015). Pour ce faire, les données qualitatives issues des entretiens avec les habitants ont été mises en relation avec des données quantitatives, issues des relevés effectués pendant deux années. Ce qui ressort de l'étude est un certain nombre de constats par rapport aux trois types d'action que l'habitant peut mener « chez-soi ». Pour ce qui concerne la gestion des équipements, l'étude souligne par exemple que le manque de formation à l'utilisation d'un équipement comme un thermostat central mobile peut mener les habitants à placer ce dispositif à côté d'une fenêtre qui, une fois ouverte, induit l'actionnement du chauffage à plein régime. Des autres considérations font référence à la gestion des ouvertures et à la distance souvent constatée entre une gestion idéale de ces dispositifs et le comportement réel des habitants. Plus spécifiquement en hiver les occupants des logements collectifs considérés ont tendance à ouvrir les fenêtres pour de longues durées, alors que ce comportement dégrade fortement les consommations de chauffage même dans un logement performant. Enfin, concernant le dernier type d'action, l'étude souligne que le manque de maintenance et d'entretien des équipements, dû à une absence d'information, peut empêcher les occupants de réaliser des économies d'énergie.

Par conséquent, d'après l'approche socio-énergétique il est nécessaire de favoriser l'association de compétences et de connaissances pour obtenir un « expertise hybride » (Maarawi et al. 2015). En effet, « Dans le cas de rénovations, étudier les pratiques et le ressenti thermique des occupants peut servir de base pour proposer les solutions les plus adaptées afin de limiter les consommations énergétiques mais aussi les périodes d'inconfort » (Batier, 2016). En particulier, « Il s'agit de comprendre l'utilisation de l'objet technique en relation au complexe corps/sujet/culture. Il est nécessaire de concevoir les transferts énergétiques systémiques comme des processus interactionnels circulaires mettant en jeu le sujet humain comme principal facilitateur » (Balasescu et Seguin, 2015).

⁶ Plateforme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans le bâtiment

Avec cette approche on évite en particulier certains effets indésirables provenant de la mise en place des dispositifs techniques pour la réduction des consommations énergétiques du bâtiment. C'est notamment l'effet rebond, qui dans le domaine de l'énergétique, fait référence à la façon dont les gains environnementaux (dus par exemple à l'isolation ou à l'emploi d'équipements plus performants) sont annulés à cause d'une augmentation des usages. Cela explique la raison pour laquelle « Dans la grande majorité des cas, les consommations réelles dépassent les prévisions » (Vorger, 2014). En particulier cette approche montre un intérêt particulier à la fois pour la phase initiale d'audit ou diagnostique énergétique du bâti existant et pour la phase successive de mise en place des améliorations et accompagnement des occupants vers des comportements responsables. L'objectif primaire est de comprendre le décalage entre le système constructif et les comportements des usagers à l'état actuel et de promouvoir ensuite des nouvelles habitudes pour une utilisation plus rationnelle.

L'audit socio-énergétique utilise un dispositif d'enquête adapté au terrain étudié. Les entretiens donnent des informations sur la localisation et la temporalité des dysfonctionnements, des sources d'inconfort et de surconsommation dans les bâtiments. Les entretiens sont complétés par des sessions d'observations des actions quotidiennes et habitudes dans le bâtiment. À la fin de cette phase d'audit socio-énergétique des solutions d'amélioration comportementales et techniques sont préconisées. Dans le cas du « coaching socio-énergétique » le but est de sensibiliser les usagers sur leurs consommations et les former aux éco-gestes. Dans ce cas l'outil utilisé est l'atelier de groupe animé par un coach énergéticien. En parallèle des relevés de consommations sont effectués pendant un an pour analyser l'impact de l'intervention sur les usagers.

2.2. Mise en question des méthodes existantes

Suite à l'analyse des méthodes de diagnostic thermique existantes on peut exprimer un certain nombre de considérations. En général les approches existantes envers le diagnostic thermique sont appliquées surtout aux bâtiments nouveaux et ont tendance à négliger les relations complexes entre les différentes facteurs qui incident sur les consommations énergétique du bâtiment. Plus spécifiquement on présente ci-dessous les principaux éléments à souligner:

- le manque de considération de la valeur historique des édifices. En effet la tendance est de faire une distinction entre les bâtiments neufs construits après la réglementation thermique (RT) 1975 et les bâtiments existants antérieures à cette date. Or, le regroupement dans une même catégorie de performance énergétique de tous les bâtiments existants avant 1975 risque d'être simpliste et insuffisant. Ce type de regroupement ne tient pas compte de la grande diversité des modes constructifs ou des différences architecturales;
- l'absence de la prise en compte de la dimension sociale avec référence plus spécifique aux pratiques des utilisateurs. En effet l'analyse des usages et des modalités d'occupation et d'appropriation de l'espace est généralement partiellement considérée ou totalement omise;

- le manque de considération de la localisation géographique des édifices et des caractéristiques météorologiques. En effet les données prises en considération pour l'évaluation sont issues de mesures d'une station située à une certaine distance du site d'étude, ne considérant ni l'îlot de chaleur urbain ni la rugosité du relief. On constate aussi le manque d'une analyse fine des données météorologiques disponibles.
- le manque de prise en considération du contexte urbain avec référence plus spécifique aux masques et aux ombres portés.

En conséquence, à l'heure actuelle on relève une absence de correspondance entre l'analyse de l'état réel et les méthodes d'évaluation existantes en ce qui concerne la qualité thermique des logements collectifs de la reconstruction. Cette non-correspondance résulte d'une **compréhension partielle** des techniques de construction et dispositifs de confort de l'après-guerre et mène à présent à des **méthodes de rénovation énergétique standardisées** qui se servent des prescriptions prédéfinies relatives aux pathologies techniques générales.

De plus ces méthodes **ne considèrent ni les particularités typologiques constructives ni la valeur architecturale et urbaine** des bâtiments. Elles font notamment référence essentiellement à une dimension purement physique-technique sans prendre en compte ni les conditions extérieures ni les conditions intérieures. Ces méthodes se basent donc sur des diagnostics sectoriels et lacunaires qui conduisent parfois à des propositions de rénovation inadaptées ou incomplètes.

Il se pose donc la question de la réhabilitation énergétique sur ce patrimoine tout en assurant la prise en compte de la valeur architecturale. À cette fin il est important de développer tout d'abord une **connaissance approfondie** de ces logements collectifs pour arriver à mettre en évidence les particularités ainsi que les défauts de ce corpus et définir ensuite des solutions efficaces qui s'adaptent bien au contexte.

Cette situation conduit par conséquence à la nécessité de **redéfinir la méthode de diagnostic thermique** préalable pour toute opération de réhabilitation des bâtiments construits dans la période des Trente Glorieuses. Cette méthode devrait être capable de s'adapter au contexte spécifique considéré en utilisant les outils d'analyse, de simulation et d'évaluation existants.

Face à cette problématique générale trois questions plus spécifiques sont posées. La première est d'ordre théorique et concerne la définition d'une méthode d'évaluation thermique de l'héritage en question.

Comment caractériser la qualité thermique de grands ensembles de l'après-guerre tout en considérant les intentions initiales de projet?

Quelles sont les dimensions concernées lorsque l'on parle de qualité thermique et quelles sont les relations entre ces dimensions ?

Comment évaluer la qualité thermique de ces logements d'un point de vue technique tout en considérant les aspects historiques et sociaux ?

Une deuxième question, étroitement liée à la méthodologie, se pose par rapport au type d'outillage disponible et à la correspondance entre les possibilités offertes par l'instrument et les objectifs préétablis d'analyse thermique.

Quels sont les outils disponibles pour analyser les dimensions de la qualité thermique ? Quelle est la pertinence des outils existants par rapport à la prise en compte des caractéristiques climatiques, constructives et d'usage des logements collectifs des années 50-60 ?

Comment prendre en considération le lien existant entre la dimension perceptive du confort thermique et la dimension physique des performances énergétiques?

Une troisième question se pose par rapport aux acteurs impliqués et aux compétences nécessaires pour maîtriser la question.

Qui sont les acteurs susceptibles d'être concernés par la caractérisation de la qualité thermique de grands ensembles de l'après-guerre? Quelles sont les compétences nécessaires?

2.3. Vers une approche globale des qualités thermiques des logements collectifs

Les hypothèses suivantes sont élaborées à partir des constats et des problématiques énoncés précédemment.

La standardisation des techniques d'intervention pour la rénovation énergétique des logements collectifs des années 50-60 pourrait résulter de plusieurs éléments tels que la rigidité de la réglementation thermique existante qui impose des **méthodes d'analyse de performance énergétique non exhaustives**, la volonté de renouveler de manière rapide et économique (au risque de répéter les mêmes erreurs que celles de l'époque de la reconstruction) ou encore la fermeture disciplinaire de ce type de diagnostic limitée à la dimension des techniques d'ingénierie.

On fait l'hypothèse générale que la forme architecturale des grands ensembles génère des **phénomènes complexes** en termes de confort thermique des usagers et de consommation énergétique qui n'ont pas été considérés à l'époque par les concepteurs dans les termes dont nous le comprenons aujourd'hui. Dans certains cas ces phénomènes génèrent des surconsommations d'énergie ou des situations d'inconfort mais dans d'autres cas ils assurent le bien-être des habitants et des économies d'énergie.

On suppose que cette mise en évidence des particularités et contraintes doit nécessairement se baser sur un diagnostic approfondi afférant à la fois au **comportement thermique des dispositifs architecturaux** et techniques, et aux **pratiques et les besoins des usagers**. En effet ces deux derniers éléments sont intimement liés et la prise en compte de cette interaction est fondamentale pour mener à bien la rénovation future des logements collectifs.

À cet effet, il est considéré nécessaire l'adoption d'une **approche transversale** qui puisse prendre en compte les questions perceptives, sociologiques, physiques mais aussi technico-économiques, urbanistiques etc. afin de mieux comprendre les relations entre espace, systèmes, usagers et pratiques. Entre autres il est fondamental de mixer une approche objective qui puisse permettre la comparaison entre les situations et une approche flexible qui prévoit une certaine marge de liberté afin de s'adapter au contexte spécifique.

Certains auteurs soulignent l'importance d'adopter une approche globale qui implique un nouveau regard sur le patrimoine bâti existant du XX^e siècle. En effet « Aujourd'hui, l'ingénieur énergétique comme le sociologue constatent amèrement que l'environnement a changé. Tout se passe comme si le puzzle des compétences pensé pour être assemblé à plat, devait maintenant prendre place sur une sphère » (Arnaud, 2015)

Dans ce contexte, l'approche globale et systémique de réhabilitation est particulièrement intéressante puisque a pour l'objectif l'analyse des différents composants d'un bâtiment: l'enveloppe, les équipements consommateurs d'énergie et les utilisateurs. « Une trop simple limitation des études sur les technologies, l'ingénierie environnementale, les considérations économiques ou celles sur des styles de vie, n'apporterait pas les changements attendus à l'échelle macroscopique du développement. C'est bien vers l'appréhension complexe de la dimension unitaire de l'environnement qu'il faut se diriger, c'est-à-dire le mélange des énergies entre les processus sociaux et naturels, les entités humaines et non-humaines, voire sociales et non sociales » (Balasescu et Seguin, 2015).

L'approche globale a été adoptée dans l'étude « Connaissance des bâtiments anciens et économie d'énergie » mené par le centre d'Etudes Techniques de l'Équipement de l'Est (CETE de l'Est) en 2007 dans le but de analyser les propriétés thermiques particulières du bâti ancien construit avant 1948. L'approche globale choisie permet d'aborder le problème des économies d'énergie dans l'habitat ancien grâce à la combinaison des enquêtes de terrain et des simulations théoriques. L'étude adopte une approche systémique qui permet de considérer le bâtiment comme un système composé par plusieurs éléments étroitement liés. Les composants identifiés sont: l'environnement et l'implantation, l'organisation intérieure, le mode constructif, l'enveloppe, les ouvertures, les équipements techniques et les occupants. Les moyens employés pour l'analyse de chaque composant sont différenciés, en effet ils utilisent des relevés et enregistrements in situ, des serveurs web, de la thermographie, des sources écrites, des factures énergétiques fournies par l'occupant ou des questionnaires aux occupants.

2.4. Méthode de recherche

En cohérence avec les hypothèses formulées et face aux éléments critiques des pratiques actuelles on explicite dans les parties suivantes le raisonnement suivi dans la construction de la démarche en précisant tout d'abord les objectifs principaux, l'approche adoptée et les outils employés dans la démarche de recherche. Ensuite, on présente les critères de sélection des cas d'étude qui sont suivis par les étapes de mise en œuvre de la démarche et de sa validation postérieure.

2.3.1. Démarche proposée

Objectifs

L'objectif principal de cette recherche est d'expérimenter une **méthode de diagnostic préalable des qualités thermiques des bâtiments collectifs des années 50-60** qui puisse prendre en compte les relations existantes et mettre en tension les intentions de projet, le ressenti des habitants et la matérialité des opérations. Plus spécifiquement cette recherche cherche à définir une méthode préalable qui puisse prendre en compte à la fois une analyse architecturale, physique et du vécu des qualités thermiques de ce corpus de logements ainsi que d'une méthode de croisement des ces trois différentes perspectives. Cette méthode pourra permettre ensuite de mieux évaluer les caractéristiques propres à l'intégralité du corpus de logements construits en France dans l'après-guerre, en faisant ressortir les **aspects critiques** et les **potentialités** en terme de confort et de consommation énergétique dans une **optique d'intervention** future. Le diagnostic préalable sera suivi par un audit qui permet de valider les résultats de ce dernier et, en même temps, d'approfondir les éléments caractéristiques du cas d'étude qui ont émergés au cours de l'étude précédente.

À la base, cette méthode cible particulièrement les **bailleurs sociaux et les syndicats des copropriétés** qui pour raisons de type réglementaire, économique et social souhaitent **réaliser des opérations de rénovation énergétique**. En effet les bailleurs sociaux et les syndicats s'adressent à une structure d'accompagnement qui peut assurer la mise en relation entre les acteurs concernés et les intervenants. En plus dans **un contexte de manque d'information** important concernant les caractéristiques constructives et qualitatives de ce corpus de logements des années 50-60 il est fondamental de combiner la connaissance fine des gestionnaires de ce patrimoine bâti avec l'expertise technique des bureaux d'étude et l'expertise habitante des usagers. Dans la même optique il est nécessaire de mettre en place des **outils** qui puissent se baser sur des données réelles tout en **minimisant les temps** de collecte des données, de saisie et d'apprentissage.

Approche

L'interaction entre les conditions climatiques du contexte considéré et les composants constructifs du bâtiment analysé détermine des **conditions thermiques particulières** à l'intérieur des logements collectifs des années 50-60. Ces conditions sont à l'origine des **perceptions et actions des usagers** qui, à la fois, déterminent et sont déterminées par **les consommations énergétiques** de l'immeuble.

Face à ce constat il résulte l'adoption **d'une approche globale** qui s'intéresse d'avantage au cadre historique-architectural, urbain, technique-énergétique et social. Selon cette approche le **comportement thermique** d'un bâtiment est considéré comme un **système** qui est composé par plusieurs paramètres interdépendants. Les systèmes en question sont l'environnement et l'implantation, l'organisation intérieure, les occupants, l'enveloppe et les équipements techniques. Cette approche implique la prise en compte des **relations existantes** entre **l'architecture et l'urbanisme** qui s'occupent de la caractérisation du milieu urbain, avec la **physique** qui s'intéresse aux phénomènes d'interactions entre le microclimat et le bâti, mais aussi les **sciences sociales et humaines** qui questionnent les manières dont les individus interagissent avec son environnement bâti.

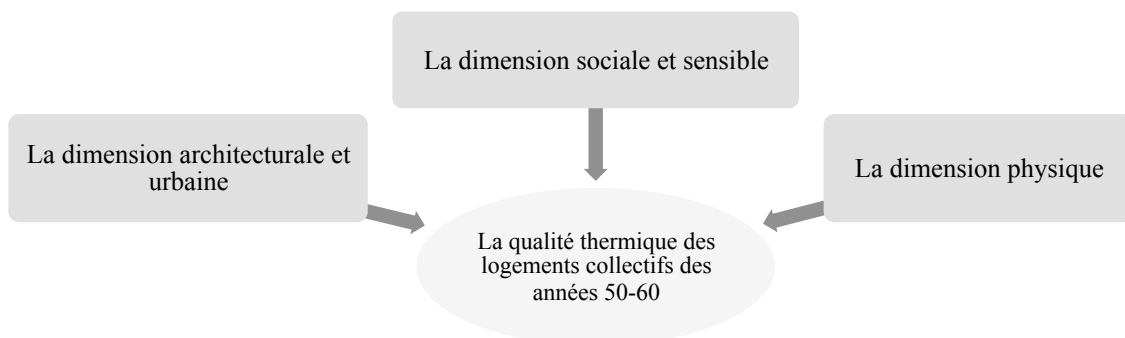


Figure 6: Approche pluridisciplinaire pour la caractérisation de la qualité thermique.

Outils

À cet effet il est nécessaire de combiner des le comportement réels des occupants, issu des enquêtes des habitants, avec les outils de simulation de la thermique du bâtiment. Les enquêtes donnent des informations sur le confort des habitants et leurs pratiques de gestion de l'enveloppe et des systèmes et des modalités spécifiques d'appropriation de l'espace.

Les simulations, de leur côté, demandent la connaissance des caractéristiques constructives des logements, issues de la documentation disponible, et des données climatiques du lieu étudié, récupérables auprès des services de la Météorologie nationale. La combinaison de ces entrées avec les informations d'usage issues des enquêtes in situ pourra conduire à l'élaboration d'un diagnostic complet de qualité thermique.

2.3.2. Sélection d'un cas d'étude

La démarche de recherche précédente est à la base de la définition des critères de sélection des cas d'étude dans le corpus initial d'environ 300 projets⁷. Les principaux critères de choix du cas d'étude sont résumés de la manière suivante:

- les objectifs du protocole d'investigation: le but principal est la définition d'un protocole de diagnostic préalable qui puisse permettre aux bailleurs sociaux de déterminer de manière rapide et

⁷ Smart French inclut une première phase de définition de la base des données.

efficace les interventions prioritaires pour la réhabilitation énergétique des logements collectifs. Pour ce faire on considère des projets qui n'ont pas été réhabilités depuis leur réalisation ou qui en général n'ont pas subi des modifications importantes;

- l'étude architecturale: la nécessité d'avoir accès au plan de masses ainsi que aux plans d'étage comme bases pour le calcul des indicateurs tels que densité, compacité et surface totale chauffée, affecte le choix du cas d'étude;

- l'étude du vécu: après avoir établi les lignes directrices de la démarche de recherche il a été décidé de limiter l'étude à des ensembles situés à Nantes ou dans la région ouest. Ce choix est justifié par la phase d'étude de la dimension sociale et sensible des qualités thermiques qui pourrait demander de se rendre sur les lieux à plusieurs reprises;

- l'étude physique: la mise en œuvre du diagnostic des propriétés thermiques des dispositifs architecturaux demande des informations de base sur les caractéristiques constructives tels que les matériaux utilisés. Par conséquent la sélection des cas d'études est aussi basée sur la disponibilité de ce type d'information souvent lacunaire.

Les critères de sélection susmentionnés ont été combinés avec la base de donnée Smart French qui inclut environ 300 projets de logements construits dans la deuxième moitié du XX^e siècle. Le cas d'étude retenu est le projet de Le Gros Chêne (1959-62) à Rennes conçu par le cabinet Legrand et Rabinel.

2.3.3. Mise en œuvre de la démarche

La mise en œuvre de la démarche se déroule selon les étapes suivantes:

1. **Définition du contexte urbain et climatique** du cas d'étude.

Pour le contexte urbain on s'intéresse aux apports par la présence des masques proches ou intégrés, par la présence des rapports de mitoyenneté et par type de surface environnante (bâtiments et sols). Les informations nécessaires sont issues des observations sur place.

Pour le contexte climatique on s'intéresse aux conditions climatiques du site d'implantation (température, humidité, vent, etc..) pendant deux différentes périodes de l'année (été et hiver) au pas horaire. Les informations nécessaires sont incluses dans les fichiers météorologiques disponibles sur le site Energyplus en format .epw.

2. **Analyse architecturale** des logements collectifs qui est introduite par une description des intentions du projet suivie par la caractérisation architecturale à la double échelle des bâtiments et d'appartement.

La caractérisation architecturale à l'échelle du bâtiment inclut les informations concernant la forme et la taille de l'immeuble, la densité bâti, la densité de logements, la compacité.

La caractérisation architecturale à l'échelle d'appartement inclut le type d'appartement, la présence du plan traversant, le type et l'orientation des pièces. Cette analyse inclut aussi l'analyse de façade pour la mise en évidence des dispositifs architecturaux des différents appartements et orientations.

Pour l'analyse architecturale on utilise la documentation historique (Base de données Smart French) de référence avec les plan masse pour l'échelle du bâtiment et le plan d'étage du projet pour l'échelle d'appartement. La documentation historique peut être intégrée éventuellement avec la double fonctionnalité Birdview et Streetview du logiciel Google Earth et des observations directes.

3. **Analyse du vécu** pour la prise en compte du confort ressenti et des pratiques des usagers à l'intérieur des pièces. On utilise l'enquête sociologique en intégrant des observations ponctuelles de bâtiments en condition d'occupation menées pendant l'enquête et des questionnaires.

Il s'agit plus d'entretiens semi-directifs autour des trois champs d'investigation: le type d'appartement et les caractéristiques sociales des usagers, le ressenti thermique des habitants dans les différentes pièces de leur appartement dans la période estivale et hivernale, les pratiques thermiques des individus interrogés sur les dispositifs architecturaux.

Les interrogées sont choisis parmi les occupants des appartements d'un étage intermédiaire, du premier et du dernier étage.

4. **Analyse physique** permet d'analyser le comportement thermique de l'enveloppe et des équipements du bâtiment à l'aide des logiciels de simulation thermique dynamique. Le logiciel sélectionné pour l'analyse en question est OpenStudio.

L'analyse physique prévoit: la modélisation volumique simplifiée d'un étage type, la définition des zones thermiques, la définition des conditions climatiques et urbaines, la définition des horaires d'occupation, des matériaux de construction et des systèmes de chauffage.

Les paramètres de sorties choisis sont la température opérative et la demande de chauffage. Les informations d'entrée utilisées proviennent de la base des données Projet Smart French, du site d'Energy Plus pour et des observations in situ.

5. **Croisement** des résultats concernant les effets sur les habitants et sur l'environnement pour la caractérisation de la performance thermique suivant un approche de type comparatif qui permet de mettre évidence les points communs et les incohérences entre les différentes études.

2.3.4. Validation

La méthode sera tout d'abord testée à travers la mise en œuvre d'un **protocole expérimental** in situ et in vitro pour l'analyse des qualités thermique du corpus d'immeubles collectifs considéré. Le but principal est de **vérifier les informations et les ressources nécessaires** en termes de cadre temporel et d'investissement requis ainsi que **la pertinence des résultats** obtenus. Cette phase de validation sera utile pour éventuellement **réorienter la démarche** définie initialement.

Chapitre 3. Proposition d'une démarche expérimentale

À partir du contexte décrit précédemment on s'aperçoit que la qualité thermique de logements collectifs des années 50-60 est un phénomène complexe qui dérive de la combinaison des conditions environnementales, des éléments techniques et des pratiques des occupants. Par la suite on propose un état de l'art autour de ces derniers éléments à la base de la démarche de diagnostic préalable indispensable à toutes propositions de réhabilitation.

On constate dans la littérature deux types d'approches pour le croisement des études in situ issus des entretiens et in vitro issues des simulations de thermique dynamique. D'un côté l'approche probabiliste prévoit le couplage des logiciels de simulation thermique dynamique avec des scénarii de comportement réels grâce à la modélisation des profils d'occupation (voire l'occupation, la consigne de température, les apports internes dus aux équipements, occultation et ventilation) qui sont obtenus sur base statistique (Batier, 2016; Cayre et al. 2011; Cazeaux et Morain, 2013, Stoppel et Leite 2014). De l'autre côté l'approche comparative prévoit la comparaison des résultats obtenus par les différentes études et mise en évidence des points communs et des incohérences, et de expliquer en les restituant dans le contexte de référence (Brisepierre, 2011). Enfin, en ce qui concerne le croisement des données l'approche probabiliste résulte, à notre avis, limitée dans la mesure où il ne capte pas certaines "pratiques thermiques" (Brisepierre, 2011) des locataires qui ne peuvent pas se réduire à une logique de type quantitatif. C'est parce que dans notre étude on choisit d'adopter une approche de type comparative.

Dans ce contexte l'objectif est tout d'abord de décomposer le système en question dans ses éléments constitutifs (l'enveloppe et les équipements du bâtiment) en terme de dimensions, organisation et composition dans le but de pouvoir les caractériser selon les différents points de vue et croiser ensuite les résultats obtenus. Notamment les composants sont évalués selon la perspective physique à l'aide des simulations et celle perceptive à l'aide des entretiens. Enfin, les résultats obtenus sont croisés grâce à une approche de type comparatif qui permet de mettre en évidence les points communs et les incohérences entre les différentes études. Le but est de développer une démarche qui puisse prendre en compte les relations existantes entre les intentions de projet, le vécu des habitants et la matérialité des opérations.

L'échelle considérée est celle du logement dans le but de comprendre comment la qualité thermique du bâtiment est influencée par la combinaison des dispositifs matériels et les pratiques des habitants.

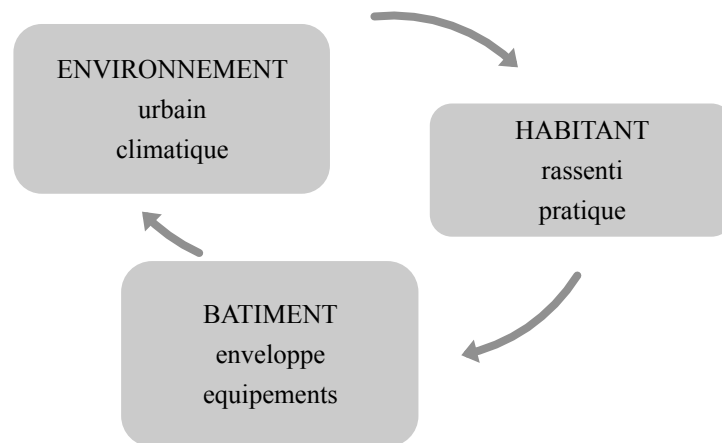


Figure 7: Les composants du système pour la caractérisation des qualités thermiques.

Il est nécessaire de spécifier qu'une telle étude se fonde sur la base de données d'immeubles collectifs des Trente Glorieuses du projet Smart French pour le repérage des bâtiments sur le territoire français en accélérant la réalisation de l'audit énergétique qui suit. Cette base des données recueille des informations et des images telles que le nombre de logements ou des précisions sur les modes constructifs ainsi que le plan masse ou des images des façades.

3.1. Définition du contexte

3.1.1. Contexte urbain

L'étude du contexte urbain est nécessaire dans l'étude thermique des logements collectifs pour vérifier la présence des rapports de mitoyenneté qui déterminent des échanges de chaleur entre bâtiments ainsi que la présence des masques qui peuvent réduire les apports solaires gratuits en hiver mais aussi faire écran au vent ou faire ombrage en été (Abadie et al. 2015). En particulier, quant à ce dernier point on peut faire une distinction entre les apports par rayonnement direct et les apports par rayonnement réfléchi (Apur, 2011).

En ce qui concerne les apports par rayonnement direct, ils peuvent être limités par la présence des masques environnants distants (comme les reliefs ou les bâtiments), proches (comme les arbres ou les bâtiments) ou intégrées (comme les balcons ou les mitoyennetés importantes) (Salomon et al. 2005).

En ce qui concerne les apports par rayonnement réfléchi il est important de considérer les matériaux et le pouvoir réfléchissant des surfaces environnantes des bâtiments et des sols (voir l'albédo). Par exemple une surface de gazon autour du bâtiment peut créer un effet local de fraîcheur par rapport aux surfaces minéralisées environnantes qui a un effet direct sur le confort thermique des locataires à l'intérieur des pièces (Apur, 2011; Malys 2012).

L'environnement et la forme du bâtiment agissent aussi sur le potentiel effet îlot de chaleur de par les matériaux (minéralisation des sols, stockage de chaleur béton/bitume) et les effets du vent (accélération ou masque au vent) (Bernard, 2017). Cet effet d'îlot de chaleur urbain est étroitement

lié aux consommations énergétiques du bâtiment, en augmentant les besoins de refroidissement en été et diminuant les besoins de chauffage en hiver (Svensson et Eliasson, 2002).

3.1.2. Contexte climatique

Dans l'étude du contexte climatique il est fondamental de prendre en compte de la météorologie locale du site d'implantation pour comprendre le comportement thermique du bâtiment et l'état du confort à l'intérieur des pièces (Malys, 2012). En effet le plus grand problème concerne le repérage des données qui sont plutôt complexes à obtenir, pas toujours disponibles ou suffisamment détaillées. Normalement les mesures de certaines variables climatologiques sont mesurées par les services de Météo-France, où on peut récupérer le fichier météorologique de la station météo la plus proche. Il y a plusieurs types de bases et cela dépend de ce qu'on cherche à faire. Pour une simulation annuelle on a besoin des données d'une année type toute les heures. Une fois les données sont obtenus il faut vérifier que le format est exploitable par le logiciel de simulation thermique adopté. Si c'est pas le cas il faudra transformer les données au format opportun, ce qui peut être chronophage.

On pourra ensuite mettre en évidence la relation entre les températures extérieures et intérieures des logements, ce qui dépend grandement du type d'enveloppe et des systèmes qu'on considère. Grace aux données climatiques le logiciel de simulation thermique dynamique employé lors de l'étude physique nous pourrons estimer les consommations énergétiques et le niveau de confort thermique. En particulier pour la réalisation de simulation on nécessite des données relatives à la température, l'humidité, le rayonnement et le vent (direction et vitesse), principaux paramètres responsables du comportement énergétique d'un bâtiment (Bouyer, 2009).

3.1.3. Positionnement de la recherche

Suite aux constants des paragraphes précédents on précise dans la partie suivante le positionnement de la recherche en ce qui concerne le contexte urbain et climatique.

Pour le contexte urbain on s'intéresse aux apports par la présence des masques intègres proches ou intégrés, par la présence des rapports de mitoyenneté et par type de surface environnante (bâtiments et sols). Les informations nécessaires sont issues des observations sur place.

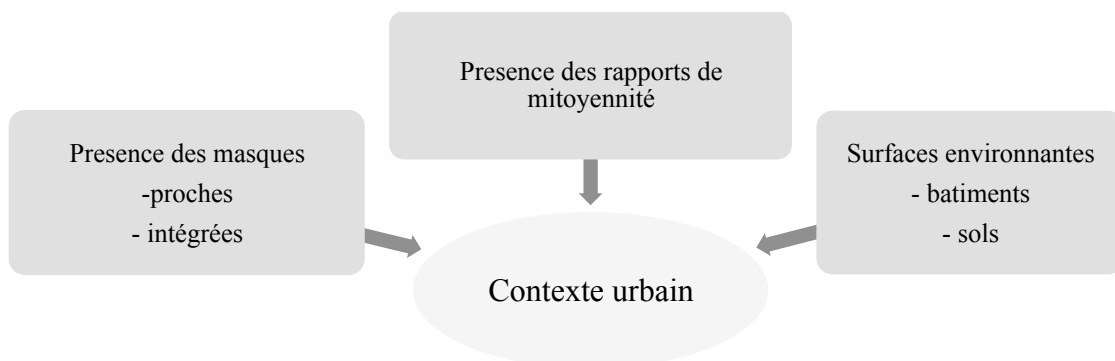


Figure 8: Les éléments du contexte urbain qui affectent les échanges de chaleur du bâtiment.

Pour le contexte climatique on s'intéresse aux conditions climatiques du site d'implantation (température, humidité, vent, etc..) pendant deux différentes périodes de l'année (été et hiver) au pas horaire. Les informations nécessaires sont incluses dans les fichiers météorologiques disponibles sur le site Energyplus en format .epw. En effet le choix de la base de données pour le repérage des informations météorologiques est étroitement lié au logiciel adopté et aux sorties choisies pour l'analyse physique (explicités dans la suite).

3.2. Étude architecturale

3.2.1. Bâtiments et appartements

Les caractéristiques relatives à la typologie du bâtiment comprennent tout d'abord des données de base rapides à déterminer telles que le nombre des immeubles, la forme de l'immeuble (tours, barres, etc.) et le nombre d'étage (Bensalma, 2012). Ensuite, on procède avec le calcul des indicateurs plus complexes pour lesquels la connaissance d'un certain nombre d'informations est indispensable tels que la densité, la compacité et l'orientation de l'immeuble (Apur, 2011).

Les caractéristiques relatives à l'organisation intérieure des espaces de chaque appartement et aux besoins thermiques des ces différentes zones résulte fondamental pour la compréhension du comportement thermiques de l'enveloppe et des comportements des habitants (Batier, 2016). Ces caractéristiques comprennent des informations de base qui ne demandent pas des calculs supplémentaires tels que le type d'appartement (T1, T2, etc.), la présence du plan traversant qui favorise la ventilation naturelle par tirage thermique, l'orientation des pièces par rapport à leur usage, la distinction entre les « pièces sèches » (chambre et salon) et les « pièces humides » (cuisine et salle d'eau), la présence des espaces tampons (vides sanitaires, combles) autour des pièces chauffées qui permettent de réduire les déperditions thermiques et de se protéger des vents dominants et enfin la surface total chauffée par typologie de logement (Apur, 2011).

3.2.3. Positionnement de la recherche

Suite aux constants des paragraphes précédents on précise dans la partie suivante le positionnement de la recherche en ce qui concerne l'étude architecturale.

L'étude architecturale du logement collectif est introduite tout d'abord par une description des intentions du projet suivie par la caractérisation architecturale à la double échelle des bâtiments et d'appartement. La description des intentions de projets provient de la lecture des revues historiques. La caractérisation architecturale à l'échelle du bâtiment inclut les informations concernant la forme et la taille de l'immeuble, la densité bâti, la densité de logements, la compacité.

Par la suite on propose un tableau récapitulatif des indicateurs qui ont des implications en termes de besoin énergétique du bâtiment. Le but est de mieux comprendre les informations nécessaires et les modalités de calcul de ces indicateurs.

Indicateurs	Informations demandés	Modalité de calcul
Densité bâtie	s: emprise au sol (m ²) S: surface parc (m ²)	$\frac{s}{S}$
Densité de logements	n: nombre de logements S: surface parc (ha)	$\frac{n}{S}$
Compacité	E: surface enveloppe (m ²) e: surface planchers (m ²)	$\frac{E}{e}$
Orientation des façades	f: surface façades sud (m ²) F: surface totale façades (m ²)	$\frac{f}{F}$

Tableau 1: Les indicateurs à l'échelle du bâtiment influençant les besoins énergétiques.

La caractérisation architecturale à l'échelle d'appartement inclut le type d'appartement, la présence du plan traversant, le type et l'orientation des pièces. Cette analyse inclut aussi l'analyse de façade pour la mise en évidence des dispositifs architecturaux des différents appartements et orientations (présence de loggias ou balcons, type d'ouvertures, type de volets). Pour ce faire on utilise la documentation historique de référence avec le plan masse pour l'échelle du bâtiment et le plan d'étage du projet, à intégrer éventuellement avec la double fonctionnalité Birdview et Streetview du logiciel Google Earth et des observations directes.

3.3. Étude du vécu

3.3.1. Enquêter l'expertise habitante

L'approche socio-énergétique se base sur l'« expertise habitante » qui permet de mobiliser la connaissance ordinaire de l'habitant de la phase d'audit à la phase de coaching socio-énergétique (voir paragraphe 2.1.2. *L'approche socio-énergétique*). En effet en accord avec Duarte (2008) les habitants ont une connaissance subjective de l'espace qui ne correspond pas avec une connaissance scientifique systématique. Cette connaissance subjective dérive de l'expérience quotidienne des lieux de vie.

Cette démarche revêt un intérêt particulier dans le cadre des projet de rénovation et réhabilitation puisque il permet de mieux comprendre les problématiques et mieux définir les solution possibles. L'objectif n'est pas se substituer aux expertises scientifiques classiques, mais plutôt de compléter et nuancer le propos de ces dernières par l'expertise d'usage des habitants (Duarte, 2008). L'habitant est considéré comme sujet actif qui met en place des pratiques d'appropriation de l'espace et qui manipule les dispositifs architecturaux d'après leur « savoir habiter, c'est-à-dire leur savoir vécu et

profane de ce qui constitue la bonne utilisation de tel ou tel équipement technique » (Dégremont-Dorville, 2015).

Cette expertise peut être captée grâce à différentes techniques d'enquêtes. À ce propos Sdei et al. (2015) présentent des cas d'études pour application de l'approche socio-énergétique en considérant notamment la différence des méthodes d'entretien pour la phase d'audit socio-énergétique adoptées en Royaume Uni et en France.

Les deux pays ont considéré les mêmes thématiques d'analyse tels que les variables démographiques les besoins et consommations énergétiques, les équipements utilisés ou encore les niveaux de confort. Cependant le Royaume Uni adopte une méthode quantitative pour les entretiens d'audit et coaching socio-énergétique alors que la France opte pour une méthode qualitative avec des entretiens semi-structurés et des questionnaires.

3.3.2. Positionnement de la recherche

Suite aux constants des paragraphes précédents on précise dans la partie suivante le positionnement de la recherche en ce qui concerne l'étude du vécu.

Lors de l'étude du vécu in situ le but principal est la prise en compte du confort ressenti et des pratiques des usagers à l'intérieur des pièces. Entre autre la compréhension de la gestion de l'énergie par les occupants résulte fondamentale pour la mise en tension des informations relatives aux modalités d'appropriation de l'espace avec les intentions du projet des concepteurs. En conséquence pour l'étude on utilise l'enquête sociologique en intégrant des observations ponctuelles de bâtiments en condition d'occupation menées pendant l'enquête et des questionnaires (Brisepierre, 2011). La prise de mesures techniques qui demande l'utilisation d'équipements techniques (Batier, 2016) et l'observation participante qui demande la présence en continu sur le terrain tout au long de la journée pendant une période longue (Subremon, 2009) ont été écartées pour des raisons d'économie de temps et moyens pour une telle méthode de pré-diagnostic.

Il s'agit plus spécifiquement d'**entretiens semi-directifs** à partir des thèmes et questions ouvertes qui peuvent orienter les répondants et leur permettre de s'exprimer librement autour de l'objet de recherche avec des réponses-discours (Brisepierre, 2011).

L'entretien s'organise autour des trois champs d'investigation (guide d'entretien en annexe). Le premier champ est celui du ressenti thermique des habitants dans les différentes pièces de leur appartement (séjour, cuisine, chambre, etc.) dans la période estivale et hivernale. Le deuxième champ les « pratiques thermiques » (Brisepierre, 2011) des individus interrogés sur les dispositifs architecturaux (tels que volets et fenêtres) et sur les équipements (tels que ventilateur et chauffage) comme réponse à leurs perceptions hivernales et estivales. Le dernier champ concerne les caractéristiques sociales des usagers et l'organisation des pièces dans l'appartement.



Figure 10: Les champs d'investigation des entretiens pour l'étude du vécu.

Comme présenté dans la guide d'entretien en annexe l'entretien est mené en trois temps. Dans un premier temps l'entretien semi-directif permet de poser des questions d'ordre général. Les questions sont structurées par les champs d'investigation susmentionnés, qui sont énoncés clairement au fur et à mesure des entretiens afin de gagner en clarté et temps.

Dans un deuxième temps, l'entretien prévoit une visite accompagnée de l'appartement, qui favorise une description plus précise des modalités d'appropriation de l'espace dans les différentes périodes de l'année. Enfin, dans un troisième temps les habitants répondent à des questions plus détaillées qui permettent l'analyse des données suivante.

Les modalités possibles de mise en œuvre des entretiens aux habitants incluent l'entretien téléphonique ou à domicile. Dans le premier cas les locataires peuvent répondre aux questions en fonction de leurs disponibilités mais ils pourraient mal comprendre certaines questions et donner par conséquent des réponses partielles. Dans le deuxième cas, l'enquêteur se trouve en relation directe avec les personnes dans les logements et leur pose des questions en s'appuyant sur une liste de thèmes et de questions ouvertes rédigées antérieurement. Pour l'étude en question on a opté pour les entretiens avec les habitants à domicile, ce qui permet aussi à l'enquêteur des réaliser des observations et de prendre des photos. Les réponses sont remplies par prise de notes de l'enquêteur (Bensalma, 2012).

Les critères de recrutement des familles incluent la disponibilité des locataires à être interviewés avec la possibilité d'analyser au moins une famille par étage et par exposition de la pièce.

Pour le recrutement des locataires dans le cas des logements collectifs on s'adresse à:

- les occupants d'un étage intermédiaire pour la prise en considérations des différentes perceptions et pratiques selon les orientations;
- les occupants d'un appartement au premier et dernier étage pour la prise en considération des différentes perceptions et pratiques selon l'exposition des étages.

3.4. Étude physique

3.4.1. Les outils de simulation thermique du bâtiment

Il existe un certain nombre d'outils de simulation thermique permettant d'estimer les consommations d'énergie et le confort des occupants d'un bâtiment. Cette estimation permet de tester différentes solutions d'amélioration énergétique grâce à la possibilité de changer différents paramètres d'entrée en se basant sur des modèles mathématiques et physiques. En effet ce type d'outil peut être utilisé tout au long du processus de conception depuis le diagnostic initial, passant par l'évaluation des alternatives possibles jusqu'à la phase la validation de choix (Abadie et al. 2016). Selon plusieurs auteurs (Salomon et al. 2005; Thorel, 2014) il y a deux types d'outils pour étudier la performance thermique des bâtiments en France: les modèles qui utilisent des codes de calcul réglementaires et les modèles qui adoptent des codes de calcul non-réglementaire.

La première catégorie inclut des méthodes telles que Th-C-E Ex définies par la RT 2012 pour les bâtiments existants et élaborée par le Centre scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). Ces méthodes emploient pour certains paramètres du calcul des valeurs prédéfinies en se basant sur des scénarii conventionnels (Thorel, 2014). Plusieurs auteurs se sont interrogés sur les limites des méthodes réglementaires par rapport au fait que ils définissent des valeurs standardisées et que ils ne considèrent pas un certain nombre des paramètres essentiels pour l'étude du comportement thermique d'un bâtiment tels que la quantification des apports solaires ou les conditions climatiques spécifiques du site d'implantation (Sidler, 2012). La seconde catégorie inclut des outils plus détaillés (TRNSYS, Energy Plus, Pléiades+comfie) qui s'adressent à un panel très large d'utilisateurs (architectes, BET, centres de recherche) selon le niveau d'expertise demandé.

Abadie et al. (2016) propose la comparaison des modèles STD selon la procédure Building Energy Simulation Test (BESTEST). Cette étude considère les logiciels EnergyPlus, Trnsys, ESP-r, Comfie, CoDyBa et Th-BCE 2012 pour les mêmes cas d'étude. Les résultats montrent tout d'abord des « résultats anormalement éloignés des références internationales » pour l'outil Th-BCE à cause de la mauvaise prise en compte du rayonnement solaire. En outre, l'étude nous montre par exemple que les résultats de Trnsys sont souvent relativement éloignés d'ESP-r et d'Energyplus dont les résultats sont très proches. On remarque aussi que Comfie et CodyBa ont des puissances de chauffage supérieures parce que ce qui a été considéré n'est pas seulement l'échauffement de l'air mais aussi celui de la partie superficielle des parois. En conclusion les auteurs soulignent que ce qui compte pour définir la fiabilité d'un outil n'est pas vraiment la complexité ou le raffinement des modèles mais plutôt la leur confrontation avec la réalité et les conditions réalistes d'utilisation.

Ce qui affecte le choix d'un logiciel STD pour une méthode de diagnostic préalable de qualité thermique est le temps nécessaire pour l'apprentissage et le calcul du logiciel ainsi que la disponibilité des données météorologiques dans un format facilement exploitable par le logiciel.

3.4.2. Les modèles pour le traitement des données

Selon plusieurs auteurs (Abadie et al. 2016; Berthou, 2013; Li et Wen, 2014; Royer et al. 2016) les modèles des simulations thermiques des bâtiments peuvent être aussi distingués en fonction du principe de traitement des données qui permet de lier les données d'entrée du bâti avec les données de sortie des systèmes énergétiques. On peut donc distinguer le modèle « boîte blanche », les modèles « boîte noire » et les modèles « boîte grise ».

- a. Les modèles « boîte blanche » sont basés sur des équations mathématiques développées à partir de lois générales sur le bilan thermique qui sont appliquées aux différents composants du système et des sous-systèmes (Royer et al. 2016). En accord avec Li et Wen (2014) ce genre de modèles offre une description précise du comportement dynamique du bâtiment mais, en même temps, ils demandent beaucoup de temps pour la résolution. Généralement les modèles « boîte blanche » sont utilisés dans les cas où il n'est pas possible ou pratique d'effectuer des mesures directes. Les logiciels qui se basent sur ce type de modèle sont par exemple EnergyPlus, ESP-r ou TRNSYS.
- b. Les modèles « boîte noire » sont basés sur la définition d'une relation mathématique la plus précise possible sur des mesures des entrées et des sorties du système. Pour ce genre de modèles il est nécessaire d'effectuer des mesures in situ pendant une certaine période de temps dans le but de tester la validité du modèle. Les modèles boîte noire sont plus simples à construire et ils sont efficaces du point de vue computationnel mais ils ont aussi des chronophages et peuvent être adoptés uniquement dans les limites des conditions utilisées pour la calibration (Berthou, 2013).
- c. Les modèles « boîte grise » sont des hybrides qui combinent le modèle « boîte blanche » avec le modèle « boîte noire ». Ils sont utilisés dans les cas où on dispose des informations pour certains composants, qui peuvent être traités avec des modèles « boîte blanche » du système, et une manque d'information pour les autres, analysables à l'aide des modèles « boîte noire » (Abadie et al, 2016) .

3.4.4. Le système

Définition du système

Dans cette phase on va tout d'abord définir les parois thermiquement homogènes, c'est-à-dire les façades qui sont soumises aux mêmes sollicitations thermiques, gardent la même orientation, inclinaison, composition et donnant uniquement sur une autre pièce ou sur l'extérieur.

Une zone thermique est définie comme « un volume d'air, bâtiment ou partie de bâtiment, aux propriétés homogènes » (Daviau, 2016). Pour un bâtiment mono-zone, avec une seule zone

thermique, toutes les parois sont en contact avec un volume d'air unique intérieur. À partir de cette définition on procède au bilan de la chaleur pour chaque paroi avec la prise en considération des phénomènes de conduction, convection et rayonnement.

Les modèles sont dits « monotones » si la température de l'air homogène dans l'espace modélisé est homogène. Ils sont dits « multizones » si l'espace modélisé est composé de plusieurs espaces aux températures différentes (Daviau, 2016). Ce dernier est particulièrement utile pour la considération des différences entre les étages d'un immeuble ou entre les pièces d'un même logement. Selon Abadie et al. (2016) les critères du regroupement des zones thermiques sont: les charges intérieurs dus aux occupants, l'exposition solaire des façades extérieures, la présence de systèmes HVAC et la présence de zones de circulation ou d'espace tampons.

Pour ce qui concerne la période de l'année à analyser on peut prendre en considération des périodes de temps limitées (mensuelles, hebdomadaires ou journalières) pour la saison hivernale et pour la saison chaude en se basant sur l'analyse statistique des températures obtenues dans la phase précédente (Abadie et al. 2016). En effet le grand progrès de la simulation thermique dynamique est l'introduction de la dimension temporelle. Normalement les logiciels STD suivent les pas de temps le plus souvent de l'ordre de quelques minutes à une heure (Abadie et al. 2016). Le choix du pas de temps dépend fortement du but final, c'est-à-dire que si on a l'intention d'évaluer par exemple les besoins de chauffage mensuels un pas de temps d'une heure est suffisant.

3.4.5. Les entrées

Scenario de comportements

D'après les auteurs les scénarii de comportements sont issus des profils d'occupation concernant l'occupation, la température de consigne, les apports internes dus aux équipements et la gestion des fenêtres et des occultations.

Les apports internes de chaleur sont définis en termes de puissances produites par les principaux appareils et d'apports occupants en fonction du comportement et des contraintes spécifiques de l'individu à l'intérieur des logements (Batier, 2016). En effet comme mentionné par Abadie et al. (2016) « l'homme vit, dans tout cet espace, avec ses désirs et son imaginaire: il bouge, il passe du dedans au dehors, il change d'activité et de vêtements, il souhaite profiter du soleil de printemps, se mettre au frais sur une terrasse ombragée en sentant la brise, puis s'abriter dans une ombre protectrice, aller dans un sauna avant de se rouler dans la neige ». Dans ce contexte on constate l'existence de trois types d'approche pour modéliser les comportements des individus: l'approche déterministe, l'approche orientée et l'approche stochastique (Batier, 2016; Vorger, 2014).

L'approche déterministe correspond à la définition des scénarii conventionnels à partir de la réglementation thermique 2012 avec la définition de modes standardisées d'usage et de gestion du bâtiment⁸. Ces scénarii sont définis pour décrire le fonctionnement de chauffage, refroidissement,

⁸ Voir norme ISO 13790

éclairage, ventilation et eau chaude sanitaire. Les comportements, qui sont identiques pour tous les occupants, sont définis pour chaque heure pour une semaine type avec la prise en considération des périodes de vacances. Une des limites de cette approche est le manque de réalisme et la statique des comportements des individus selon l'état changeant de l'environnement. En effet un certain nombre d'éléments liés à la diversité des manières d'habiter, tels que l'ouverture des fenêtres ou la gestion des volets, sont négligées (Vorger, 2014).

L'approche orientée se base sur le développement sur un modèle dynamique du confort thermique, où sur la base de l'état thermique de l'individu on définit les actions qui vont être réalisées à partir d'une liste prédéfinie (TRNSYS). Plus spécifiquement un modèle orienté définit tout d'abord une population d'agents caractérisés par des attributs et des comportements, ensuite il détermine les relations et les interactions existantes entre les agents et enfin il établit l'environnement avec lequel les agents interagissent (Macal et North, 2010). Ce type de modèles a la limite d'arriver parfois à définir des liens forcés entre le niveau de confort thermique et les actions conséquentes suite à un excès de rationalité (Vorger, 2014).

L'approche stochastique se base sur des statistiques de comportements adaptatifs des individus, c'est-à-dire que la condition de confort dépend grandement du contexte et que l'individu change sa réaction selon l'expérience (Cazeaux et Morain, 2013). Cette approche se base sur le principe selon lequel « il n'y a pas une température précise à laquelle tout le monde ouvre sa fenêtre, mais plus la température est élevée, plus la probabilité que la fenêtre soit ouverte est forte » (Humphreys et Fergus, 2004). En effet à partir des observations en entrée, ce modèle fournit non pas une sortie unique mais une distribution de probabilités de la sortie. Les scénarii de comportements élaborés à partir des observations peuvent aussi être intégrés dans des logiciels de simulation thermique dynamique. La complexité et le temps de calcul sont encore grands et l'application est restreinte à des études spécialisées.

Caractéristiques thermiques et constructives

Une fois le système et les scénarii de comportements des usagers ont été définis il est nécessaire de comprendre le comportement thermique du bâtiment. À cette fin il est fondamental d'avoir des informations sur l'enveloppe (comme les caractéristiques thermo-physiques des matériaux) ainsi que sur les équipements.

Normalement ce type d'informations est stocké dans les bibliothèques des logiciels. En vrai la limite de ce type de logiciels réside dans le fait que les caractéristiques thermiques des éléments constructifs ont été établies à partir de valeurs standard alors que ces mêmes caractéristiques peuvent varier au fil du temps (du par exemple aux changements des conditions climatiques, détérioration des matériaux).

Pour ce qui concerne les équipements thermiques Abadie et al. (2016) élabore la classification suivante: le chauffage de locaux, la production d'eau chaude sanitaire (ECS), la climatisation et les usages spécifiques (voire par exemple la réfrigération et la cuisson des aliments). Or, la

modélisation de ces systèmes thermiques doit nécessairement être faite avec celle du bâti, vu la forte relation existante entre les deux.

On relève dans la littérature la difficulté de trouver de valeurs réelles pour les caractéristiques thermique des matériaux et des systèmes dans les bâtis des années 1950-60.

3.4.6. Les sorties

En général les résultats de simulation sont des fichiers contenant les valeurs prises par les sorties du logiciel à chaque pas de temps (Abadie et al. 2016). Les logiciels de simulation thermique dynamique sont capables de calculer les besoins de chauffage et de rafraîchissement des bâtiments ainsi que des indicateurs de confort thermique tels que le taux d'inconfort ou la moyenne surchauffée max (Vorger, 2014). Or, les résultats fournis par une simulation peuvent être synthétisés avec par exemple des courbes de fréquence cumules sur une certaine période de l'année (par mois ou pas saison) ou avec ce qu'on appelle Sankey Diagram. Ce dernier permet de faire un bilan entre les déperditions du bâtiment par les parois ainsi que par renouvellement d'air et les apports gratuits (solaires et internes).

3.4.7 Positionnement de la recherche

Suite aux constants des paragraphes précédents on précise dans la partie suivante le positionnement de la recherche en ce qui concerne l'étude physique.

L'étude physique in vitro nous permet d'analyser le comportement thermique des dispositifs architecturaux du bâtiment à l'aide des logiciels de simulation thermique dynamique. L'utilisation des logiciels STD est préférable aux calculs à la main puisque ils offrent la possibilité d'effectuer un grand nombre de calculs en un temps limité. Le logiciel sectionné pour l'analyse en question est OpenStudio, modèle de réduction de EnergyPlus, programme de simulation thermique et énergétique des bâtiments développé par le DOE (Departement of Energy, Etats-Unis). OpenStudio dispose d'accès libre et il est disponible pour tous les utilisateurs PC ou MAC. Il permet de modéliser le chauffage et de réaliser les simulations à un pas de temps inférieur à l'heure, d'analyser le confort thermique, de traiter du multizone etc... Entre autre il met aussi à disposition les données météorologiques en format .epw (le format propre à EnergyPlus).

Les informations d'entrée utilisées proviennent de la base des données Projet Smart French. Dans le cas où des travaux de rénovation ont été mené il est nécessaire d'intégrer la documentation historique avec des observations in situ ou de la documentation fournie par le bailleur social.

Dans l'étape de définition du système on va définir un modelé multizone, où l'espace modélisé est composé de plusieurs espaces qui correspondent à chaque pièce. De cette manière il est possible d'étudier le comportement thermique de l'enveloppe et des systèmes pour les différentes pièces. En ce qui concerne la période de l'année à analyser on considère deux périodes opposées en hiver et en été en se basent sur le choix de deux journées significatives d'été et d'hiver définies par le logiciel Open Studio depuis les fichiers météorologiques en format .epw. Dans l'intention de considérer

l'évolution des températures des pièces tout au long de la journée le pas de temps choisi est celui horaire.

Parmi les entrées, en ce qui concerne les scénarii de comportements on ne considère pas la présence humaine puisque le but de cette partie n'est pas de modéliser le comportement des occupants mais d'évaluer le comportement thermique de l'enveloppe et des systèmes de chauffage et ventilation.

Ensuite dans le but de déterminer les caractéristiques thermiques de l'enveloppe et des systèmes il est nécessaire un certain nombre d'information selon l'élément de l'enveloppe considéré. Dans le tableau suivant on présente les composants, les sous-composants et les informations demandés par le logiciel Open studio.

Composant	Sous-composant	Informations demandés
Enveloppe	Façade	matériaux et composition
	Planchers	matériaux et composition
	Fenêtres	type menuiserie protections solaires
	Toiture	matériaux et composition
	Cloisons	matériaux et composition

Tableau 2: Les sous-composant de l'enveloppe et les informations demandées pour la caractérisation thermique.

Pour la définition des sorties l'étude du cadre physique est restreint aux paramètres de demande de chauffage et température opérative. Le choix est justifié d'une part par l'importance des ces deux paramètres dans l'étude des systèmes de chauffage en relation à la forme du bâtiment et dans l'étude du comportement thermiques de l'enveloppe.

Chapitre 4. Application de la démarche

Le projet Smart French a fourni une base des données d'environ 300 opérations construites dans la deuxième moitié du XX^e siècle. Cette sélection préalable a été combinée avec les critères de sélection des cas susmentionnés (3.2. La sélection des cas). Le cas d'étude retenu est le projet Le Gros Chêne (1959-62) à Rennes conçu par le cabinet Legrand et Rabinel.

4.1. Le cas d'étude

Le quartier « Le Gros Chêne » se situe au nord de la ville de Rennes, à 4 km du centre. Il est délimité par le boulevard Volney à sud-ouest, le boulevard du Général-Patton à l'ouest, l'Avenue de Rochester à nord et par le terrain de la première opération du secteur de Maurepas à l'est et sud-est. Le terrain d'installation du projet se distingue par le fort dénivelé d'environ 20 mètres entre l'amont du site et le centre commercial (de l'est vers l'ouest).

L'opération « Le Gros Chêne » a été conçue en 1959 par les architectes J-M Legrand et J. Rabinel, provenant d'une formation en architecture à l'école de « Beaux-Arts ». Ce qui caractérise leur conception du projet est la recherche d'une densité forte, qui les amène à répartir ce programme en tours, bâtiments d'hauteur moyenne et bâtiments bas. En particulier toutes les tours et les quatre barres basses sont disposées le long de deux axes principaux (Allée de Maurepas et Boulevard Emmanuel Mounier) alors que la barre d'hauteur moyenne et une barre basse ont un rôle de jonction entre les deux axes principaux.

L'ensemble des espaces de services comprend des jardins, des terrains de sport, des parkings, un centre commercial, un groupe scolaire, un centre social et un centre culturel. Parmi ces équipements le centre scolaire est le seul service déjà présent au centre du terrain avant la réalisation du projet. La partie restante d'équipements a été construite en cours et après la réalisation des logements.

En 1993 le secteur du « Le Gros Chêne » est inscrit en ZAC (Zone d'Aménagement Concertée) dans le cadre de l'opération de Développement Social du Quartier (D.S.Q.) dans le but de remédier aux difficultés vécues dans le quartier. Le projet comporte la réhabilitation des bâtiments et des espaces extérieurs dans le but de diversifier l'habitat. Plus spécifiquement les travaux incluent l'installation de baignoires dans les salles de bains et la réfection des éviers et des installations pour tous les appareils ménagers dans les cuisines. Par ailleurs d'importantes interventions ont été effectuées sur les terrasses et les ascenseurs, qui sont remis en duplex.

À partir du 2015 le quartier fait l'objet d'une intervention de rénovation dans le cadre du Programme National pour la Rénovation Urbaine (PNRU) qui prévoit des interventions sur la période 2015/2020.

4.2. Analyse architecturale

On présente dans cette section l'analyse architecturale de l'ensemble « Le Gros Chêne » à Rennes, basée sur la documentation historique disponible de la base de données Smart French. Le but est de mieux cerner l'objet urbain et architectural dans ses caractéristiques techniques et morphologiques. Les résultats de l'analyse s'organisent en deux parties selon l'échelle considérée: l'échelle des bâtiments dans une première partie et celle des appartements dans une deuxième partie.

4.2.1. Résultats et discussion

La surface totale du projet est 101 155 m² (environ 10 hectares), dont la surface bâtie est 10 200 m² pour un total de 4700 habitants (470 habitants l'hectare). L'opération prévoit deux phases de réalisation entre 1959 et 1962: une première phase comprenant 910 logements des bâtiments-tours et une seconde constituée de bâtiments de plus faible hauteur constituant 505 logements pour un total de 1415 logements.



Figure 11: Le plan masse du quartier Le Gros Chêne à Rennes et la numérotation des bâtiments utilisée pour cette étude.

Le quartier inclut trois types d'immeubles:

- 5 bâtiments bas (R+3 et R+4 étages) à forme de barre, dont 3 orientés est-ouest et les deux autres perpendiculaires de +43° et -43°;
- 1 bâtiment de hauteur moyenne (R+8 étages) en forme de banane orienté à +0°, +15° et +30°⁹;

⁹ Le bâtiment cinq a été subdivisé en trois parties, en raison de sa forme et longueur.

- 10 tours (R+16 étages), dont 4 orientés nord-sud et 6 orientés à -20°.

Il est important de spécifier que les barres au nord comprises entre les deux lignes de tours résultent de la combinaison entre R+3 et R+4 (de l'est vers l'ouest). En effet la différence de niveau permet de changer la hauteur des barres tout en préservant la continuité dans la toiture. Entre autres la compacité des bâtiments est de l'ordre de 0,8 pour les barres et la banane et de 0,6 pour les tours.

Dans les revues historiques qui décrivent le projet en question on constate l'absence d'une déclaration d'intention au regard des orientations des bâtiments (on relève 6 orientations différentes pour un total de 16 bâtiments), ce qui a pu être influencée par la caractéristiques topologiques du terrain. Entre autre on remarque que le group des tours B3, B4, B6, B7, celui des tours B8, B9, B10 et des tours B11, B12, B13, B14, B15, B16 ont été implantées suivant les deux axes principaux de la rue. Le bâtiment banane B5 sert de liaison entre ces groups de bâtiments. Par la suite on présente un tableau récapitulatif avec les résultats des informations nécessaires pour l'étude architecturale à l'échelle du bâtiment.

Nombre bâtiment	Orientation ¹⁰	Compacité	Nombre étages ¹¹	Forme	Nombre logts par forme	Nombre logts totale	Surface parc	Surface bâtie	Densité bâtie	Densité de logts
B1	+ 43°	0,8	R+4	barre	233	1415	10 1155 m ²	10 200 m ²	0, 10	141,5 logts/ha
B2	- 43°	0,8								
B9	+90°	0,8	R+3 (2 unités)							
B8			R+4 (2 unités)							
B10	+90°	0,8	R+3 (2 unités) R+4 (2 unités)							
B3	0°	0,6	R+15							
B4										
B6										
B7										
B11										
B12	- 20°	0,6	R+15							
B13										
B14										
B15										
B16	+ 0° + 15° + 30°	0,8	R+8	banane	272					
B5										

Tableau 3: Les résultats des informations pour l'étude architecturale à l'échelle du bâtiment influençant les besoins énergétiques pour les 16 bâtiments du quartier Les Gros Chêne.

¹⁰ Orientation par axe principal, positif du nord au sud dans le sens horaire et négatif du nord au sud dans le sens antihoraire.

¹¹ Hauteur étage: 2,8 m

Barres

Les bâtiments bas de 3 et 4 étages présentent une orientation est-ouest et incluent des T2 (S_h de 42,34 et 42,97 m²), T3 (S_h de 55,45 et 56,32 m²), T4 (S_h de 67,00 et 67,89 m²) et T5 (S_h de 79,19 et 79,67 m²). Dans ce cas chaque appartement a son vide-ordures et son séchoir individuel.

Dans l'image suivante on présente un module-type composé d'un T4 et un T5 des bâtiments B8, B9, B10 orientés est/ouest. Le plan du T4 et du T5 est traversant: le séjour et les deux chambres sont exposés au sud avec des loggias de grandes dimensions avec barreaudage vertical métallique alors que les pièces humides (la cuisine, la salle de bains et les sanitaires) sont exposées au nord avec des loggias plus petites pour les deux cuisines et des baies vitrées sur façades pour les trois chambres. La circulation verticale est intégrée dans le T4 qui pourtant a seulement une chambre avec une baie vitrée par rapport au T5 qui en a deux.



Figure 12: Plan d'étage courant d'unité des barres orientées est/ouest.

À l'état actuel les barres sont isolées (on constate la présence de double vitrage avec les menuiseries en PVC et l'isolation de murs par l'extérieur). Les barres disposent des conduits shunts pour la ventilation naturelle et des dispositifs de chauffage à eau chaude centralisée avec des radiateurs dans toutes les pièces.

En annexes nous présentons l'étude de barres des dispositifs des façades à l'état actuel en spécifiant le type de fenêtre, de protection solaire et la présence éventuelle de bouches de ventilation. Après

avoir comparé l'état actuel avec la documentation historique ¹² on constate un certain nombre de changements (des années 90) par rapport à l'époque de construction des logements qui sont présentées ci-après:

- l'isolation des murs par l'extérieur;
- les menuiseries originaires en bois de toutes les fenêtres ont été remplacées par des menuiseries en PVC;
- tous les vitrages simples ont été substitués par des vitrages doubles;
- le pourcentage de vitrage par façade a été réduit à la suite de la substitution de certaines fenêtres de la façade ouest (notamment les fenêtres en correspondance de la cuisine des deux T3) par des panneaux en PVC.

Tours

En ce qui concerne les tours chaque étage inclut un total de 6 appartements exposés à l'est et à l'ouest dont 2 appartements T2 (S_h^{13} de 43,70 m²), 2 appartements T3 (S_h 57,02 m²) et deux appartements T4 (S_h 68,15 m²). Tous les rez-de-chaussée incluent le logement du gardien, le local voitures d'enfants et bicyclettes, une salle qui est réservée soit à une halte d'enfants, soit à un atelier de bricolage soit à une salle de jeux. Les caves du bâtiment se trouvent en partie au sous-sol en partie au niveau de la terrasse (17^o niveau). Le dernier niveau inclut aussi une terrasse couverte suivant le pourtour avec vue sur la ville. En ce qui concerne les équipements des logements, les cuisines sont équipées de meuble de rangement et d'un chauffe-eau de 200 l. Les séchoirs et les vide-ordures sont collectifs par étage (volumes non chauffés), où les vide-ordures aboutissent à un silo qui déverse les ordures directement dans les bennes municipales.

Dans l'image suivante on présente un module-type composé des deux T2, deux T3 et deux T4 des bâtiments B3, B4, B6 et B7 orientés nord/sud. Les plans des T2, T3 et T4 sont non traversant. Les appartements d'angle T3 et T4 ont une double orientation (nord et Est ou Ouest pour les T3 et sud et Est ou Ouest pour les T4) alors que les T2 sont mono-orientés Est ou Ouest. Tous les séjours sont orientés Est ou Ouest ainsi que la cuisine et une chambre. Les chambres 2 et 3 des T4 sont celles qui profitent de l'exposition sud alors que les chambres 2 des T3 sont exposées au nord. Les salles de bains ne sont pas exposées à l'extérieur.

¹² Base de données Smart French

¹³ S_h est la surface habitable

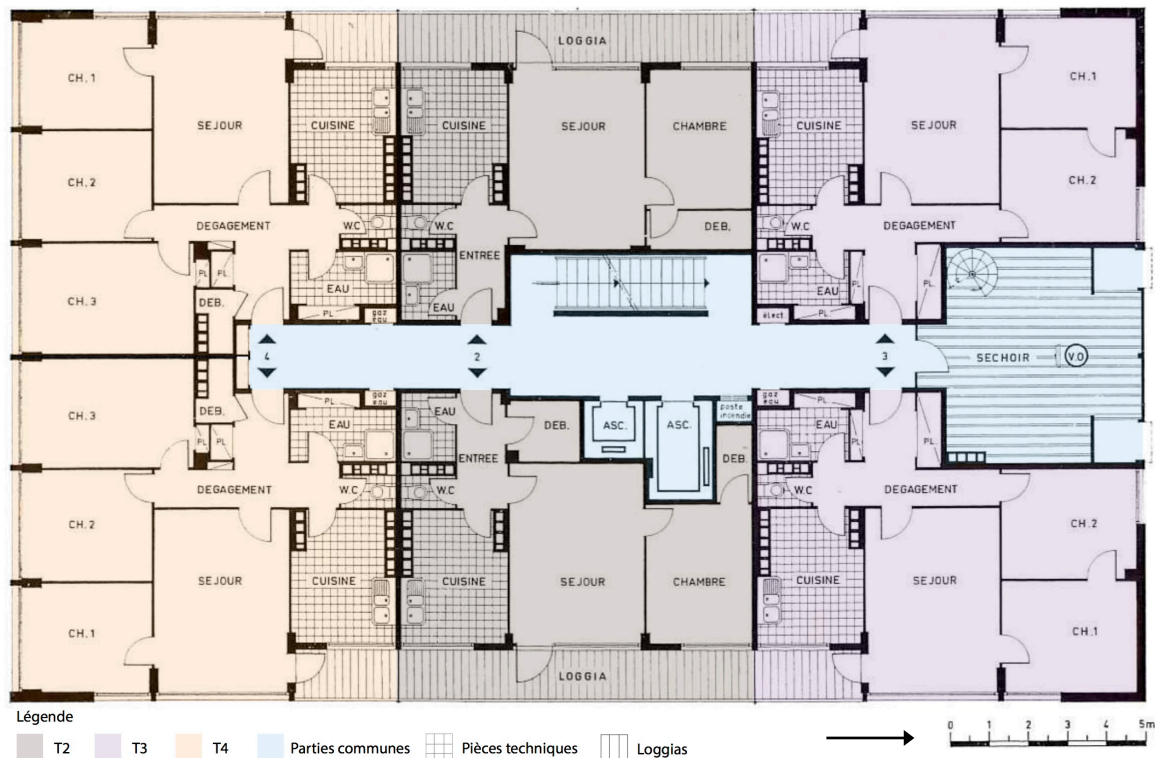


Figure 13: Plan d'étage courant des tours.

En annexes nous présentons l'étude des dispositifs des façades des tours à l'état actuel en spécifiant le type de fenêtre, de protection solaire et la présence éventuelle de bouches de ventilation. Les façades sont habillées de potelets d'aluminium anodisé qui servent de couvre joints des éléments de façade. Les façades se caractérisent par un jeu des bandes verticales alternant avec les loggias et les allèges et par les tons retenus et la disposition des ouvertures. Les vastes loggias assurent une large vue sur le paysage environnant. Ces lignes sont intégrées afin de rompre la monotonie et créer un ensemble en harmonie. En accord avec la documentation historique (en annexes) on constate donc que les vastes loggias ainsi que la terrasse couverte au dix-septième étage répondent à des raisons d'ordre esthétique et paysagère.

À l'état actuel les tours ne sont pas totalement isolées (on constate la présence de double vitrage avec les menuiseries en PVC et le manque d'isolation des murs). Les tours disposent des conduits shunts pour la ventilation naturelle et des dispositifs de chauffage à eau chaude centralisé avec des radiateurs dans toutes les pièces.

Après avoir comparé l'état actuel avec la documentation historique ¹⁴ on constate un certain nombre de changements (des années 90) par rapport à l'époque de construction des logements:

- les menuiseries originaires en bois de toutes les fenêtres ont été remplacées par des menuiseries en PVC;

¹⁴ Base des données Smart French

Comme pour les autres deux bâtiments (en annexes) après avoir comparé l'état actuel des façades avec la documentation historique ¹⁵ on constate un certain nombre de changements par rapport à l'époque de construction des logements qui sont présentées ci-après:

- l'isolation des murs par l'extérieur
- les menuiseries originaires en bois de toutes les fenêtres ont été remplacées par des menuiseries en PVC;
- tous les vitrages simples ont été substitués par des vitrages doubles;
- le pourcentage de vitrage par façade a été réduit à la suite de la substitution de certaines fenêtres de la façade ouest (notamment les fenêtres en correspondance de la cuisine des deux T3) par des panneaux en PVC.

Par la suite on présente un tableau récapitulatif avec les résultats des informations pour l'étude architecturale à l'échelle de l'appartement.

Forme bâtiment	Type appartement par étage-type	Plan traversant	Séjour traversant	Exposition séjour	Exposition pièces humides	Pourcentage vitrage par façade	Nombre bâtiment
barre	T2, T3, T4, T5	T2: - ¹⁶ T3: - T4: oui T5: oui	T2: - T3: - T4: non T5: non	T4, T5: + 180°	T4, T5: 0°	F.ex.0°: 20% F.ex. +90°: 6% F.ex. +180°: 30% F.ex.-90°: 0%	Bât 9
							Bât 8
							Bât 10
tour	T2, T3, T4	T2: non T3: non T4: non	T2: non T3: non T4: non	T2, T3, T4: + 90° T2, T3, T4: - 90°	T2, T3, T4: non exposées T2, T3, T4: non exposées	F.ex.0°: 12% F.ex. +90°: 25% F.ex. +180°: 30% F.ex.-90°: 20%	Bât 3
							Bât 4
							Bâti 6
							Bât 7
banane	T1, T3	T1: non T3: oui	T1: non T3: non	T1:+90° T3: -90°, +90°	T1: non exposées T3: -90°	F.ex.0°: 12,5% F.ex. +90°: 20% F.ex. +180°: 12,5% F.ex.-90°: 30%	Bât 5

Tableau 4: Les caractéristiques relatives à l'organisation intérieure des appartements pour les appartements des 3 formes de bâtiment du quartier Les Gros Chêne.

¹⁵ Base des données Smart French

¹⁶ Manque d'information

4.2.2. Retour sur la méthode

De manière générale on affirme l'importance de l'analyse architecturale comme une étape préalable nécessaire pour les deux analyses suivantes mais non suffisante pour la caractérisation des qualités thermiques. Autrement dit l'analyse architecturale inclut une caractérisation morphologique et technique qui n'est pas dissociable de l'analyse du vécu et physique. En effet la forme architecturale s'avère être le support de base à la fois pour les pratiques des habitants et pour les phénomènes physiques. Par ailleurs à partir de la description du bâtiment et des appartements on peut avancer quelques considérations relatives au confort thermique et aux consommations énergétiques que doivent nécessairement être confirmés par des analyses plus spécifiques. Dans ce contexte l'analyse historique, à partir des revues de l'époque (en annexe), est d'importance primaire pour allier les objectifs de qualité architecturale et de préservations avec des objectifs de performance. Autrement dit l'analyse historique nous permet d'exprimer des considérations au regard des implications énergétiques des choix architecturaux et techniques. En outre l'analyse historique et la comparaison des images de l'époque avec l'état actuel nous ont permis de révéler les changements des dispositifs en façade.

Plus précisément on fait un certain nombre de constats pour mieux comprendre les points de force et de faiblesse de cette analyse:

- sur le repérage des informations: il est nécessaire l'intégration de la documentation historique avec des observations sur place pour la confirmation des certains éléments tels que la présence des protections solaires et les matériaux des menuiseries, et pour la vérification des éléments qui ont changé depuis l'époque de la construction;
- sur les caractéristiques relatives à l'échelle du bâtiment: on confirme l'importance des données de base rapides à déterminer tels que le nombre des immeubles, la forme et le nombre d'étage. En revanche, parmi les indicateurs plus complexes (densité, compacité et orientation) on souligne le rôle dominant de l'indicateur concernant l'orientation sur les deux autres comme facteur qui peut nous permettre d'avancer certaines considérations sur l'ambiance thermique à l'intérieur des pièces;
- sur les caractéristiques relatives à l'échelle de l'appartement: on confirme l'importance de l'analyse concernant l'organisation des pièces dans l'appartement par rapport à leur usage. En revanche il était nécessaire d'approfondir cette analyse avec une étude des façades ce qui a permis de mieux comprendre la correspondance entre les différentes pièces et les dispositifs de façade (présence de loggias ou balcons, type d'ouvertures, type de volets).

4.3. Analyse du vécu

L'analyse du vécu permet la prise en compte du confort ressenti et des pratiques des usagers à l'intérieur des pièces. Cette analyse résulte fondamentale pour la mise en tension des informations relatives aux modalités d'appropriation de l'espace avec les intentions de projet et ses caractéristiques physiques. L'analyse du vécu s'appuie sur les entretiens, la visite accompagnée et les questionnaires soumis aux occupants ainsi que sur les observations ponctuelles en condition d'occupation.

4.3.1. Résultats des entretiens

Par la suite nous présentons les résultats des 13 entretiens menés auprès des habitants, dont 8 de la tour sélectionnée (bâtiment B4 de la Figure 11) et 5 de la banane (unité orientée nord-sud du bâtiment B5 de la Figure 11).

L'échantillon préalablement défini de 17 familles est reparti de la façon suivante:

- pour une des barres (R+4) orientées est-ouest: 2 familles pour un étage type situé au troisième étage, 1 famille au premier étage et 1 famille au dernier étage pour un total de 4 familles;
- pour une des tours (R+16) orientées nord-sud: 6 familles pour un étage type situé entre le septième et le dixième étage, 1 famille au premier étage et 1 famille au dernier étage pour un total de 8 familles;
- pour la banane (R+8): 3 familles pour un étage type situé au quatrième ou au cinquième étage, 1 famille au premier étage et 1 famille au dernier étage pour un total de 5 familles.

Cette partie est réalisée grâce à la transcription des commentaires d'entretien avec leurs observations éventuelles organisés selon l'étage, le type et l'orientation de référence. Les entretiens ont été menés en quatre jours pendant la période estivale (du 28 juin au 1^{er} juillet 2017).

Par la suite on présente un exemple des résultats relatifs au T3 exposé à l'ouest et situé à un étage intermédiaire de la tour. Tous les résultats de la tour et de la banane sont proposés et commentés en annexe.

Étage intermédiaire (9°), T3, OUEST (jeudi 29 juin 2017, 15:30, ciel clair, période canicule)	Constats et paroles d'habitant	Observations
Type d'appartement et occupants	<ul style="list-style-type: none">- L'appartement est au 9^e étage, exposé au nord et à l'ouest et non traversant. Il inclut une chambre exposée au nord, une chambre à double exposition nord/ouest, un séjour non traversant, une cuisine exposée à l'ouest et une salle de bains qui n'est pas exposée à l'extérieur.- L'appartement est occupé par 2 personnes qui restent souvent chez eux et qui résident dans l'appartement depuis 6 ans.	<ul style="list-style-type: none">- La double orientation de l'appartement peut favoriser une ventilation naturelle partielle.- La chambre exposée au nord et à l'ouest et le séjour profite du rayonnement solaire direct l'après-midi.- Les occupants sont presque toujours chez eux.

Perceptions	<ul style="list-style-type: none"> - Selon l'occupant du logement (âge entre 35 et 50 ans) il n'y a pas de différence de température entre les pièces. La température de l'appartement est jugée globalement un peu froide en hiver et un peu chaude en été. - Pendant l'été le séjour est un peu chaud. On constate la présence de doubles rideaux dans le séjour. - En hiver la cuisine est un peu plus chaude que les autres pièces. La cuisine n'a pas des entrées d'air sur les fenêtres. 	<ul style="list-style-type: none"> - La température homogène peut être liée au chauffage central. - La combinaison entre l'incidence du rayonnement direct l'après-midi, l'absence de volets peut générer des surchauffes du séjour en été.
Pratiques	<ul style="list-style-type: none"> - En été les fenêtres et les portes sont ouvertes pour rafraîchir l'appartement. Les fenêtres sont ouvertes pour de longues durées tout l'après-midi. Les volets restent toujours ouverts. Il n'y a pas de ventilateur. - En hiver le régulateur des radiateurs est réglé sur le maximum. Les volets restent toujours ouverts. Les fenêtres sont ouvertes pour aérer l'appartement mais pour de courtes durées. Il n'y a pas de chauffage d'appoint. 	<ul style="list-style-type: none"> - En été dans le séjour les rideaux sont utilisés comme les volets pour se protéger du soleil, sachant que les stores extérieurs offrent une meilleure protection thermique que les rideaux intérieurs (car le rayonnement solaire est en partie absorbé par le tissu avant le vitrage et ensuite rejeté vers l'extérieur). - En été et en hiver les volets toujours ouverts diminuent l'inertie thermique du bâtiment. - En hiver les volets ouverts la nuit déterminent des déperditions de chaleur considérables.

Tableau 5: Un exemple de fiche d'entretien de l'appartement T3 exposé à l'ouest et situé à un étage intermédiaire de la tour.

4.3.2. Discussion des enquêtes

Suite à la transcription des commentaires des habitants avec les relatives observations on continue dans la partie suivante avec la discussion des ces résultats par différentes thématiques transversales. Les thématiques abordées concernent les caractéristiques sociales des sujets et l'organisation des pièces dans l'appartement, les perceptions des habitants en termes de leur confort d'été et d'hiver et les actions conséquentes sur les dispositifs du bâtiment, tels que les ouvertures de l'enveloppe, les systèmes de chauffage et les systèmes de ventilation. Le but est d'évaluer la qualité thermique des tours et de la banane grâce à l'expertise habitante et de comprendre aussi l'influence de leurs pratiques sur le fonctionnement thermique de l'immeuble.

Tour

Caractéristiques sociales des habitants interrogés

En ce qui concerne les caractéristiques sociales de l'échantillon d'étude pour la tour considérée (bâtiment B4 de la Figure 11 du 4.2. Analyse architecturale), la tranche d'âge la plus représentée dans les entretiens est celle située entre 35 ans et 50 ans (5 interviewés sur 8) qui réside surtout dans les appartements T3 et T4. Puis nous retrouvons les tranches d'âge 20-35 ans (1 sur 8), 50-65 (1 sur 8) et plus de 60 ans (1 sur 8) qui vivent souvent seules dans les studios. La tranche d'âge de moins de 20 ans n'est pas du tout représentée. En outre, considérant le genre des interviewés, on constate

que les personnes de genre féminin sont les plus représentées avec 5 sur 8 femmes et 3 sur 8 hommes. Enfin, on considère la durée de résidence des habitants dans leur appartement, élément qui peut influencer fortement la perception des usagers de leur cadre de vie. On fait une distinction entre la durée de résidence courte (de 6 mois à 6 ans), moyenne (de 6 ans à 20 ans) et longue (20 ans et plus). La durée la plus représentée dans les appartements est la courte (5 interviewées sur 8) suivie par la moyenne (2 sur 8) et la longue (1 sur 8).

Les perceptions

Confort d'hiver

Par la suite on décrit les perceptions des habitants dans la tour pendant la période hivernale selon l'orientation et l'étage:

- en ce qui concerne le système de chauffage, parmi les occupants des tours 5 interviewés sur 8 considèrent que il n'y a pas des différences de température entre les pièces, ce qui peut être lié à la présence du système de chauffage central dans le bâtiment en question; 4 interviewés sur 8 considèrent la température de leur appartement globalement « froide », 2 sur 8 la considèrent « très froide » et 2 sur 8 « peu froide ». Il faut remarquer que les appartements n'ont pas la gestion indépendante de la température.
- en considérant les différentes orientations (les deux T3 exposés à l'est et à l'ouest, les deux T2 exposés à l'est et à l'ouest et les deux T3 exposés à l'est et à l'ouest) de l'étage intermédiaire:
 - les occupants du T3 exposé à l'est considèrent la température « froide » en hiver alors que ceux qui habitent dans le T3 exposé à l'ouest la considèrent un « peu froide ». On constate une situation d'inconfort plus marquée pour les deux chambres exposées au nord qui sont considérées plus froides par rapport aux autres pièces, ce qui peut être expliqué par l'absence du rayonnement direct pendant toute la journée;
 - les occupants du T2 exposé à l'est considèrent la température globalement « froide » alors que ceux qui habitent dans le T2 exposé à l'ouest la considèrent un « peu froide ». L'inconfort est plus marqué l'après-midi dans le séjour et la chambre exposée à l'est et le matin dans la chambre exposée à l'ouest, où les deux appartements sont caractérisés par la présence des loggias en correspondance des cuisines, des séjours et des chambres. En effet cette situation peut être influencée par les niveaux d'utilisation des deux pièces en combinaison avec le parcours du soleil qui tape les façades à est le matin et sur les façades à l'ouest l'après-midi;
 - enfin, les habitants du T4 exposé à l'est considèrent la température « froide » en hiver alors que ceux qui résident dans le T4 exposé à l'ouest la jugent « très froide ». Plus spécifiquement la chambre 1 exposée à l'est est jugée très froide, ce qui s'explique par le dysfonctionnement du radiateur qui ne s'allume pas. Entre autres la chambre et le séjour exposés à l'ouest sont « très froids », ce qui peut être lié au manque de rayonnement direct le matin, mais aussi au manque de volets pour les fenêtres du séjour ce qui baisse l'inertie thermique du bâtiment. En outre les occupants du T4 exposé à l'ouest constatent des

courants d'air assez forts dans les deux pièces qui sont perçues comme les plus froides (la chambre et le séjour), ce qui peut être dû à des défauts d'étanchéité au niveau des murs ou des menuiseries. Le niveau d'inconfort de la chambre au coin exposé à l'ouest amène l'habitant à éviter cette pièce pendant la nuit;

- en considérant les différents étages du bâtiment (premier, intermédiaire et dernier) dans l'appartement T3 exposé à l'est du premier étage, la température est considérée globalement froide en hiver avec un niveau d'inconfort supérieur pour les deux chambres tout comme l'appartement T3 de l'étage intermédiaire. En considérant l'appartement T2 au dernier étage la chambre, le séjour et la cuisine sont considérés très froids et par conséquent plus froids que les mêmes pièces de l'étage intermédiaire. En effet l'occupant du dernier étage se plaint de la présence de forts courants d'air surtout dans le séjour, ce qui peut être dû au manque d'isolation ou au niveau d'étanchéité à l'air. Ce niveau d'inconfort élevé peut être expliqué par le fait que le phénomène de refroidissement par convection aux extrêmes des immeubles est plus important.

Confort d'été

Dans les tours pendant la période estivale les perceptions des habitants varient selon l'orientation et l'étage:

- en général, en ce qui concerne l'étanchéité à l'air, parmi les occupants des tours 6 interviewés sur 8 considèrent qu'il y a peu de courants d'air dans leur appartement. Les seuls appartements qui ont assez de courants d'air sont le T4 exposé à l'ouest de l'étage intermédiaire et le T2 du dernier étage, ce qui peut permettre un rafraîchissement de l'atmosphère intérieure en été et, en même temps, peut être gênant pendant la période hivernale; 4 interviewés sur 8 considèrent la température de leur appartement globalement « peu chaude en été », 2 sur 8 la considèrent « chaude » et 2 sur 8 « très chaude »;

- en considérant les différentes orientations (les deux T3 exposés à l'est et à l'ouest, les deux T2 exposés à l'est et à l'ouest et les deux T3 exposés à l'est et à l'ouest) de l'étage intermédiaire:

- les occupants des deux T3 jugent la température en été un peu chaude. On constate une situation d'inconfort plus marquée pour la cuisine exposée à l'ouest, où le manque de volets se combine à l'incidence du rayonnement direct l'après-midi et cause de possibles surchauffes du séjour en été. Le séjour et les deux chambres exposées à l'est sont considérés comme confortables;

- dans les deux T2 on constate une situation d'inconfort plus marquée l'été avec une référence plus spécifique lors du matin dans la chambre exposée à l'est et lors de l'après-midi dans la chambre et le séjour exposé à l'ouest, où les deux appartements sont caractérisés par la présence des loggias en correspondance des cuisines (avec volets) et des séjours et des chambres (sans volets). En effet cette situation peut être influencée par les niveaux d'utilisation des deux pièces en combinaison avec le parcours du soleil, le manque des protections solaires du séjour et (seulement pour les appartements exposés à l'ouest) la chaleur emmagasinée pendant toute la journée;

- enfin, dans le deux T4 les occupants considèrent la température en été globalement chaude. Plus spécifiquement les séjours exposés à l'est et à l'ouest et les chambres exposées au sud sont considérés comme trop chaudes. En effet les séjours sont caractérisés encore une fois par le manque des protections solaires et les chambres reçoivent le rayonnement direct du soleil toute la journée, ce qui peut générer des surchauffes en été;
- en considèrent les différents étages du bâtiment (premier, intermédiaire et dernier) dans l'appartement T3 exposé à l'est du premier étage, la température est considérée globalement un peu chaude en été mais le séjour reste agréable l'été tout comme le séjour de l'appartement T3 de l'étage intermédiaire. Dans l'appartement T2 exposé à l'ouest au dernier étage la chambre, le séjour et la cuisine sont considérés très chauds et par conséquent plus chauds que les mêmes pièces de l'étage intermédiaire. L'occupant préfère rester à l'extérieur plutôt que dans son appartement. Ce niveau d'inconfort élevé peut être expliqué par la majeure exposition du dernier étage aux conditions climatiques extérieures par rapport aux autres étages.

Les pratiques

Pratiques hivernales

L'ensemble des appartements dispose d'un système de chauffage central à eau chaude et radiateurs qui alimentent toutes les pièces habitées. En effet, comme démontré dans le paragraphe précédent sur le confort d'hiver, les pièces ne sont pas toujours perçues à la même température, ce qui est expliqué par l'utilisation des pièces, l'heure de la journée, la qualité constructive du bâti et son orientation. Ces derniers éléments expliquent aussi la variété des pratiques des occupants pour réchauffer l'appartement en hiver.

- en premier lieu en ce qui concerne la gestion du système de chauffage la quasi-totalité des occupants règle le radiateur au maximum en hiver sans faire varier température aux différents moments de la journée. En effet comme témoigné par un occupant de l'immeuble « *même si le chauffage est au maximum on ne ressent pas la différence entre le niveau 1 et le niveau 5* » (parole d'habitant du T3 est du premier étage) ce qui peut être lié à des raisons d'ordre technique (dysfonctionnement au niveau du système de réglage des radiateurs ou aussi la disposition des radiateurs au dos d'une paroi extérieure non isolée). Entre autre « *le chauffage est allumé automatiquement par la ville, du coup je ne touche rien* » (parole d'habitant du T2 ouest de l'étage intermédiaire). Plus spécifiquement là où le chauffage ne suffit pas les occupants utilisent des couvertures (l'appartement du premier étage, le T2 exposé à l'est et le T4 exposé à l'ouest) et des chauffages d'appoint (dans T3 exposé à l'est et le T2 exposé à l'est) ce qui peut avoir comme effet l'augmentation de la facture d'électricité. On constate aussi la présence de « *pièces difficiles à chauffer* » (parole d'habitant du T3 nord du dernier étage) où le radiateur ne marche pas de manière régulière, notamment la chambre au coin du T4 exposé à l'est et dans les pièces de l'appartement au dernier étage. Dans ce dernier cas la situation d'inconfort peut être due à un dysfonctionnement du

système du chauffage confirmé par le constat de l'habitant « *Avec le chauffage il y a une odeur un peu bizarre* » (parole d'habitant du T4 est de l'étage intermédiaire);

- en deuxième lieu concernant la gestion des ouvertures on constate une variation des pratiques selon l'orientation et l'étage considéré. En général en hiver les fenêtres sont ouvertes pendant des courtes durées pour aérer l'appartement deux fois par jours sauf quelques exceptions. C'est le cas par exemple du T4 exposé à l'est où les mauvaises odeurs liées au chauffage amènent l'occupant à ouvrir les fenêtres plus souvent, ce qui peut augmenter les déperditions thermiques. C'est aussi le cas de l'occupant du T2 au dernier étage qui en revanche ne ouvre jamais les fenêtres pour la volonté de garder la chaleur, ce qui peut engendrer le manque de ventilation nécessaire pour l'appartement;

- quant à la gestion des volets en hiver la tendance générale est d'ouvrir les volets pendant toute la journée, ce qui permet de profiter au maximum de l'énergie gratuite du soleil et aussi de l'éclairage naturel. On constate aussi des exceptions comme par exemple dans l'appartement T4 exposé à l'ouest ou dans les T2 du dernier étage où l'occupant ferme souvent les volets en hiver, ce qui en effet empêche de profiter du rayonnement direct. Dans les cas où les pièces ne disposent pas des volets (les séjours des tous les appartements et les chambres des deux T2) les occupants recourent à plusieurs modalités d'adaptation de son propre confort: des rideaux épais pour isoler (dans le T3 exposé à l'est et dans le T4 exposé à l'ouest) ou des volets intérieurs (pour le T2 exposé à l'ouest) en sachant que les stores extérieurs offrent une meilleure protection thermique que les stores intérieurs car le rayonnement solaire est en partie absorbé par le tissu avant le vitrage et ensuite rejeté vers l'extérieur. Il est intéressant de noter un cas particulier au premier étage où la gestion des volets en hiver est fortement liée à la présence de l'occupant dans l'appartement, lien qui est expliqué par l'image d'insécurité lié au quartier constaté lors des entretiens aux habitants du quartier.

- enfin en ce qui concerne les infiltrations on constate que dans le cas extrême du dernier étage l'occupant utilise du scotch autour des fenêtres et des entrées d'air.

Pratiques estivales

Les occupants mettent en place une variété des pratiques pour rafraîchir l'appartement en été selon l'orientation et l'étage de référence:

- tout d'abord, en ce qui concerne la gestion des systèmes de rafraîchissement la quasi-totalité des occupants ne dispose pas d'un climatiseur ou d'un ventilateur sauf quelques exceptions. C'est le cas par exemple de l'appartement T3 de l'étage intermédiaire exposé à l'est où un ventilateur est rarement utilisé les heures les plus chaudes pour des courtes durées. C'est aussi le cas pour le T2 intermédiaire exposée à l'ouest où le ventilateur est allumé toute la nuit en été, pratique indispensable pour l'occupant afin de pouvoir se reposer. Après avoir comparé les pratiques estivales avec les perceptions en été, il semble que l'absence d'un ventilateur ne corresponde pas forcément à situations de confort d'été. C'est-à-dire que parfois, en l'absence de ressources économiques, l'occupant adopte des stratégies alternatives pour parvenir aux propres besoins de

confort. Par exemple l'occupant du T2 du dernier étage ne supporte pas la chaleur de son appartement, c'est pourquoi il préfère rester à l'extérieur de son appartement en été;

- concernant la gestion des ouvertures on constate qu'au premier étage elle est soumise à la présence de l'occupant dans l'appartement. En considérant les deux T3 de l'étage intermédiaire, l'occupant de l'appartement exposé à l'ouest laisse ouvertes les fenêtres souvent et surtout l'après-midi pour des longues durées alors que l'habitant de l'appartement exposé à l'est les ouvre quotidiennement mais seulement pour des courtes durées. Dans les des deux T2 les fenêtres de l'appartement sont ouvertes presque toute la journée. Dans le T4 exposé à l'est les fenêtres sont ouvertes toute la matinée alors que dans le T4 exposé à l'ouest les fenêtres sont ouvertes le matin et le soir pour des courtes durées après les repas. Enfin, l'habitant du dernier étage laisse les fenêtres ouvertes pour des courtes durées le matin et pour des longues durées l'après-midi pour rafraichir l'appartement;

- enfin, quant à la gestion des volets la tendance générale est de fermer les volets presque toute la journée, ce qui empêche la chaleur d'entrer dans l'appartement et qui augmente l'inertie thermique du bâtiment. L'occupant qui habite dans le T2 exposé à l'ouest de l'étage intermédiaire a ajouté des volets intérieurs qui sont fermés uniquement l'après-midi. Seulement dans le T3 exposé à l'ouest l'occupant laisse les volets toujours ouverts ce qui peut être liée à l'exposition nord des deux chambres et au manque de volets dans le séjour et dans la cuisine. Là où il n'y a pas des volets (tous les séjours et toutes les cuisines) les occupants utilisent des rideaux comme protections solaires, sachant que les protections extérieurs offrent une meilleure protection thermique que les rideaux intérieurs. Par exemple l'habitant du T4 exposé à l'est utilise des double rideaux pour isoler et protéger le séjour contre le soleil alors que l'habitant du T4 exposé à l'ouest utilise des rideaux épais. Dans le T3 exposé à l'est du premier étage la gestion des volets est encore une fois soumise à la présence de l'occupant dans l'appartement qui est chez-elle seulement l'après-midi, le seul moment de la journée où les volets sont ouverts pour des longues durées. Pendant les nuits d'été seulement dans de rares cas les volets restent ouverts (T3 exposé à l'ouest et T2 exposé à l'ouest de l'étage intermédiaire miss aussi dans l'appartement du dernier étage), ce qui en effet permet de faire sortir de l'appartement la chaleur accumulée pendant toute la journée.

Banane

Caractéristiques sociales des sujets

Concernant les caractéristiques sociales de l'échantillon d'étude pour la banane, la tranche d'âge la plus représentée dans les entretiens est celle située entre 35 ans et 50 ans (3 interviewes sur 5) qui résident surtout dans les appartements T3. Puis nous retrouvons les classes d'âge 20-35 ans (1 sur 5) dans le T3 et 50-65 (1 sur 5) qui réside dans le studio. Les tranches d'âge de moins de 20 ans et de plus de 65 ne sont pas représentées. En outre, considérant le genre des interviewés, on constate que 3 personnes sur 5 sont des hommes et 2 sur 5 sont des femmes. Enfin, en considérant la durée de

résidence des habitants dans leur appartement¹⁷, la durée la plus représentée dans les appartements est la courte (4 interviewées sur 5) suivie par la moyenne (1 sur 5).

Les perceptions des habitants

Confort d'hiver

Nous abordons maintenant les perceptions des habitants dans la banane pendant la période hivernale selon l'orientation et l'étage:

- en général, en ce qui concerne le système de chauffage, parmi les occupants des tours 3 interviewés sur 5 considèrent qu'il n'y a pas de différence de température entre les pièces, ce qui peut être lié à la présence du système de chauffage central dans le bâtiment en question. Le jugement sur le niveau de confort est diversifié: 2 interviewés sur 5 considèrent la température de leur appartement globalement « un peu froide », 2 sur 5 la considère « froide » et 1 sur 5 la considère « bien chaude »;

- en considérant les différentes orientations (T3 nord, T3 sud et studio) de l'étage intermédiaire les occupants du T3 nord considèrent la température « bien chaude » en hiver alors que ceux qui habitent dans le T3 sud la considèrent « confortable ». Dans ce dernier appartement (T3 sud) on constate une situation d'inconfort pour le séjour traversant et le matin pour la chambre exposée à l'ouest. L'intérêt particulier dans ce cas consiste dans le témoignage de l'occupant de cet appartement qui a auparavant vécu dans l'un des appartements des tours et qui met en évidence une situation plus critique dans les tours surtout en hiver (« *Il fait froid ici mais pas comme dans les tours où j'étais avant* », parole d'habitant du T3 sud du dernier étage). Enfin, les occupants du studio exposé à l'est considèrent la température globalement « un peu froide »;

- en considèrent les différents étages du bâtiment (premier, intermédiaire et dernier) dans l'appartement T3 nord au premier étage, la température est considérée globalement « froide » en hiver avec un niveau d'inconfort supérieur pour le séjour traversant et le matin pour la chambre à coucher qui est exposé à l'ouest. En considérant l'appartement T3 nord du dernier étage la température est jugée un peu froide avec référence plus spécifique à la chambre du fond (exposée à l'est). Ce niveau d'inconfort élevé peut être expliqué par le fait que le phénomène de refroidissement par convection aux extrêmes des immeubles est plus important.

Confort d'été

Dans la banane pendant la période estivale les perceptions des habitants varient selon l'orientation et l'étage:

- en général, en ce qui concerne l'étanchéité à l'air, 4 interviewés sur 5 considèrent qu'il y a très peu ou peu de courants d'air dans leurs appartements. Le seul appartement qui a des courants d'air est le T3 du dernier étage, ce qui peut permettre un rafraîchissement de l'atmosphère intérieure en été et,

¹⁷ Comme spécifié au paragraphe sur les caractéristiques sociales des sujets dans la tour, on fait une distinction entre la durée de résidence courte (de 6 mois à 6 ans), moyennes (de 6 ans à 20 ans) et longue (20 ans et plus)

en même temps, peut être gênant pendant la période hivernale. En ce qui concerne le confort thermique perçu 3 interviewés sur 5 considèrent la température de leur appartement globalement « peu chaude » en été, 2 sur 5 la considèrent « chaude »;

- en considérant les différentes orientations (T3 nord, T3 sud et studio) de l'étage intermédiaire les occupants du T3 nord jugent la température en été « un peu trop chaude ». On constate une situation d'inconfort plus marqué pour la cuisine exposée à l'ouest à cause du « soleil qui tape sur la fenêtre pendant la journée » (parole d'habitant). Dans cette pièce le manque des protections solaires se combine avec l'incidence du rayonnement direct l'après-midi en déterminent des possibles surchauffes du séjour en été. L'occupant aime bien le séjour en été grâce à la possibilité de créer des courants d'air liés à la double exposition de cette pièce. La valeur positive du séjour traversant est reconnue aussi par l'occupant du T3 sud qui considère son séjour en été « frais ». Par contre dans ce dernier appartement (T3 sud) on constate une situation d'inconfort plus marqué l'été dans la cuisine et dans les chambres exposées à l'ouest qui sont soumises au rayonnement direct tout l'après-midi. Enfin, dans le studio l'occupant considère la température en été globalement un peu chaude;

- concernant les différents étages du bâtiment (premier, intermédiaire et dernier) dans l'appartement T3 nord du premier étage la température est considérée globalement un peu chaude en été mais le séjour reste agréable l'été. Dans l'appartement T3 nord au dernier étage la cuisine est considérée comme « trop chaude » surtout en fin d'après-midi qui est la raison pour laquelle les occupants évitent la cuisine en été: « *J'ai déjà pris des coups de soleil en faisant ma vaisselle* » (parole d'habitant du T3 nord du dernier étage). La chaleur excessive de la cuisine qui est exposée à l'ouest peut être liée au manque des protections solaires. Les occupants aiment bien leur séjour en été: « le séjour est fantastique grâce à cette vue traversant et aux courants d'air ». La pièce la plus fraîche en été est la chambre exposée à l'est qui est la pièce où les habitants restent en cas de canicule.

Les pratiques

Pratiques hivernales

L'ensemble des appartements dispose d'un système de chauffage central à eau chaude et radiateurs qui alimentent toutes les pièces habitées. Les appartements n'ont pas la gestion indépendante de la température. Par la suite on présente la variété des pratiques des occupants pour réchauffer l'appartement en hiver.

- en premier lieu en ce qui concerne la gestion du système de chauffage la quasi-totalité des occupants ne règle pas le radiateur aux différents moments de la journée sauf quelques exceptions. Par exemple dans le T2 nord en hiver seulement 1 radiateur sur 2 est allumé. Plus spécifiquement les radiateurs de la chambre exposé à l'est et de la cuisine ne sont pas allumés ce qui peut être lié au fait que la chambre profite des apports solaires le matin et la cuisine (qui ne dispose pas de protections solaires) en profite l'après-midi. Par ailleurs dans le T3 sud ainsi qu'au T3 du dernier étage, les régulateurs des radiateurs sont réglés au maximum puisque les radiateurs de certaines pièces ne marchent pas, ce qui peut déterminer un déséquilibre hydraulique en termes de

distribution de la chaleur. Parmi les 5 appartements considérés seulement le T3 nord du premier étage dispose d'un chauffage d'appoint;

- en deuxième lieu concernant la gestion des ouvertures on constate une variation des pratiques selon l'orientation et l'étage considéré. En général en hiver les fenêtres sont ouvertes sporadiquement pendant des courtes durées pour aérer l'appartement deux fois par jours sauf quelques exceptions. C'est le cas par exemple du T3 nord du premier étage où les fenêtres ne sont presque jamais ouvertes « pour deux raisons: préserver la chaleur et garantir la sécurité ». En effet la fermeture constante des fenêtres permet de préserver la chaleur et limiter les déperditions mais, en même temps, peut engendrer le manque de ventilation nécessaire pour l'appartement;

- enfin, quant à la gestion des volets en hiver la tendance générale est d'ouvrir les volets pendant toute la journée, ce qui permet de profiter au maximum de l'énergie gratuite du soleil et aussi de l'éclairage naturel. Après on constate aussi des exceptions: dans l'appartement T3 nord du premier étage où l'ouverture des volets dépend largement de la présence de l'occupant dans l'appartement ou dans l'appartement T3 du dernier étage où les volets des deux chambres sont fermés dans le but de garder la chaleur ce qui en effet empêche de profiter du rayonnement direct. En outre dans ce dernier appartement l'inconfort thermique et acoustique d'hiver dans la chambre, du aux courants d'air par les aérations des fenêtres, conduit les occupants à l'utilisation du coton dans les fissures.

Pratiques estivales

Les occupants mettent en place une variété des pratiques pour rafraichir l'appartement en été selon l'orientation et l'étage de référence:

- tout d'abord, en ce qui concerne la gestion des systèmes de rafraichissement la totalité des occupants ne dispose pas d'un climatiseur. Par contre 4 interviewés sur 5 disposent d'un ventilateur chez eux. Dans le T3 nord du premier étage ainsi que dans le T3 nord du dernier étage le ventilateur est allumé 3-4 jours sur 7 seulement pendant la nuit pour des longues durées. Dans le T3 nord de l'étage intermédiaire le ventilateur est utilisé tous les jours pour des longues durées seulement lors des journées les plus chaudes. Dans le studio de l'étage intermédiaire le ventilateur est allumé tous les jours pour des longues durées, ce qui peut être lié à la typologie d'appartement qui ne permet pas la ventilation naturelle. Le seul appartement où l'on constate l'absence de ventilateur est le T3 sud situé à l'étage intermédiaire;

- ensuite, concernant la gestion des ouvertures on constate qu'au premier étage les fenêtres ne sont presque jamais ouvertes, ce qui peut déterminer un manque de ventilation. En outre la gestion des ouvertures est soumise à la présence de l'occupant dans l'appartement (comme pour les tours), ce qui semble être lié aux soucis de sécurité dans le quartier. L'occupant du T3 nord ainsi que l'occupant du studio laissent ouvertes les fenêtres du séjour traversant toute la journée pour des longues durées (ce qui permet la création des courants d'air). Par contre l'occupant du T3 sud les ouvre seulement le matin pour des courtes durées. Enfin, l'habitant du dernier étage laisse ouvertes toutes les portes et les fenêtres, ce qui permet à l'air de circuler librement;

- enfin, quant à la gestion des protections solaires la tendance générale est de fermer les volets presque toute la journée, ce qui empêche la chaleur d'entrer dans l'appartement et qui augmente l'inertie thermique du bâtiment. On souligne l'absence de protections solaires dans les cuisines et les séjours des T3. Dans les cas où les pièces ne disposent pas des volets les occupants recourent à des rideaux seulement dans les cuisines. L'occupant qui habite dans le T3 nord du premier étage n'a pas des rideaux dans les séjours puisque il considère que « dans cette pièce ils ne sont pas nécessaires », ce qui peut être lié à la double orientation permettant une ventilation naturelle qui rafraîchit l'air. Dans les deux T3 (nord et sud) de l'étage intermédiaire les occupants baissent les volets toute la journée. Dans le studio les volets sont fermés pendant la journée et ouvertes le soir. Enfin, dans le T3 nord du dernier étage les occupants baissent les volets plus rarement pendant la période hivernale, ce qui est lié au fait que les occupants ont un maximum besoin de lumière naturelle pour leurs professions artistiques. En tout cas, même avec les volets ouverts en été, ils ne se plaignent pas d'une chaleur excessive et, bien au contraire, ils soulignent le bon fonctionnement de la ventilation naturelle.

Comparaison entre la tour et la banane

Dans l'ensemble, la démarche adoptée nous a permis de relever un certain nombre de comportements récurrents parmi les occupants des logements collectifs du quartier le Gros-Chêne à Rennes. Cette analyse nous donne des informations de première importance sur la relation d'influence réciproque entre les caractéristiques thermiques de l'enveloppe et des systèmes et les modalités d'adaptation du propre niveau de confort parmi les occupants.

Dans les deux bâtiments, les personnes interrogées sont principalement des femmes. Dans les deux cas la tranche d'âge la plus représentée est celle située entre 35 et 50 ans. En moyenne, les locataires résidents dans leurs appartements depuis une durée comprise entre 6 mois et 6 ans.

En ce qui concerne le confort d'hiver dans la tour (non isolée) plus de la moitié (6/8) des personnes interrogées trouve leur appartement "froid" ou "très froid" alors que dans la banane (isolée) moins de la moitié (2/5) trouve l'appartement "froid". Dans les tours ainsi que dans la banane la situation d'inconfort est plus marquée pour les chambres exposées au nord et à l'ouest, pour les séjours exposés à l'est de la tour et pour le séjour traversant de la banane. Dans les deux bâtiments en outre les appartements du premier et du dernier étage relèvent un niveau d'inconfort supérieur par rapport aux étages intermédiaires.

En ce qui concerne le confort d'été les réponses entre les deux bâtiments sont proches. La moitié des occupants des tours et de la banane considèrent leur appartement "peu chaude". En revanche dans la tour un plus grand nombre d'interviews considèrent l'appartement chaud ou très chaud (2/8 "chaud" et 2/8 "très chaud") par rapport à la banane (seulement 2/5 "chaud" et aucun "très chaud). Dans la tour on constate une situation d'inconfort plus marquée pour les chambres exposées au sud et les séjours exposés à l'ouest où, suite aux travaux de rénovation, les protections solaires ont été enlevées. Dans les tours et dans la banane on constate une situation d'inconfort pour les cuisines

exposées à l'ouest qui ne disposent pas de protections solaires. En outre dans la tour ainsi que dans la banane les appartements du dernier étage relèvent un niveau d'inconfort supérieur par rapport aux étages intermédiaires.

Dans la période hivernale les comportements varient selon le bâtiment considéré. En effet dans la tour (non isolée) la quasi-totalité des habitants règle le régulateur des radiateurs au maximum. Le chauffage ne suffit pas et les occupants font recours à couvertures et chauffages d'appoint au premier étage, dans le T2 et le T3 exposé à l'est et dans le T4 exposé à l'ouest et. En revanche dans la banane (isolée) les occupants n'allument pas la totalité des radiateurs disponibles et seulement le T3 nord dispose d'un chauffage d'appoint. Dans les deux bâtiments on constate parfois le dysfonctionnement des certains radiateurs.

En ce qui concerne la gestion de l'ouverture les comportements sont similaires. La tendance générale est d'ouvrir les fenêtres pour aérer pendant des courtes durées. Dans les deux bâtiments on observe des exceptions au premier étage où les fenêtres ne sont presque jamais ouvertes pour garder la chaleur et des questions de sécurité.

Quant aux volets dans les deux bâtiments la tendance est d'ouvrir les volets pendant toute la journée pour profiter des apports solaires et les fermer la nuit pour garder la chaleur. L'absence des volets pour certaines pièces dans la banane (cuisines exposés à l'ouest) ne pose pas de problème alors que dans la tour induit les occupants à l'utilisation des rideaux plus épais, des volets intérieurs ou du scotch autour des fenêtres (dans les séjours tu T3 exposé à l'est, du T4 et T2 exposés à l'ouest eu au dernier étage).

Dans la période estivale le comportement varie selon le bâtiment considéré. Dans la tour (non isolée) la quasi-totalité des habitants ne dispose pas d'un climatiseur ou d'un ventilateur (seulement les habitants du T3 exposé à l'est et du T2 exposé à l'ouest) alors que dans la banane 4 interviewés sur 5 disposent d'un ventilateur. Qui est utilisé pour des longues durées.

En ce qui concerne la gestion des ouvertures les comportements sont similaires pour la tour et la banane. La tendance générale et de laisser ouvertes les fenêtres pour des longues durées en créent de courants d'air pour rafraichir l'appartement. La valeur positif du séjour traversant est reconnue par les occupants de la banane. Dans les deux bâtiments on observe que au premier étage la gestion des ouvertures est soumise à la présence de l'occupant pour des questions de sécurité.

Quant aux volets dans les deux bâtiments la tendance est de fermer les protections solaires presque toute la journée. L'absence des volets dans certaines pièces ne pose pas de problèmes dans la banane alors que dans la tour induit les occupants à l'utilisation des volets intérieurs (dans le T2 exposé à l'ouest) ou des rideaux (pour le T4 exposé à l'ouest).

4.3.3. Retour sur la méthode

En général on affirme l'importance de l'analyse du vécu comme étape essentielle pour le diagnostic préalable des qualités thermiques des bâtiments collectifs des années 50-60. En effet l'analyse du vécu permet d'explorer les différentes modalités d'occupation et d'appropriation de l'espace qui influencent largement le comportement thermique du bâtiment.

En ce qui concerne le repérage des informations il est nécessaire de spécifier que l'étude du vécu est basée essentiellement sur les résultats des entretiens intégrés par des observations ponctuelles en condition d'occupation et que les informations disponibles auprès du bailleur social n'ont pas été inclus à cause de la durée limitée du stage.

En outre il est nécessaire de spécifier que les enquêtes sont menées pendant 4 jours d'été (du 28 juin au 1^{er} juillet), par conséquent les réponses des occupants qui font référence à leurs perceptions et pratiques thermiques pendant la période hivernale sont issues de leurs souvenirs et celles qui font référence à leurs perceptions et pratiques thermiques pendant la période estivale sont influencées par les conditions climatiques de ces 4 jours. Il faut alors prendre en considération un possible écart entre les déclarations et la réalité

Plus précisément dans le but de mieux comprendre les points de force et de faiblesse de cette analyse par la suite on fait un certain nombre de constats suivant les trois étapes fondamentales des entretiens: la sélection des participants à l'entretien, la confrontation de la méthode au terrain et la mise en œuvre.

Sélection des participants à l'entretien

Dans un premier temps le but était de considérer un bâtiment type pour chacune des formes dominantes (barre, banane et tour).

Après un premier test sur terrain on a rencontré un certain nombre d'obstacles qui ont déterminés la réduction du nombre des cas. En effet certaines portes d'entrée des barres sont inaccessibles et quand accessibles parfois les gens ne sont pas chez-eux oui il n'y a pas de sonnette. Lorsque on approche les personnes l'entretien n'a pas pu être mené à cause du fait que les occupants ne veulent pas répondre à des sondages ou qu'ils ne veulent pas laisser entrer un inconnu dans l'appartement. En ce qui concerne la prise de contact avec les gens plusieurs approches sont possibles: la mise en contact par interphone ne pas convenable compte tenu du grand nombre de réponses négatives obtenus. Il semble préférable une approche directe avec son interlocuteur, ce qui est possible grâce à la rencontre avec les habitants dans les espaces public (par exemple à l'entrée du bâtiment) ou dans les espaces communes (par exemple à l'entrée de l'appartement).

Les difficultés rencontrées peuvent être expliquées par des raisons liées au quartier spécifique. En effet, comme mis en évidence par notre test sur terrain le quartier est lié à une image d'insécurité, cadre de tension et de violence. D'ailleurs les difficultés rencontrées peuvent être expliquées aussi

par la difficulté plus généralisée d'entrer dans un espace de vie privée qui influence fortement non seulement la possibilité de mener l'enquête mais aussi son déroulement.

Confrontation de la méthode au terrain

Une première version de l'entretien est expérimentée lors du premier test sur terrain. En effet initialement certaines questions ne sont pas comprises, avec référence notamment aux questions comportent des termes trop spécifiques. En outre parfois les questions sont apparemment comprises mais les habitants montrent des signes de désorientation dans leurs réponses, ce qui peut être lié à l'origine étrangère de la majorité des gens qui ont été interrogés (10 sur 13 n'ont pas des origines françaises).

Suite au premier travail exploratoire, une deuxième version (en annexes) de l'entretien est élaborée qui a affiné les questions et allégé le contenu du questionnaire pour avoir des temps de réponses plus convenables pour les habitants. Plus précisément les questions avec des termes spécifiques (tels que « organisation et utilisation des pièces » ou « confort thermique ») ont été enlevées ou reformulés (par exemple la question initiale « Comment jugez-vous le confort thermique de votre appartement » a été remplacée par « Est-ce que il fait bon chez vous ? »). En outre la question sur le cout de chauffage est complétée par la question sur le cout de l'électricité vu que le cout de chauffage pour les cas considérés est fixe et compris dans le prix du loyer. Les questions relatives à « la pièce la plus chaude » et « la pièce la plus froide » sont enlevés, le système de jugement (« de très froid » à « très chaud » par rapport à la température et de « très peu » à « très fort » par rapport aux courants d'air) est simplifié par la représentation graphique des réponses possibles.

Mise en œuvre

Suite au déroulement de l'entretien redéfini en trois jours on a été à confronté à des situations où les occupants demandaient de leur poser les questions en anglais (2 cas sur 13) qui a produit des réponses partielles à cause de l'absence d'une guide d'entretien en anglais préparée à l'avance. En outre dans un seul cas les occupants ont demandé de leur envoyer le questionnaire par mail (1 cas sur 13) qui a produit des réponses plus détaillées par rapport aux autres entretiens grâce à la majeure disponibilité de temps pour articuler ses propres réponses.

En outre, même après la simplification et l'allégement de l'entretien, parfois la deuxième et/ou la troisième partie de l'entretien, constituées respectivement par le questionnaire et la visite guidée, n'ont pas été complétées pour le manque de temps et de volonté des habitants. Cet élément nous a empêché des réaliser des observations complémentaires et de prendre des photos des dispositifs d'adaptation de propre niveau de confort. En revanche on a aussi connu des cas où les habitants donnaient des réponses à des questions qui ne sont vraiment posés, qui nous a fourni des informations parfois utiles et parfois peu pertinentes.

En général on se rend compte qu'une plus grande simplicité dans l'énonciation des questions peut engendrer des réponses plus complètes, et qu'il est plus simple pour les gens de comprendre les

questions ouvertes plutôt que les questions fermées d'un questionnaire, et par conséquent d'y répondre.

On remarque entre autres l'importance de la création d'une relation d'intimité entre l'enquêteur et l'interviewé, ce qui influence beaucoup le déroulement de l'entretien et la qualité des résultats.

4.4. Analyse physique

Suite à l'étude architecturale des dispositifs de façade et à l'étude concernant le ressenti des habitants, l'étude physique in vitro permet d'analyser le comportement thermique des dispositifs architecturaux du bâtiment à l'aide de simulations thermiques simplifiées. La simulation est effectuée à partir des plans d'étage et des données relevés lors de la visite des bâtiments considérés. Les modélisations géométriques avant et après travaux sont menées séparément pour la tour et pour la barre dans le but de réduire les temps de calcul.

En ce qui concerne la définition du système la modélisation volumique simplifiée est réalisée à l'aide des données 2D récupérées auprès de la base de données Smart French. Ces données 2D sont ensuite exploitées avec le logiciel SketchUp complété par le plugin OpenStudio dans le but de constituer le modèle 3D des bâtiments. Après l'importation du plan d'étage courant, on précise tout d'abord l'orientation et l'échelle de la géométrie. Ensuite on procède avec la création de la géométrie 3D du plan d'étage courant en considérant la présence des ouvertures, des protections solaires et de la différence des matériaux utilisés. Les portes qui séparent les pièces ne sont pas considérées.

Concernant la délimitation des zones thermiques, dans le but d'étudier l'effet des différents matériaux, la simulation est faite en multizones pour les tours, la banane et la barre: 30 par étage type des tours en modélisant chaque pièce comme zone thermique.

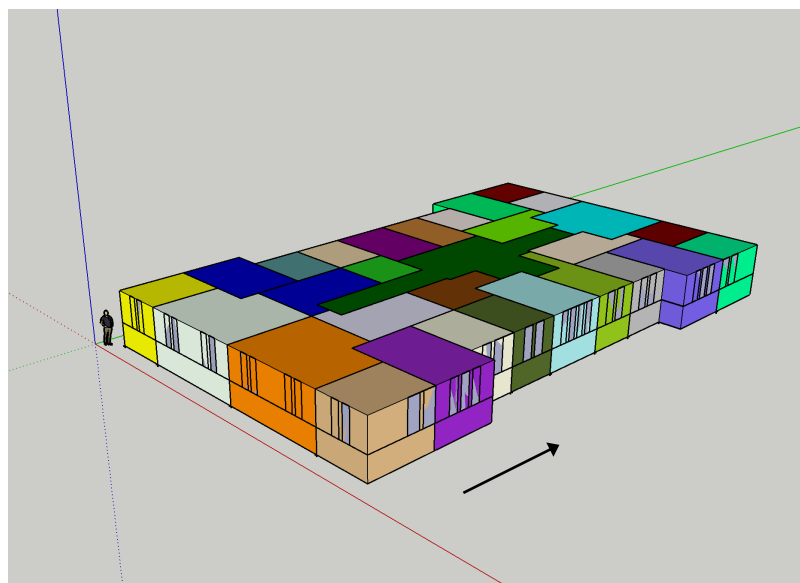


Figure 14: Définition des zones thermiques.

Cette étape inclut aussi la définition des conditions limites des parois: intérieures non exposées, extérieures exposée aux conditions climatiques et adiabatiques. Les parois en contact avec d'autres appartements, les plafonds et les planchers sont considérées comme adiabatiques.

Une fois le système a été défini, on procède avec la multiplication de l'étage type en fonction du nombre d'étage du bâtiment. Il faut spécifier qu'entre le premier étage et l'étage intermédiaire, ainsi qu'entre le l'étage intermédiaire et le dernier étage on définit des espaces vides pour simplifier le calcul des sorties fait par le logiciel.

Quant à la définition des conditions climatiques et de la localisation à l'aide du logiciel OpenStudio. Les données climatiques utilisées pour la simulation correspondent au fichier météo en format .epw (format propre à EnergyPlus) disponible pour la ville la plus proche de Rennes qui correspond à la ville de Nantes. Ensuite on procède à la définition des masques intégrés et environnantes à l'aide du logiciel SketchUp.

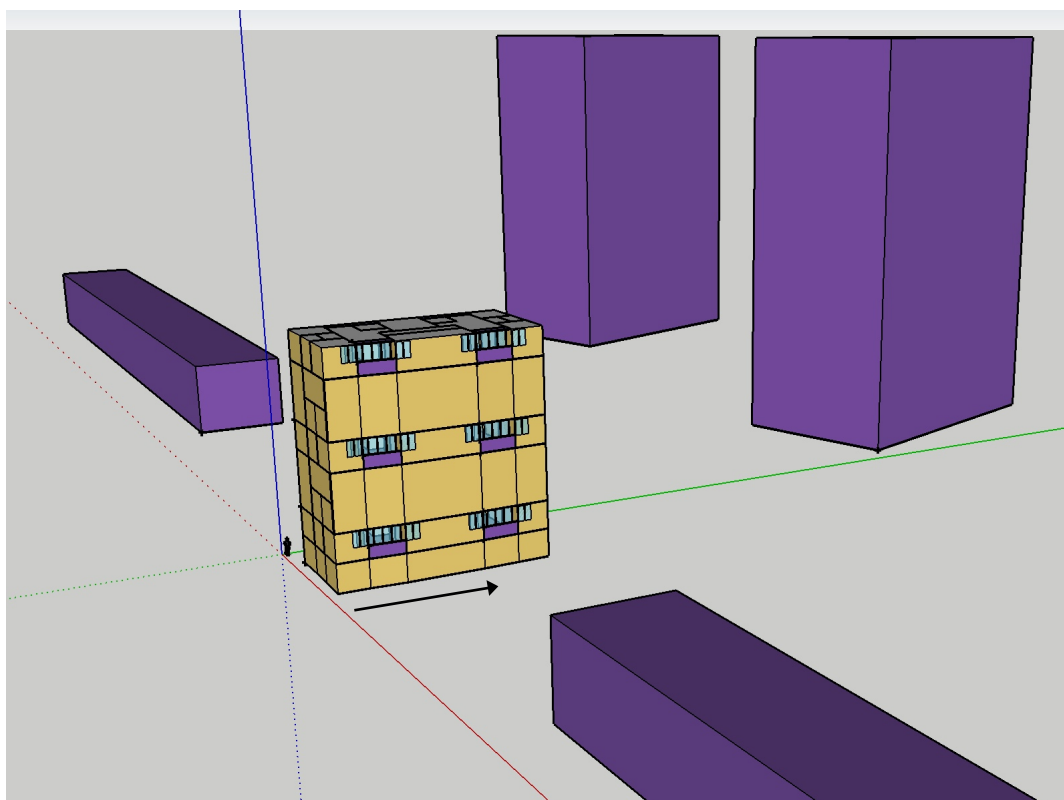


Figure 15: Définition des masques intégrés et proches (en violet).

Concernant la définition des horaires d'occupation, des températures de consigne et des charges internes à l'aide du logiciel OpenStudio dans le but de s'affranchir des incertitudes liées aux comportements des occupants on considère que les appartements ne sont pas habités.

Les caractéristiques thermo-physiques de l'enveloppe des ces bâtiments sont spécifiées en accord avec Couasnet, 2010. Ensuite, concernant le système de chauffage, comme indiqué précédemment, les deux bâtiments sont équipés des dispositifs de chauffage à eau chaude centralisé et de radiateurs dans toutes les pièces. Les parties communes, tels que le couloir et le séchoir pour les tours, ainsi

que les salles de bain et sont exclues du circuit de chauffage. Enfin, en ce qui concerne le système de ventilation, la présence des entrées d'air sur les fenêtres et d'extracteurs dans les pièces humides n'est pas pris en compte puisque pour ce faire il est plus approprié une étude CFD (Computational Fluid Dynamic) spécifique.

4.4.1. Résultats des simulations thermiques

Les simulations des tours et des barres sont réalisées pour toute l'année au pas de temps horaire. Les résultats sont présentés sous forme de deux périodes significativement opposées (19-23 décembre et 19-23 juillet)¹⁸. Pour chaque type de bâtiment deux types de simulations thermiques sont lancés pour le comportement thermique avant et après les travaux de rénovation (les dispositifs et l'enveloppe avant et après travaux de rénovation ont été décrits au paragraphe 4.2. *Analyse architecturale*). La première simulation est faite sans le système de chauffage dans le but de mieux comprendre le comportement thermique de l'enveloppe alors que la deuxième simulation inclut la définition du système de chauffage central, nécessaire pour l'étude des besoins énergétiques.

Par la suite on présente un exemple des résultats (la température opérative¹⁹ et la demande de chauffage) obtenus pour la banane. Les résultats des tous les appartements de l'étage intermédiaire, du premier et dernier étage avant et après travaux de la banane sont proposés en annexe et commentés dans le paragraphe suivant. On présente les résultats du seul bâtiment à forme de banane puisque le but final de la recherche n'est pas l'élaboration d'une monographie sur le quartier Le Gros Chêne mais plutôt l'expérimentation d'une démarche pour la caractérisation des qualités thermiques des logements collectifs.

Dans les figures suivantes on présente les résultats relatifs à la température opérative du T3 nord de l'étage intermédiaire, en été et en hiver après et avant les travaux de rénovation (APT et AVT).

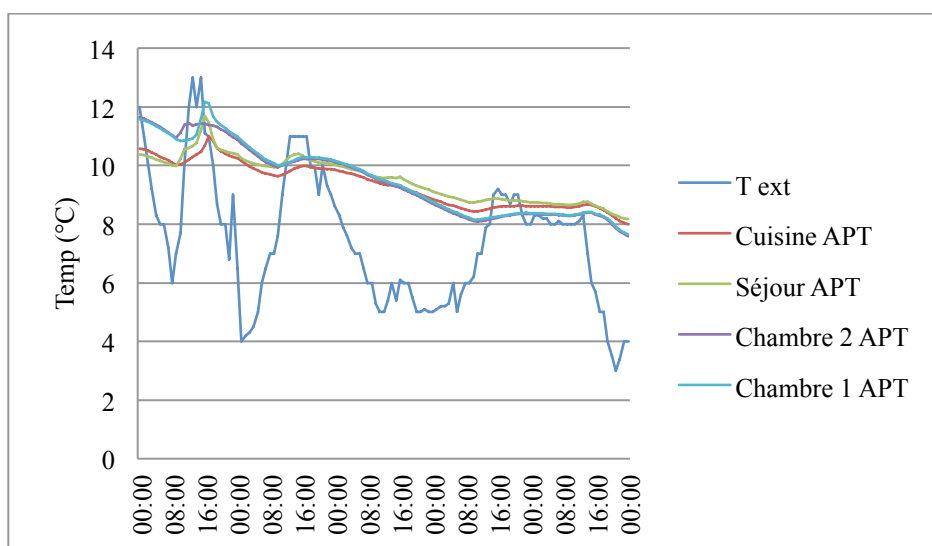


Figure 16: Température opérative du T3 nord après travaux (APT) à l'étage intermédiaire (4°) pendant la période hivernale (19-23 décembre).

¹⁸ Les deux journées sont définies en accord avec le SummerDesignDay et le WinterDesignDay qui sont définies par Openstudio depuis le fichier météo en format .epw disponible sur le site EnergyPlus: <https://energyplus.net/weather>

¹⁹ La température opérative est la moyenne de la température ambiante et de la température radiative moyenne.

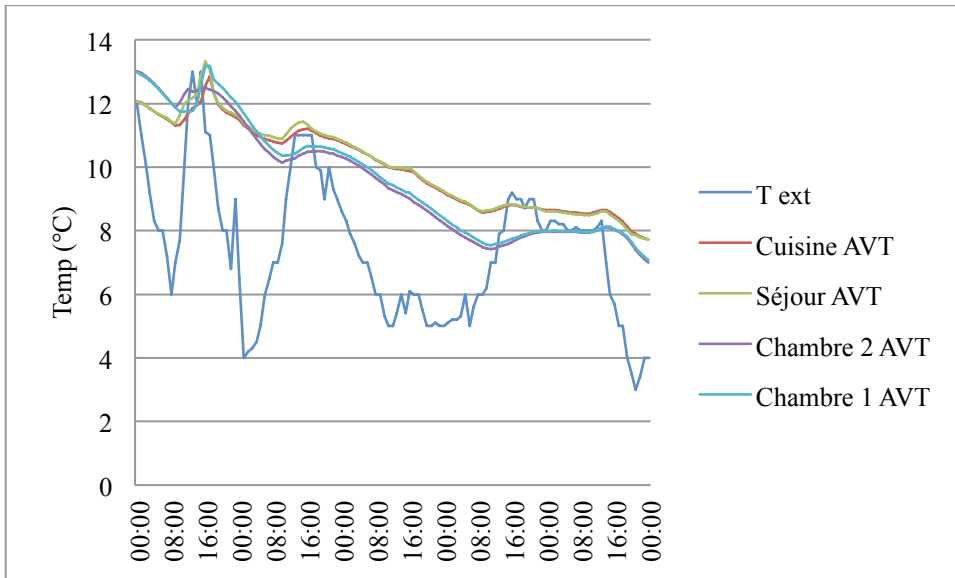


Figure 17: Température opérative du T3 nord avant travaux (AVT) à l'étage intermédiaire (4^e) pendant la période hivernale (19-23 décembre).

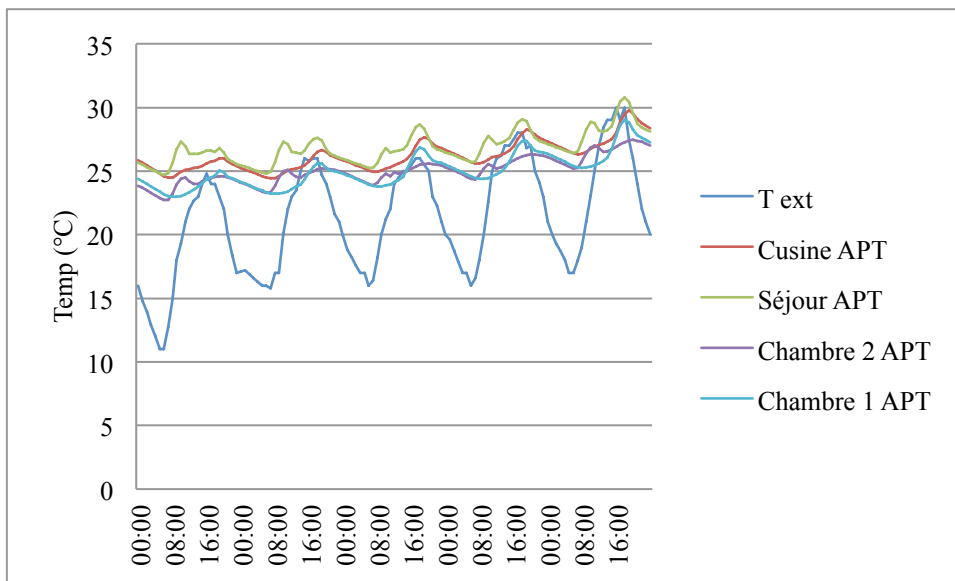


Figure 18: Température opérative du T3 nord avant travaux (APT) à l'étage intermédiaire (4^e) pendant la période estivale (19-23 juillet).

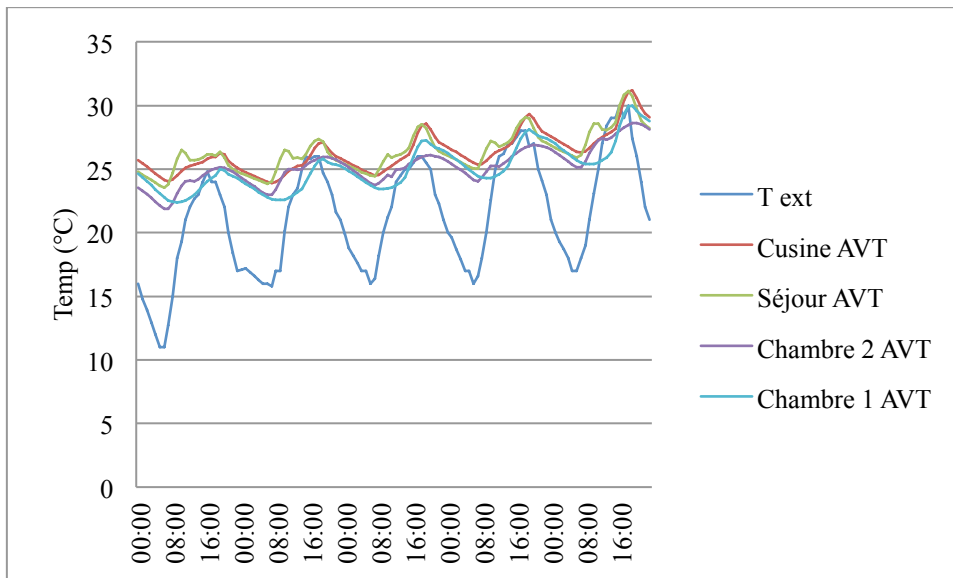


Figure 19: Température opérative du T3 nord avant travaux (AVT) à l'étage intermédiaire (4°) pendant la période estivale (19-23 juillet).

Dans le tableau ci-dessous on présente les charges de chauffage des pièces de l'étage intermédiaire du premier étage et du dernier étage de la banane. Les résultats avant (AVT) et après (APT) travaux sont comparés.

BANANE				
Étage intermédiaire				
I	Appartement	Pièce	Charges de chauffage (kBtu/hr) AVT	Charges de chauffages (kBtu/h) APT
4	T3SUD	Chambre 1	4,47	3,43
1	T3SUD	Chambre 2	4,44	3,21
5	T3SUD	Séjour	5,34	3,57
6	T3SUD	Cuisine	1,94	1,67
15	T3NORD	Chambre 1	4,54	3,31
12	T3NORD	Chambre 2	4,47	3,22
11	T3NORD	Séjour	5,44	3,67
10	T3NORD	Cuisine	1,87	1,61
7	STUDIO	Séjour-chambre	6,14	2,72
8	STUDIO	Cuisine et salle de bain	1,44	0,74
Premier étage				
Zone thermique	Appartement	Pièce	Charges de chauffage (kBtu/hr) AVT	Charges de chauffages (kBtu/h) APT
33	T3NORD	Chambre 1	4,45	3,24
30	T3NORD	Chambre 2	4,38	3,16
29	T3NORD	Séjour	5,48	3,81
28	T3NORD	Cuisine	1,94	1,71
Dernier étage				
Zone thermique	Appartement	Pièce	Heating Loads (kBtu/hr) AVT	Heating Loads (kBtu/h) APT
48	T3NORD	Chambre 1	4,6	3,35
45	T3NORD	Chambre 2	4,53	3,27
44	T3NORD	Séjour	5,52	3,71
43	T3NORD	Cuisine	1,9	1,63

Tableau 6: Charges annuelles de chauffage pour les pièces chauffées des appartements de la banane en kBtu/hr avant travaux (AVT) et après travaux (APT).

4.4.2. Discussion des résultats

Température opérative

Période hivernale

Par la suite on décrit le comportement dans la banane pendant la période hivernale selon l'orientation, l'étage et avant les travaux de rénovation.

En ce qui concerne les différentes orientations (T3 nord, T3 sud et studio) de l'étage intermédiaire, pendant les jours à ciel couvert dans le T3 nord les pièces les plus froides sont les deux chambres, où la chambre exposée à l'ouest est plus froide le matin et la chambre exposée à l'est est plus froide l'après-midi. Le séjour et la cuisine sont plus chauds par rapport aux chambres. En effet les deux chambres disposent du même pourcentage de vitrage alors que les séjours et la cuisine disposent des loggias. Entre autre le séjour profite d'une double exposition est-ouest et dispose d'un pourcentage de vitrage supérieur par rapport aux autres pièces. Dans le T3 sud on constate la même tendance pendant les jours à ciel couvert, ce qui se justifie par l'absence de vitrage sur la façade sud et nord du bâtiment (murs mitoyens). Pour la même raison il n'y a pas une différence significative en termes des températures opératives entre l'appartement T3 nord et T3 sud. Dans le studio la zone thermique qui inclut le séjour-chambre est plus froide que la cuisine (cette dernière n'est pas exposée à l'extérieur).

Concernant les différents étages du bâtiment (premier, intermédiaire et dernier) on constate que la température opérative des pièces de l'appartement T3 nord au premier étage suit la même tendance que l'appartement T3 nord de l'étage intermédiaire. Entre autre on constate que les pièces de ce dernier présentent des températures moyennes journalières supérieures par rapport aux pièces correspondantes du premier étage. De même la température opérative des pièces de l'appartement T3 au dernier étage suit la même tendance que l'appartement T3 nord de l'étage intermédiaire. En revanche on signale que dans ce cas les températures moyennes journalières de l'étage intermédiaire sont supérieures par rapport aux pièces correspondent du dernière étage, ce qui peut être expliqué par le phénomène de refroidissement plus important par convection aux extrêmes des immeubles.

En comparant la situation avant et après les travaux du T3 nord de l'étage intermédiaire on constate une diminution de l'écart en termes de température opérative entre les pièces de la zone nuit (les deux chambres) et celles de la zone jour (la cuisine et le séjour). Par conséquent grâce aux travaux d'isolation par l'extérieur et de la substitution du vitrage (de simple à double) les deux chambres résultent moins froides. En revanche après les travaux de rénovation on constate une augmentation de l'écart entre la cuisine et le séjour. Par conséquent suite aux travaux de rénovation la cuisine résulte plus froide. De même on remarque les mêmes constats pour le T3 sud. Dans le studio exposé à l'est après les travaux de rénovation l'écart en termes de température opérative entre le séjour et la cuisine baisse en déterminant une augmentation des températures du séjour.

Période estivale

Par la suite on décrit la température opérative dans la banane pendant la période estivale selon l'orientation, l'étage et avant les travaux de rénovation.

En ce qui concerne les différentes orientations (T3 nord, T3 sud et studio) de l'étage intermédiaire, dans le T3 nord la pièce la plus chaude est le séjour, suivi par la cuisine et les deux chambres. La différence de température entre le séjour (exposé est-ouest) et la cuisine (exposé ouest) diminue pendant l'après-midi. On rappelle que le séjour est la seule pièce que dispose d'une double orientation et du plus haut pourcentage de vitrage. La chambre 2 exposée à l'est est plus chaude que la chambre 1 exposée à l'ouest pendant le matin alors que la situation est inverse pendant l'après-midi. Cependant la chambre 2 exposée à l'est le matin est moins chaude que la chambre 1 l'après-midi ce qui peut être lié aux conditions d'ensoleillement extérieures vu que les deux pièces ont les mêmes caractéristiques architecturales. Dans le T3 sud on constate la même tendance, ce qui se justifie par l'absence de vitrage sur la façade sud et nord du bâtiment (murs mitoyens). Pour la même raison on constate une différence de température quasiment nulle en termes des températures opératives entre l'appartement T3 nord et T3 sud. Dans le studio la zone thermique qui inclut le séjour-chambre est plus chaude que la cuisine-SDB (cette dernière n'est pas exposée à l'extérieur) pendant toute la journée. La nuit la cuisine-SDB devient plus chaude que le séjour-chambre.

Concernant les différents étages du bâtiment (premier, intermédiaire et dernier) on constate que la température opérative des pièces de l'appartement T3 nord au premier étage suit la même tendance que l'appartement T3 nord de l'étage intermédiaire. Entre autre on constate que dans les pièces de ce dernier présentent des températures moyennes journalières similaires par rapport aux pièces correspondantes du premier étage. On remarque les mêmes constats pour le T3 nord du dernier étage.

En comparant la situation avant et après les travaux du T3 nord de l'étage intermédiaire on constate la diminution des températures en été grâce aux travaux d'isolation. On remarque aussi une augmentation de l'écart en termes de température opérative entre la cuisine et le séjour. Par conséquent grâce à la substitution du vitrage avec le panneau en PVC la cuisine résulte moins chaude l'après-midi. Entre autre on constate une augmentation de l'écart aussi entre les deux chambres. Par conséquent suite aux mêmes travaux de rénovation pour les deux chambres (isolation par l'extérieur et la substitution du simple vitrage avec du double vitrage) la chambre 1 résulte moins froide. On remarque les mêmes constats pour le T3 sud. Dans le studio exposé à l'est après les travaux de rénovation l'écart en termes de température opérative entre le séjour et la cuisine baisse en déterminant une augmentation des températures du séjour.

Demande de chauffage

Dans la banane pendant la période hivernale (depuis le mois de novembre jusqu'au mois de juin) les charges de chauffage varient selon l'orientation des appartements et l'étage de référence.

En ce qui concerne les appartements aux différentes orientations (T3 nord, T3 sud et studio) de l'étage intermédiaire dans le T3 nord après les travaux à conditions égales en termes de pourcentage de vitrage, d'exposition, des matériaux de façade et des dimensions on constate que l'appartement T3 nord demande seulement 4% plus de chauffage que l'appartement T3 sud, ce qui peut être expliqué par le fait que les murs nord et sud de l'unité considérée n'ont pas d'ouvertures et ne sont pas exposés à l'extérieur. Plus spécifiquement dans les deux appartements T3 exposés à l'est et à l'ouest les pièces présentant les charges de chauffage les plus élevées sont les deux séjours, suivis par les deux chambres et les cuisines qui représentent donc les pièces les moins énergivores. Ce résultat peut être lié encore une fois au pourcentage de vitrage en façade et à la taille, plus élevés pour les séjours et moins élevé pour les cuisines. Dans les deux appartements T3, à égalité de pourcentage de vitrage entre la chambre 1 exposé à l'ouest et la chambre 2 exposé à l'est, celle qui demande le plus est à la chambre 1 exposé à l'ouest. Dans le studio le séjour-chambre demande plus de chauffage que la zone thermique composée par la cuisine et la salle de bain, ce qui est explicable par la non-exposition de la zone cuisine-salle de bain aux conditions extérieures.

Concernant les différents étages (premier, intermédiaire et dernier) en comparant le T3 nord du premier étage et celui du dernier étage en comparaison avec l'étage intermédiaire on constate les mêmes tendances. Les charges de chauffage de l'appartement T3 nord du premier étage sont peu supérieures par rapport à celles du T3 de l'étage intermédiaire. Egalement les charges de chauffage de l'appartement T3 nord du dernier étage sont peu supérieures par rapport à celles du T3 de l'étage intermédiaire. Cette petite augmentation peut être liée au contact du premier étage avec le rez-de-chaussée non chauffé et à la majeure exposition du dernier étage aux conditions extérieures.

Enfin, en comparant la situation avant et après les travaux on constate une diminution de la demande de chauffage pour toutes les pièces après la rénovation (les dispositifs d'enveloppe avant et après travaux de rénovation ont été décrits au paragraphe 4.2. *Analyse architecturale*). Notamment la plus forte baisse d'environ 50% est observée pour le studio suivi par une baisse de 27% pour le T3 sud et 28% pour le T3 nord. Le T3 nord du premier étage ainsi que celui du dernier étage montrent une réduction similaires à leurs homologues à l'étage intermédiaire (respectivement 27% et 28%). On rappelle que le studio a fait l'objet de la seule substitution des fenêtres avec du double vitrage et de l'isolation des murs par l'extérieur alors que les deux T3 ont vu aussi la substitution des surfaces vitrées des cuisines, avec les surfaces opaques en PVC. Il est intéressant de noter que les cuisines des T3 nord et sud, où les protections solaires ont été enlevées et certaines fenêtres ont été substitués avec des surfaces opaques en PVC, sont les pièces avec le plus faible pourcentage en termes de réduction de la demande de chauffage après travaux. La pièce avec le plus haut pourcentage de réduction de la demande de chauffage (environ 50%) est le séjour-chambre du studio.

4.4.3. Retour sur la méthode

De manière générale on affirme l'importance de l'analyse physique comme étape essentielle pour le diagnostic préalable des qualités thermiques des bâtiments collectifs des années 50-60. En effet l'analyse physique permet de comparer les valeurs spécifiques concernant la demande de chauffage et la température intérieure des pièces.

En ce qui concerne le repérage des informations, l'étude physique est basée essentiellement sur la base de données Smart French, sur les observations in situ et sur les fichiers climatiques du site EnergyPlus.

Concernant les données d'entrée on constate un certain nombre de limites liées aux informations sur les conditions climatiques, sur les caractéristiques constructives après travaux de rénovation et sur les caractéristiques thermiques des matériaux. En effet le site Energyplus²⁰ met à disposition des fichiers météo du territoire français pour un nombre de ville limité. C'est parce que les données climatiques utilisées pour la simulation correspondent à la ville de Nantes. On signale entre autre le manque d'informations détaillées sur les caractéristiques constructives des immeubles après les travaux de rénovation ce qui dérive du manque des informations provenant par le bailleur social. Enfin on remarque que les caractéristiques thermiques des matériaux utilisés sont des valeurs par défaut qui ne considèrent pas forcément les changements des conditions climatiques ou la détérioration des matériaux au fil du temps.

En ce qui concerne les données de sortie on relevé la valeur ajoutée de la combinaison de plusieurs fonctionnalités qui permettent de visualiser les résultats obtenus et de définir des courbes de comparaison entre les différentes zones thermiques.

4.5. Croisement

On traite dans cette section les corrélations possibles entre les résultats de l'étude architecturale, du vécu et physiques. On rappelle que l'approche probabiliste pour le croisement des données l'approche probabiliste résulte, à notre avis, limitée dans la mesure où il ne capte pas certaines "pratiques thermiques" (Brisepierre, 2011) des locataires qui ne peuvent pas se réduire à une logique de type quantitatif (*Chapitre 3. Proposition d'une démarche expérimentale*). C'est parce que dans notre étude on choisit d'adopter une approche de type comparative.

On présente donc le croisement des données issues des observations, des entretiens et des simulations numériques suivant une approche de type comparatif.

²⁰ <https://energyplus.net>

4.5.1. Discussion des résultats croisés

Periode hivernale

En ce qui concerne les appartements aux différentes orientations (T3 nord, T3 sud et studio) tout d'abord on constate une correspondance entre les résultats des simulations et la parole d'habitant qui confirment l'absence d'une différence de température significative en hiver entre le T3 nord et le T3 sud. En particulier, d'après les simulations, les deux appartements ont des valeurs de température opérative proches et, d'après les entretiens ils sont considérés respectivement « bien chaude » et « confortable » pendant la période hivernale. Cette absence d'une différence significative de température peut être justifié par la mitoyenneté de murs nord et sud.

Plus spécifiquement d'après les simulations les pièces les plus froides des deux T3 sont les deux chambres (celle exposée à l'ouest le matin et celle exposée à l'est l'après-midi) mais les occupants manifestent leur inconfort en hiver seulement pour la chambre exposée à l'ouest, ce qui peut être aussi lié au moment d'utilisation de la pièce en relation avec le moment de la journée. Entre autre les occupants manifestent aussi l'inconfort pour le séjour, ce qui, d'après les simulations, est la pièce plus froide par rapport aux autres pièces pendant les jours à ciel dégagé. En effet on rappelle que le séjour traversant est aussi la pièce la plus grande avec le plus haut pourcentage de vitrage par rapport aux autres pièces.

De plus dans les deux T3, d'après le calcul des charges de chauffage, la chambre exposée à l'ouest demande 5 % plus que la chambre exposée à l'est puisque cette dernière profite du rayonnement direct au moment plus froid de la journée. En vrai d'après les entretiens on constate que dans le T3 nord le radiateur de la chambre exposée à l'est n'est pas allumé alors que dans le T3 sud le radiateur ne marche pas. Cette variété des pratiques, qui peut influencer les consommations de chauffage, n'est pas prise en compte par les simulations.

En considérant la différence de température perçue et mesurée entre les étages (premier, intermédiaire et dernier) on constate grâce aux entretiens que les appartements du premier et dernier étage sont perçus comme plus froids par rapport à l'étage intermédiaire, ce qui est vérifié par les valeurs de la température opérative issue des simulations. Cette différence peut être lié au rez-de-chaussée qui n'est pas chauffé et à la majeure exposition du dernier étage aux conditions extérieures.

En outre on constate aussi, d'après les simulations, que les charges de chauffages du premier et du dernier étage sont supérieures par rapport à l'étage intermédiaire, mais que il n'y a pas une grosse différence entre eux. En vrai d'après les entretiens on constate la tendance des occupants du premier étage à n'ouvrir presque jamais ni les fenêtres ni les volets pour des questions de sécurité alors que les habitants du dernier étage ferment les volets des deux chambres toute la journée. Cette variété des pratiques, qui peut influencer les consommations de chauffage, n'est pas prise en compte par les simulations.

En revanche les occupants du T3 nord du dernier étage relèvent un niveau d'inconfort plus élevé pour la chambre du fond exposée à l'est ce qui s'explique au cours de l'entretien par un

dysfonctionnement du radiateur de la pièce et par les courants d'air perçus par l'occupant (défauts d'étanchéité au niveau des menuiseries ou des murs). En effet cette différence n'est pas relevée lors des simulations.

Periode estivale

En ce qui concerne les appartements aux différentes orientations (T3 nord, T3 sud et studio) on constate une correspondance entre la parole d'habitant et les résultats de la température opérative qui confirment que il n'y a pas une différence significative entre le T3 nord et le T3 sud, justifié par la mitoyenneté des murs nord et sud. On constate, grâce aux entretiens, que le niveau d'inconfort dans les deux appartements est plus marqué en été que en hiver. En effet parmi les cinq appartements considérés seulement 1 sur 5 dispose d'un chauffage d'appoint alors que 4 sur 5 disposent d'un ventilateur, ce qui peut générer l'augmentation du prix d'électricité.

Plus spécifiquement d'après les simulations les pièces les plus chaudes sont le séjour et la cuisine alors que les occupants manifestent leur inconfort en été pour la cuisine et pour la chambre exposée à l'ouest. En effet on rappelle que les fenêtres de la cuisine (exposée à l'ouest) ne disposent pas de volets, c'est parce que les occupants recourent à des rideaux. De plus lors des entretiens la quasi-totalité des occupants soulignent la valeur positive du séjour traversant qui permet de créer des courants d'air et de rafraîchir l'ambiance. C'est parce que ils laissent ouvertes les fenêtres du séjour presque toute la journée. L'inconfort de la chambre exposée à l'ouest peut être lié au moment d'utilisation de la pièce en relation avec le moment de la journée.

En considérant la différence de température perçue et mesurée entre les étages (premier, intermédiaire et dernier) on constate que les simulations relèvent des températures opératives similaires entre les étages alors que les entretiens relèvent des perceptions différentes. En effet les occupants du premier étage considèrent l'appartement chaud alors que ceux du dernier étage le considèrent confortable. Cette discordance peut être expliquée par la variété des pratiques des habitants: d'un côté les habitants du dernier étage laissent les fenêtres et les portes ouvertes toute la journée, ce qui permet une ventilation constante de l'appartement; alors que ceux du premier étage n'ouvrent presque jamais les fenêtres pour des questions de sécurité, ce qui peut déterminer un manque de ventilation.

Chapitre 5. Discussion et conclusion générale

Le travail réalisé dans ce mémoire a abordé la proposition d'une démarche expérimentale pour la caractérisation des qualités thermiques dans les logements collectifs de la deuxième moitié du XX^e siècle. Il s'agissait, en premier lieu, de présenter les éléments théoriques fondamentaux autour de la question du confort au XX^e siècle et des techniques de construction de Trente Glorieuses.

Ensuite, on a procédé à une analyse des méthodes dominantes de diagnostic thermique des bâtiments avec la mise en évidence de leurs points de force et de faiblesse. Les principaux constats établis par cette analyse nous ont menés à la mise en question de ces méthodes et à la proposition d'une approche globale pour le diagnostic thermique.

D'ici on a proposé donc une démarche expérimentale qui se base sur une approche globale en considérant les qualités thermiques des logements collectifs comme résultat de l'interaction entre le cadre architectural, le cadre physique et le cadre du vécu. Par conséquent trois différents axes d'analyse ont été développés: d'abord, une analyse architecturale, qui s'appuie sur la documentation historiques et les observations ponctuelles, nous a permis de cerner l'objet urbain et architectural dans ses caractéristiques techniques et morphologiques; ensuite, une approche du vécu, qui se base sur les enquêtes avec les habitants, nous ont permis l'inclusion du confort ressenti et des pratiques des usagers; enfin, une analyse physique, à l'aide du logiciel de simulation thermique Openstudio, qui aboutit le comportement thermique de l'enveloppe et des systèmes thermiques du bâtiment.

Dans le but d'apporter les premiers éléments de réponse à notre problématique et de vérifier les hypothèses formulées au début de ce mémoire, on a continué avec la mise en place de la démarche précédemment définie au cas d'étude du Gros Chêne à Rennes choisi en fonction de la disponibilité d'information pour l'analyse architecturale, du vécu et physique. Cette partie nous a permis de mettre en évidence les points forts et de faiblesse de la méthode proposée, pour en déduire la validité et la pertinence des outils adoptés. En effet l'application de la méthode a fait ressortir un certain nombre de limites liées aux enquêtes et au logiciel de simulation choisi, possible objet de recherche future.

Points critiques et limites de la démarche

Dans le but d'évaluer la démarche proposée et expérimentée on va considérer par la suite tout d'abord la pertinence d'une approche pluridisciplinaire pour la caractérisation des qualités thermiques, suivie par une discussion autour des informations nécessaires pour la mise en place de notre démarche et enfin on va discuter de la pertinence des outils adoptés.

En ce qui concerne l'approche on confirme la nécessité d'une approche multidisciplinaire pour la caractérisation des qualités thermiques des logements collectifs des années 1950-60 grâce à la compréhension des relations entre enveloppe, systèmes, usagers et pratique. Plus particulièrement on spécifie que l'analyse architecturale sert de support de base nécessaire mais non suffisant pour

l'analyse du vécu et pour l'analyse physique. En outre on s'aperçoit que la mise en œuvre des améliorations en termes de consommations énergétiques peut induire des situations d'inconfort pour les habitants qui de leur côté mettent en place des modalités d'adaptation de son propre niveau « bien-être ». Ces modalités peuvent quant à eux réduire leur niveau d'inconfort mais, en même temps, induire des consommations énergétiques inattendues et supérieures aux consommations initiales (ce qui est définie par plusieurs auteurs comme effet rebond ou loop énergétique). D'ici l'importance de l'intégration constante entre les aspects physiques, perceptifs et comportementaux tout au long de la phase de diagnostic, de proposition des solutions possibles et de mise en place des projets de rénovation.

Concernant les informations demandées pour la mise en applications de la démarche on peut formuler un certain nombre de constats. D'abord, l'accès au plan de masse et au plan d'étage courants des logements collectifs des années 1950-60 comme bases pour l'analyse architecturale dépende largement de la disponibilité des informations documentaires incluses dans la base de données Smart French. Ces informations doivent nécessairement être complétées par des observations sur place pour la vérification de certains éléments. Ensuite, l'accès aux informations sur le ressenti des habitants est beaucoup influencé par la disponibilité en termes de volonté et de temps des gens qui semble être étroitement lié à leur sensibilisation par rapport aux travaux de rénovation futurs faite par les bailleurs. Enfin, quant aux informations d'entrées demandées par le logiciel de simulation thermique pour l'analyse physique on souligne une certaine difficulté dans le repérage des conditions climatiques locales, des caractéristiques thermiques des matériaux de l'époque et des informations constructives relatives à l'état actuel.

À l'égard des outils adoptés pour la démarche il est nécessaire de faire une distinction entre les enquêtes pour l'étude sensible et les logiciels de simulation pour l'étude physique.

S'agissant des enquêtes on constate qu'un investissement important de temps est demandé pour la préparation préalable de la guide d'entretien, la présence sur site et pour les contacts avec les habitants. En partie tel investissement de temps dérive du manque de connaissances de base sur les méthodes d'enquête et d'un manque des informations provenant du bailleur social. Par ailleurs un grand nombre des personnes ont refusé de répondre aux questions à cause de leur perplexité quant à la présence d'inconnu chez eux. Entre autre il est nécessaire de spécifier que les réponses des habitants sont basées sur leur mémoire et, par conséquent pas nécessairement objectifs. En revanche les témoignages et les observations obtenues lors des entretiens dans le cadre de vie des occupants permettent de capter certaines informations relatives aux qualités thermiques des logements collectifs qui influencent beaucoup l'évaluation en termes du confort et des consommations de chauffage.

Quant aux logiciels de simulation thermique dynamique, ils sont des outils nécessaires pour le diagnostic thermique des bâtiments. En effet il existe un certain nombre d'éléments qui ne peuvent pas être étudiés au moyen des observations et des entretiens tels que l'évolution des consommations de chauffage ou des températures intérieures au fur et à mesure du changement des conditions

climatiques extérieures ou constructives. En outre la simulation thermique dynamique permet d'évaluer un état actuel ou les travaux de rénovation effectués ainsi que d'élaborer un projet d'amélioration. Il faut toutefois spécifier que les outils de simulation dynamique utilisent des méthodes de calcul simplifiées qui donc ont une utilité de comparaison (à moins d'investir énormément de temps sur la modélisation et la validation). En revanche la limite de ce type d'outil concerne le fait que un investissement important est demandé pour la phase de repérage des informations nécessaires. L'investissement en temps dérive aussi d'un manque de pratique de l'outil en question. En outre les caractéristiques thermiques des matériaux ont été définies par des valeurs standard. En effet la simplification des caractéristiques liées aux systèmes de chauffage et aux propriétés thermiques des matériaux de l'époque peut mener parfois à la formulation d'hypothèses qui conduisent à des résultats approximatifs.

Enjeux et perspectives

Au regard de ce qui précède, il est possible formuler quelques considérations finales qui ouvrent d'importantes perspectives en matière de travaux de recherche.

On souligne l'importance de la mise en œuvre d'une connaissance interdisciplinaire qui puisse favoriser l'interaction entre les expertises techniques des bureaux d'étude, la connaissance fine des bailleurs sociaux et l'expertise habitante des occupants. En effet si les bureaux d'étude disposent d'une connaissance approfondie des aspects physiques, les bailleurs sociaux ont accès aux plaintes ainsi que aux pratiques des habitants.

Entre autre on remarque le rôle essentiel des bailleurs sociaux dans l'étude préalable de diagnostic thermique pour cibler la commande puisque ils disposent d'information de première importance sur les caractéristiques techniques des systèmes de chauffage ainsi que sur les consommations énergétiques des ensembles immobiliers.

On affirme donc la nécessité d'un rôle intermédiaire doté d'une expertise générale sur les questions de la thermique des bâtiments ainsi que sur les questions de la sociologie de l'énergie qui puisse mettre en place de programmes d'accompagnement entre les experts techniques, les bailleurs sociaux et les habitants au long de la phase de diagnostic et d'intervention.

On signale l'importance de la prise en considération de l'emplacement du logement (dans le plan ou en hauteur) et des différentes conditions d'exposition aux conditions extérieures des appartements qui génèrent une diversité de pratiques thermiques et de consommations énergétiques.

Or, la prise en compte de ces différentes modalités d'appropriation de l'espace des occupants est essentiel non seulement dans la phase diagnostic préalable mais aussi dans la phase de proposition des solutions de rénovation possible. D'ici la nécessité d'une modalité d'intervention pour la rénovation des logements collectifs basée sur la micro-échelle que puisse prendre en compte les différents comportements humains ainsi que les phénomènes physiques selon les différentes orientations et étages.

Bibliographie

Abadie, M., Bastide, A., Bennacer, R., Peuportier, B. (2015) *Energétique des bâtiments et simulation thermique*, Blanche BTP. Eyrolles, Paris.

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

Apur - Atelier Parisien d'Urbanisme (2011) 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 21 mars 2017].

Apur - Atelier Parisien d'Urbanisme (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 13 mars 2017].

Balasescu, A., Seguin, T. (2015) « Une autre économie: vers une dialectique entre l'énergie et la société », *Actes des 2^{èmes} Journées Internationales de Sociologie de l'Energie*, 1-3 juillet, Université François-Rabelais, Tours.

Batier, C. (2016) *Confort thermique et énergie dans l'habitat social en milieu méditerranéen*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier.

Batier, C. (2015) « De la simulation thermique dynamique à la simulation comportementale de l'occupant », *Rencontres Universitaires de Génie Civil*, Bayonne, 26 Mai 2015, France.

Bensalma, A. (2012) *Caractérisation de la qualité des ambiances architecturales et urbaines dans les grands ensembles par une approche pluridisciplinaire*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes.

Bernard, J. (2017) *Signature géographique et météorologique des variations spatiales et temporelles de la température de l'air au sein d'une zone urbaine*. Thèse de doctorat, École Centrale Nantes.

Berthou, T. (2013) *Développement de modèles de bâtiment pour la prévision de charge de climatisation et l'élaboration de stratégies d'optimisation énergétique et d'effacement*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.

Brisepierre, G. (2013) *Analyse sociologique de la consommation d'énergie dans les bâtiments résidentiels et tertiaires*, Ademe. [En ligne]
<http://gbrisepierre.fr/wp-content/uploads/2013/12/Brisepierre-Synthèse-socio-énergie-ADEME-2013.pdf> [consulté le 21 mars 2017].

Brisepierre, G. (2011) *Les conditions sociales et organisationnelles du changement des pratiques de consommation d'énergie dans l'habitat collectif*. Thèse de doctorat, Université Paris Descartes.

- Bouyer, J. (2009)** *Modélisation et simulation des microclimats urbains-Étude de l'impact de l'aménagement urbain sur les consommations énergétiques des bâtiments*. Thèse de doctorat, Université de Nantes.
- Buttenwieser, I., Chevet, H. (1997)** *Panorama des techniques du bâtiment 1947-1997*. Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB). Plan Construction et Architecture, Paris.
- Canteux, C. (2014)** *Filmer les grands ensembles: villes rêvées, villes introuvables une histoire des représentations audiovisuelles des grands ensembles*. Créaphis, Paris.
- Cayla, J.M., Allibe, B., Laurent, M.H. (2010)** « From Practices to Behaviors: Estimating the Impact of Household Behavior on Space Heating Energy Consumption ». *ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, 15-20 août 2010, Pacific Grove, CA, United States.
- Cayre, E., Allibe, B., Laurent, M., Osso, D. (2011)** « There are people in the house! How misleading for energy policies are the results of purely technical analysis of residential energy consumption ». *ECEEE Summer Study*, juin 2011, Presqu'île de Giens, France.
- Cazeaux, L., Morain, M., Desèvedavy, G. (2015)** « Du retour d'usage à une conception Soft-Tech », *Actes des 2^{èmes} Journées Internationales de Sociologie de l'Énergie*, 1-3 juillet, Université François-Rabelais, Tours.
- Cazeaux, L., Morain, M. (2013)** « Considering real hypothesis in dynamic thermal simulations of summer comfort in low energy social housing », *13th Conference of International Building Performance Simulation Association*, 25-30 août 2013, Chambery.
- Daviau, N. (2016)** *Fine study of energy exchanges between buildings and urban atmosphere*. Thèse de doctorat, Université Paris-Est.
- Dégremont-Dorville, M. (2015)** « L'énergie, support de la montée en puissance de l'action publique locale », *Actes des 2^{èmes} Journées Internationales de Sociologie de l'Énergie*, 1-3 juillet, Université François-Rabelais, Tours.
- Duarte, P. (2008)** « Expertise habitante et projet de renouvellement urbain. L'atelier photographique et sociologique des quartiers Ouest d'Échirolles », *Les Annales de La Recherche Urbaine*, 1, pp. 72–80.
- Dufaux, F., Fourcaut, A., Chemetoff, A. (2004)** *Le monde des grands ensembles*. Creaphis, Paris.
- Dufaux, F., Fourcaut, A., Skoutelsky, R. (2003)** *Faire l'histoire des grands ensembles: bibliographie 1950-1980*. ENS, Lyon.
- Fleury, F., Baridon, L., Mastroilli, A., Mouterde, R., Reveyron, N. (2016)** *Les temps de la construction*. Editions A. et J. Picard, Paris.
- Fortin, J.P. (2005)** « Des tours et des barres...Une histoire du grand ensemble relue par un architecte », *Informations sociales*, 123, pp. 116–125.
- Fourcaut, A. (2013)** *Les grands ensembles, symbole de la crise urbaine?* In: Tertrais, H., Mei. D., 2010, Temps croisés, Maisons des sciences de l'homme, Paris.

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

Gallo, E. (2006) *Modernité technique et valeur d'usage: le chauffage des bâtiments d'habitation en France.* Thèse de doctorat, Paris 1.

Goubert, J.-P., Dard, P., Peraldi, M., Perrot, P., Vigarello, G. (1988) *Du luxe au confort.* Editions Belin, Paris.

Graf, F., Marino, G. (2016) *Les dispositifs du confort dans l'architecture du XX^e siècle: connaissance et stratégies de sauvegarde.* Presses polytechniques et universitaires romandes (PPUR), Lausanne.

Humphreys M.A., Fergus N., J. (2004) « Do people like to feel "neutral"? Response to the ASHRAE scale of subjective warmth in relation to thermal preference, indoor and outdoor temperature », *ASHRAE 2004 Annual Meeting*, 26-30 juin Nashville.

Le Goff, O. (1996) L'invention du confort. Naissance d'une forme sociale, *Revue française de sociologie*, 37, 1, pp. 136-137.

Li, X., Wen, J. (2014) « Review of building energy modeling for control and operation », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, pp. 517-537.

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

Maarawi, T., Riboule, V., Yerro, P. (2015) « L'approche socio-énergétique », *Actes des 2^{èmes} Journées Internationales de Sociologie de l'Energie*, 1-3 juillet, Université François-Rabelais, Tours.

Macal, C. M. et North M. J. (2010) « Tutorial on Agent-Based Modeling and Simulation », *Journal of Simulation*, 4, pp. 151-162.

Malys, L. (2012) *Évaluation des impacts directs et indirects des façades et des toitures végétales sur le comportement thermique des bâtiments.* Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Nantes.

Marcel, L., Sabatier, B. (2015) « Donner à l'occupant les clés énergétiques de son logement », *Actes des 2^{èmes} Journées Internationales de Sociologie de l'Energie*, 1-3 juillet, Université François-Rabelais, Tours.

Marino, G. (2014) « *Some like it hot!* » *Le confort physiologique et ses dispositifs dans l'architecture du XX^e siècle: histoire et devenir d'un enjeu majeur.* Thèse de doctorat, École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

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

Nègre, V., Lambert, G., Rodriguez-Tomé, D. (2009) *Ensembles urbains, Les ressorts de l'innovation constructive.* [En ligne]
<http://docplayer.fr/602711-Ensembles-urbains-1940-1977-les-ressorts-de-l-innovation-constructive.html> [consulté le 28 mars 2017].

- Rabouille, M. (2014)** *Recherche de la performance en simulation thermique dynamique : application à la réhabilitation des bâtiments*. Thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes.
- Rotival, M. (1935)** « Les grands Ensembles », *L'Architecture d'Aujourd'hui*, 6, pp. 56-72.
- Royer, S., Thil, S., Talbert, T., Polit, M. (2014)** « A procedure for modeling buildings and their thermal zones using co-simulation and system identification », *Energy and Buildings*, 78, pp. 231-237.
- Salomon, T., Mikolasek, R., Peuportier, B. (2005)** Outil de simulation thermique du bâtiment, COMFIE. Journée thématique SFT-IBPSA.
- Sidler, O. (2012)** La rénovation thermique des bâtiments en France, enjeux et stratégie. Enertech.
- Sdei, A., Gloriant, F., Tittlein, P., Lassue, S., Hanna, P., Beslay, C., Gournet, R., McEvoy, M. (2015)** « Social housing retrofit strategies in England and France: A parametric and behavioural analysis », *Energy Research & Social Science*, 10, 62–71.
- Stoppel, C.M., Leite, F. (2014)** « Integrating probabilistic methods for describing occupant presence with building energy simulation models », *Energy and Buildings*, 68, 99–107.
- Subrémon, H. (2009)** *Habiter avec l'énergie. Pour une anthropologie sensible de la consommation d'énergie*. Thèse de doctorat, Paris 10.
- Svensson, M.K., Eliasson, I. (2002)** « Diurnal air temperatures in built-up areas in relation to urban planning », *Landscape and urban planning*, 61, pp. 37–54.
- Thorel, M. (2014)** *Aide à la décision multicritère pour la prescription de scénarios d'amélioration énergétique via une approche globale*. Thèse de Doctorat, Université de Grenoble.
- Van de Voorde, S., Bertels, I., Wouters, I. (2015)** *Post-war building materials*. Graphius Group, Gent.
- Vayssière, B. (1988)** *Reconstruction – Déconstruction. Le « hard french » ou l'architecture française des Trente Glorieuses*. Picard, Paris.
- Voldman, D. (2008)** *L'architecture de la reconstruction et des Trente Glorieuses*, Les cours publics/Session 2006-2007/Histoire et actualité de l'architecture. Cité de l'architecture et du patrimoine, Paris.
- Vorger, É. (2014)** *Étude de l'influence du comportement des habitants sur la performance énergétique du bâtiment*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.

Annexes

1. Analyse architecturale
 - 1.1. Documentation historique
 - 1.2. Résultats de l'étude de façade
2. Analyse du vécu
 - 2.1. Guide d'entretien
 - 2.2. Résultats des entretiens
3. Analyse physique
 - 3.1. Caractéristiques constructives
 - 3.2. Résultats des températures opératives

1. Analyse architecturale

1.1. Documentation historique

« Office municipal d'H.L.M. de Rennes », Urbanisme, n°68, 1960, p. 52.



Cet ensemble de 1 415 logements dit de Rennes-Gros-Chêne s'implante au Nord de la ville, sur un terrain légèrement en pente d'une surface de 10 ha environ, le centre du terrain étant déjà occupé d'une façon intangible par un groupe scolaire. La forte densité et la pente ont conduit à répartir le programme en 10 tours, 5 bâtiments de 3 et 4 étages et un bâtiment courbe de liaison de 8 étages.

Dix tours de 17 niveaux groupent 91 logements chacune (à chaque niveau 6 appartements : 2 deux pièces, 2 trois pièces, 2 quatre pièces). Chaque rez-de-chaussée comporte, en dehors du logement du gardien et des locaux communs, une salle qui est réservée soit à une halte d'enfants, soit à un atelier de bricolage, soit à une salle de jeux. Les annexes des appartements se situent en partie au sous-sol, en partie au centre du dix-septième niveau (le pourtour de ce niveau servant de terrasse couverte avec vue sur la ville). Les cuisines sont équipées de meubles de rangement et d'un chauffe-eau de 200 mth. Séchoir et vide-ordures collectifs par étage, le vide-ordures aboutissant à un silo conçu de telle manière que les ordures se déversent directement dans les bennes municipales. De vastes loggias assurent une large vue sur le paysage environnant.

Les planchers sont préfabriqués (poutrelles et hourdis creux), ainsi que les panneaux de façades (y compris les revêtements extérieurs en éléments de quartz ou pâte de verre). Des potelets d'aluminium filés oxydés anodiquement servent de couvre-joints.

Les bâtiments bas de 3 et 4 étages (2 à 5 pièces) et celui de 8 étages (1 et 3 pièces), totalisent 505 logements. L'équipement est le même que pour les tours. Cependant chaque appartement a son vide-ordures et son séchoir individuels.

Dans le bâtiment de 8 étages, la salle de séjour est combinée avec le coin repas de façon à former une grande salle prenant jour sur les deux façades. Ces bâtiments sont construits en béton caverneux avec coffrage-grille Isorapid.

En ce qui concerne l'équipement collectif est mise à part la chaufferie centrale fonctionnant au charbon, un foyer de jeunes de 90 à 111 lits est en construction au centre de la composition avec restaurant, bibliothèque, foyer. Un foyer de vieillards fonctionne au rez-de-chaussée du bâtiment de 8 étages avec 24 chambres à une ou deux personnes, restaurant, salon, salle de bains, salle de bricolage.

Un centre social groupera une halte-garderie d'enfants, consultations de nourrissons, salle de réunions, centre d'enseignement ménager, centre de soins. Cet ensemble sera complété par deux centres commerciaux dont l'un est terminé. Le centre le plus important, placé en amphithéâtre autour de la place principale, sera l'élément le plus vivant de la composition.



dit de
de la
e d'une
terrain
ble par
a pente
en 10
n bâti-

11 loge-
pparte-
quatre
orte, en
locaux
t à une
icolage,
es des
ous-sol,
eau (le
se cou-
es sont
et d'un
ordures
utissant
ue les
ins les
s assu-
onnant.
utrelles
aux de
térieurs
re). Des
odique-

(2 à 5
pièces),
est le
chaque
séchoir

alle de
pas de
nt jour
nt cons-
ge-grille

ectif e
ionnar
J à 10
comp-
yer. U
rez-de-
avec 24
resta-
icolage.
garderie
s, salle
énager,
complé-
'un est
lacé en
ncipale,
osition.

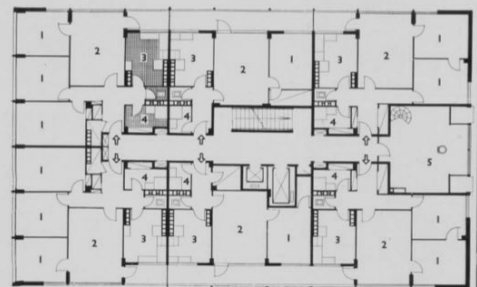
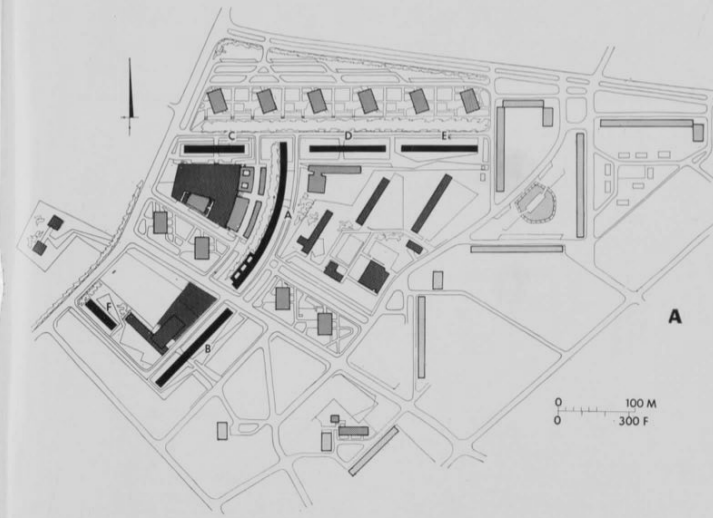


Photos Heurtier.

4

1.415 LOGEMENTS A RENNES, FRANCE

J.-M. LEGRAND, J. RABINEL, ARCHITECTES ET INGÉNIEURS, J.-G. CARRÉ, ARCHITECTE



1. Vue d'une tour. 2. Vue aérienne de l'ensemble en cours de réalisation. 3. Vue latérale du bâtiment courbe de 8 étages avec au fond une tour. 4. Vue d'ensemble sur le bâtiment courbe et les tours. 5. Vue sur les six tours enfilade, dans la partie nord du terrain avec à droite un bâtiment bas et au fond l'amorce du bâtiment courbe.
A. PLAN-MASSE : a. le bâtiment courbe ; b à f. les cinq bâtiments de 4 et 5 étages à l'Ouest, en amphithéâtre, le centre commercial. B. PLAN D'ÉTAGE D'UNE TOUR : 1. Chambre. 2. Séjour. 3. Cuisine. 4. Salle d'eau. 5. Séchoirs.

0 100 M
0 300 F

5





immeubles-tours à rennes

cabinet legrand et rabinel, architectes, g. delisse, architecte collaborateur, p. allioli, ingénieur

La ville de Rennes connaît depuis plusieurs années une véritable crise de croissance provoquée par le désir de ses édiles de faire de la capitale de la région un centre industriel, commercial, universitaire, administratif et touristique. D'où la création de nouveaux emplois et la construction de logements destinés à toute une population nouvelle qui se répartit principalement dans les Z.U.P. aménagées à cet effet.

Le Cabinet Legrand et Rabinel a prêté son concours à la réalisation de différents programmes dans ces Z.U.P. pour le compte de l'Ophlm de Rennes et de promoteurs privés, et l'étude des plans masse a conduit à répartir ces programmes en tours, bâtiments de hauteur moyenne et bâtiments bas, du fait de la forte densité recherchée, et afin d'animer et diversifier ces ensembles en créant des volumes très variés.

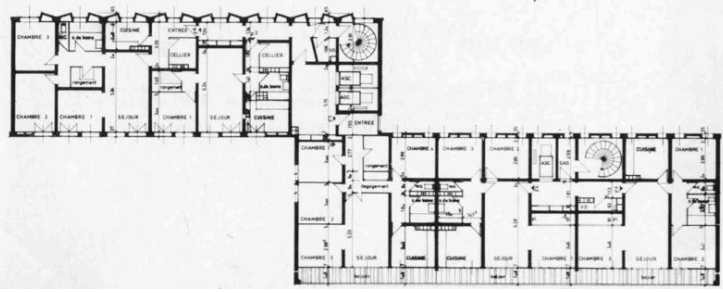
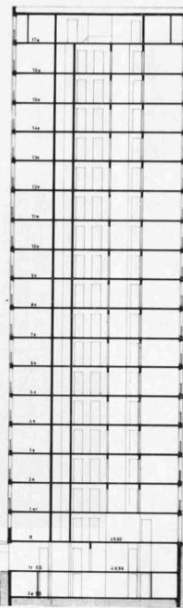
Ces immeubles-tours se répartissent de la façon suivante : " Le Gros Chêne " dans la cité de Maurepas, au Nord de la ville, comprend 10 tours de 15 étages, des bâtiments bas et un bâtiment de hauteur moyenne. Cet ensemble a été réalisé avec le concours de J.G. Carré, architecte.

Z.U.P. de Villejean-Mallifeu, H. Madelain architecte en chef, pour la S.C.I. Armoricaïne, à titre de conseil, et qui comprend 3 tours de 18, 14 et 17 niveaux, implantées dans le quartier B de l'îlot 1.

Z.U.P. Sud, Marty, Denieul, Carré et Goussu, architectes. Cette opération comporte 689 logements répartis en 19 bâtiments, dont 3 tours de 15 niveaux. Une deuxième opération de 665 logements (en tours R + 15) est en cours de réalisation.

Ilot de rénovation de la rue de Brest, J.G. Carré, architecte, la S.E.E.T., B.E.T. pour le compte de la S.E.M.I.C.L.E. comportant notamment une tour de 23 niveaux se répartissant en trois séries d'appartements disposés en étoile autour d'un noyau renfermant les verticales (escaliers, ascenseurs, gaines diverses, etc.), architecte de la société de rénovation G. Maillols.

Ces tours, édifiées sur le même principe, la variété provenant du choix du parti pour chacune d'elles, comportent une structure porteuse en béton armé, des planchers en dalles pleines. Les façades sont réalisées, suivant les bâtiments, en panneaux préfabriqués revêtus, soit de pâte



1 - L'ensemble du Gros Chêne;
2 - Les tours de la ZUP de Villejean-Mallifeu;
3 - Coupe du bâtiment 2 C (tour de droite photo précédente);
4 - Plan d'étage courant des 3 bâtiments (échelle 0,0025 p.m.);
(Photo 1 : Heurtier, Rennes)

“Rennes, Le Gros Chêne”, Cahiers du CSTB, n°71, “Documents d’architecture: sélection construction réalisé par le CSTB sous le patronage du ministère de la construction”, Décembre 1964, cahier 605, p. 1-16.

5 RENNES


le gros chêne

1415 logements

jeux d'enfants
espaces verts

équipement :
social
culturel
scolaire
culturel
commercial
jeux d'enfants

Photo | ministère de la construction.



R + 15

GRUPEMENT RENNAIS D'ENTREPRISES

BARBE Menuiseries extérieures

CALLENDRIE Couverture

TOFFOLO Revêtements de sol

DE MARTIN Menuiseries intérieures

GIMM Serrurerie

LONCLE

RAMBAUD Peintures, vitrerie

TOTEREAU Eau, gaz, appareils sanitaires

MISSENARD, CLÉMENT, COURSON, GUIHARD Chauffage

DEWEZ Jalousies

SORETEX Ascenseurs

VILLE DE RENNES V.R.D., terrassements et jardin

Cahier du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment n° 605, livraison 71, décembre 1964.

office municipal d'h.l.m. de la ville de rennes **5**

j.-m. legrand
j. rabinel
j.-g. carré

architectes chefs de groupe et d'opération
architecte d'opération


SOCIÉTÉ D'ÉTUDE D'ENSEMBLES TECHNIQUES
bureau d'études

R + 3, R + 4 et R + 8

SOCIÉTÉ AUXILIAIRE D'ENTREPRISES
entreprise générale

R + 15

GRUPEMENT RENNAIS D'ENTREPRISES
G.T.O. GIRARD et BERNIER, BARBE, PÉNIGUEL, S.T.A.B.A. groupement d'entreprises





5

10 hectares
4700 habitants
470 habitants à l'hectare



La cité de Maurepas située au nord de la ville s'intègre au plan d'aménagement de la ville de Rennes.
L'opération « Le Gros Chêne » représente une partie de ce nouveau quartier.
1415 logements ont été construits en deux tranches: la première de 910 logements (R + 15), la seconde de 505 logements (R + 3, R + 4, R + 8).
Ces bâtiments sont habités depuis 1961.
La seconde tranche fut terminée avant la première.


Photo | ministère de la construction.

logements **5**

appellation sur le plan masse	type	nombre de bâtiments	niveaux	nombre moyen de pièces par logement	répartition					
					1p.	2p.	3p.	4p.	5p.	total
A	H.L.M.	5	R + 3 et R + 4	3	8	54	109	62	233	
B	H.L.M.	1	R + 8		105 ⁽¹⁾	167			272	
C	H.L.M.	10	R + 15		310	300	300		910	
1 foyer (35 log.)					105	318	521	409	62	1415



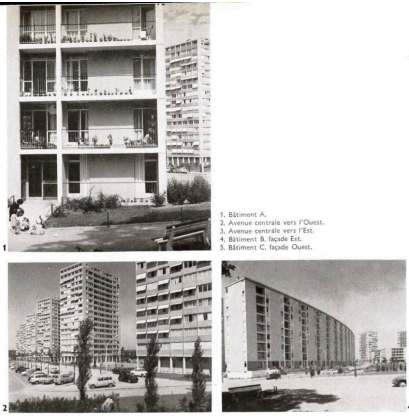
équipements collectifs

Maitre d'ouvrage : O.P.H.L.M. de Rennes.

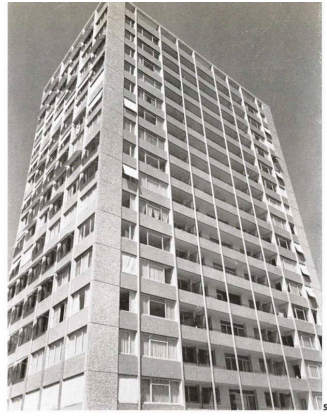
1. Foyer des personnes âgées (25 logements)
2. Centre social
3. Club et foyer des jeunes travailleurs
4. Groupe scolaire

Maitre d'ouvrage privé.

5. Centre commercial
- 5bis. Centre commercial principal.
6. Église, presbytère, salle paroissiale.



1. Bâtiment A.
2. Avenue centrale vers l'Ouest.
3. Avenue centrale vers l'Est.
4. Bâtiment B, façade Est.
5. Bâtiment C, façade Ouest.



Maquette du centre commercial (en construction).

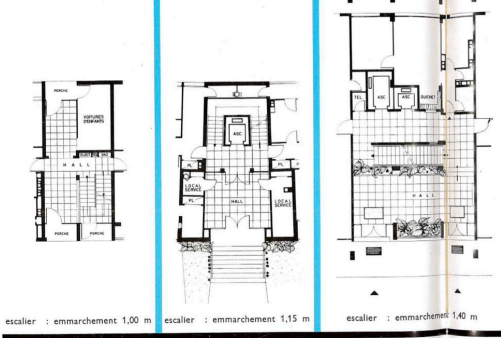


BATIMENTS

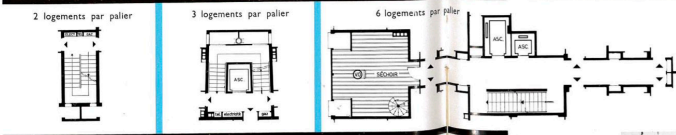
	R + 3 R + 4 bâtiments A	R + 4 bâtiment B	R + 15 bâtiments C
dimensions	épaisseur : 10,44 m	épaisseur : 10,36 m	28,78 m - 17,54 m
surface habitable	2 pièces - 42,34 et 42,97 m ² 3 pièces - 55,45 et 56,32 m ² 4 pièces - 67,00 et 67,89 m ² 5 pièces - 79,19 et 79,67 m ²	1 pièce (foyer) - 17,12 m ² 1 pièce - 29,36 m ² 3 pièces - 59,00 et 59,20 m ²	2 pièces - 43,70 m ² 3 pièces - 57,02 m ² 4 pièces - 68,15 m ²
surface moyenne habitable de l'ensemble des logements	55,86 m ²		



entrée



circulation



locaux communs

sous-sol : caves
rez-de-chaussée : local voitures d'enfants
caves
étage : vide-ordures

sous-sol : local voitures d'enfants
caves
étage : vide-ordures

sous-sol : 50 %, des caves
rez-de-chaussée : local voitures d'enfants et bicyclettes
étage : séchoirs collectifs et vide-ordures
terrasse : 50 %, des caves

1. Hall d'entrée R + 15.
2 et 3. Miroirs décoratifs situés sous le porche d'entrée de chaque tour.

bâtiments A
R + 3
R + 4



R + 3, R + 4

	4 pièces	5 pièces
Séjour	16,00	15,36
Chambre 1	10,40	10,39
Chambre 2	9,19	9,64
Chambre 3	9,19	9,19
Chambre 4	6,28	7,11
Cuisine	4,18	4,66
Eau	1,24	1,33
W.C.	1,97	1,97
Entrée	2,52	6,55
Dégarçement	2,32	3,18
Total	67,00 m²	79,19 m²
Loggia, séchoir	10,57	10,57

bâtiment B
R + 8



R + 8

	1 pièce	3 pièces
Séjour	19,27	21,25
Chambre 1	4,02	6,35
Chambre 2	3,16	1,35
Cuisine	2,48	2,48
Eau	1,24	1,33
W.C.	1,97	1,97
Entrée	0,98	2,45
Dégarçement	0,98	2,45
Total	29,36 m²	59,20 m²
Loggia, séchoir		11,03

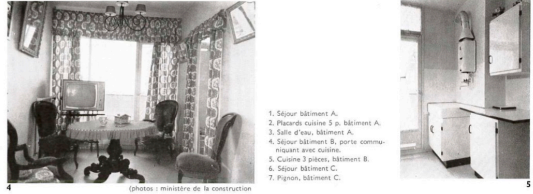
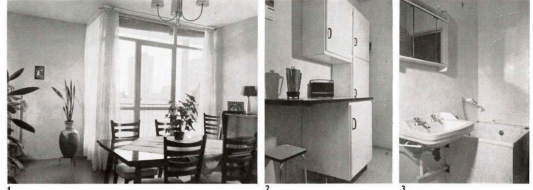
bâtiments C
R + 15



R + 15

	2 pièces	3 pièces
Séjour	14,72	15,39
Chambre 1	9,97	9,61
Chambre 2	9,41	9,61
Cuisine	2,40	3,43
Eau	1,10	1,10
W.C.	3,60	7,91
Entrée	2,00	1,60
Dégarçement	2,00	1,60
Total	43,70 m²	57,83 m²
Loggia	5,96	3,04

	4 pièces
Séjour	15,39
Chambre 1	9,61
Chambre 2	9,61
Chambre 3	11,41
Cuisine	1,14
Eau	3,43
W.C.	1,10
Entrée	7,91
Dégarçement	2,96
Total	69,35 m²
Loggia	3,04



1. Séjour bâtiment A.
2. Placard cuisine 5 p. bâtiment A.
3. Salle d'eau, bâtiment A.
4. Séjour bâtiment B, porte communi-
quant avec cuisine.
5. Cuisine 3 pièces, bâtiment B.
6. Séjour bâtiment C.
7. Pignon, bâtiment C.

(Photos : ministère de la construction)



CONSTRUCTION

fondations

murs

ossature
refends R + 15
R + 3, R + 4, R + 8
trumeaux
R + 3, R + 4, R + 8
trumeaux d'encadrement
et pignons nord R + 15

allèges
R + 3, R + 4, R + 8
R + 15
garde-corps des loggias
R + 3, R + 4

R + 15
cloisons

revêtements extérieurs
trumeaux
allèges
pignon R + 8

menuiseries extérieures
conduits de fumée et de ventila-
tion

planchers

revêtements de sol

toiture

circulation commune

porte
escalier
R + 15
R + 8
R + 3 et R + 4
main courante
revêtements de sol
R + 15
R + 3 et R + 4 et 8
plinthe
revêtements muraux
boîtes aux lettres

Semelles filantes béton armé.

Béton armé.
Béton banché, épaisseur : 0,21.
Coulé en place, béton caverneux, coffrage grille ISORAPID,
épaisseur : 0,24.

Briques à rupture de joint, pâte de verre posée en place.

Corps creux en béton avec parement de quartzite blanc sur
la face externe et enduit plâtre sur la face interne, épaisseur :
0,25.

Panneaux SANDOLITH, revêtement en EPAC lisse laqué,
teinte : bleu acier.
Préfabriqués béton armé et briques creuses, avec revêtement
pâte de verre format 2 x 2 en façade.

Barreaudage vertical métallique, main courante recouverte
de plastique.
Béton armé avec revêtement de pâte de verre, épaisseur : 0,11.
Main courante recouverte de plastique.
Briques plâtrières, épaisseur : 0,07.

Quartzite blanc.
Pâte de verre, format : 2 x 2, teinte : bleu.
Pâte de verre, teinte : mauve.

Bois : sipo, marque : BARBE.

Shunt.

Préfabriqués.
Poutrelles en béton et hourdis creux béton, épaisseur : 0,20.

Plastique sur feutre, marque : TAPIFLEX dans entrée, séjour
chambres, et dégagement.
Dalles thermoplastique, marque : NAIRN dans cuisine, salle d'eau,
W.-C.

Terrasse, étanchéité multicouche. Isolation thermique en laine
de roche.

Métallique, larges vitrages.

Préfabriqué béton armé, marches granito.
Béton armé.
Métallique type : Z.

Métallique, recouverte de plastique.
Dalles ardoises dans le hall d'entrée.
Grès cérame, format : 5 x 5 dans le hall d'entrée.
Dalles thermoplastique, marque : NAIRN sur le palier.
Sapin.
Bagar en sous-sol et grain dur dans la cage d'escalier.
Bois vernis dans R + 3, R + 4, R + 8.
Métalliques dans R + 15.



menuiseries intérieures

peintures intérieures

équipement

électricité
chauffage
chauffe-eau

appareils sanitaires

évier
table de travail
bloc de rangement
W.-C.
lavabo
bac à douche
robinetterie
rangement
vide-ordures

ascenseurs

R + 8
R + 15

Portes isoplanes, huisseries métalliques.

Glycérophthalique dans cuisine, salle d'eau, W.-C.
Papier peint dans les autres pièces.
Vernis plastique au droit des appareils sanitaires.

Chauffe-eau individuel.
Appareillage encastré.
Collectif. Radiateur, marque : IDÉAL-STANDARD.
Individuel 200 mth., marque : CHAFFOTEAUX et MAURY.

Grès émaillé, marque : JACOB DELAFON avec meuble, deux
portes.
Panneaux agglomérés avec revêtement stratifié.
Bois, laqué blanc.
Réservoir haut en fonte, marque : JACOB DELAFON.
Grès émaillé, bloc PARIS, format : 60 x 48.
Grès émaillé, bloc PARIS, format : 80 x 80.
Mélangeuse commune au lavabo et au bac à douche,
Portes isoplanes.
Individuels. Vidéoir, marque : VIDALUX R + 3, 4 et 8 : ø 30,
R + 15 : ø 35.

Charge : 300 kg, vitesse : 0,70 m/s, marque : SCHLIEREN.
Deux par immeuble, charge : 375 kg et 470 kg, vitesse : 0,75 m/s,
marque : SORETEX.

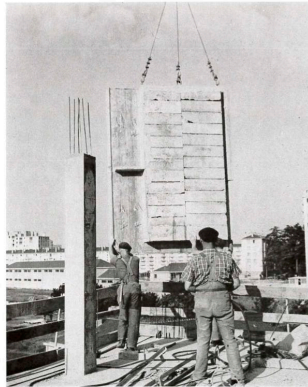


Hall d'entrée R + 15.

La Société Auxiliaire d'Entreprises, entreprise générale des bâtiments R + 3 et R + 4 a adopté le principe de la construction traditionnelle pour certains éléments tels que les cloisons et les trumeaux en briques à rupture de joint avec revêtement pâte de verre posé en place. Le coulage en place des refends transversaux porteurs fut exécuté à l'aide de coffrages métalliques. La S.A.E. a utilisé les escaliers préfabriqués du type Z, les allées SANDOLITH et les poutrelles et hourdis des planchers de la Société Rennaise de Préfabrication.

Le Groupement Rennais d'Entreprises a utilisé des matériaux et des éléments préfabriqués à l'usine de la Société Rennaise de Préfabrication : hourdis et poutrelles pour les planchers, escaliers, allèges avec revêtements pâte de verre posée à fond de moule, trumeaux d'encadrement et pignons (R + 15) composés d'éléments multi-alvéolaires.

Les escaliers (R + 8) et les refends (R + 15) ont été coulés en place et les cloisons montées de façon traditionnelle en briques plâtrées. Ainsi, il est intéressant de constater que les fonctions de producteur et de monteur ont été ici séparées pour de nombreux éléments qui ont été achetés à la Rennaise, entreprise de béton manufacturé.



PLANNING

1^{re} tranche
910 logements
35 mois

2^e tranche
505 logements
19 mois

décembre 1959
octobre 1961
octobre 1962

Septembre 1960
mars 1961
mars 1962

début des travaux des bâtiments
réception du 1^{er} bâtiment
fin des travaux

PRIX

1^{re} tranche

2^e tranche

18 243 020 F

10 193 100 F

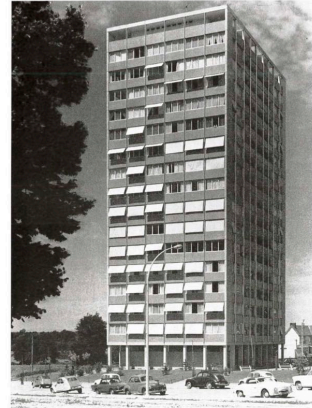
20 047 F

20 184 F

358 F

362 F

coût total de la construction seule (non compris chauffage et ascenseurs) en valeur référence des marchés de mai 1959 (1^{re} tranche) et de juin 1960 (2^e tranche)
prix moyen logement. Nombre moyen de pièces : 3
prix du mètre carré habitable

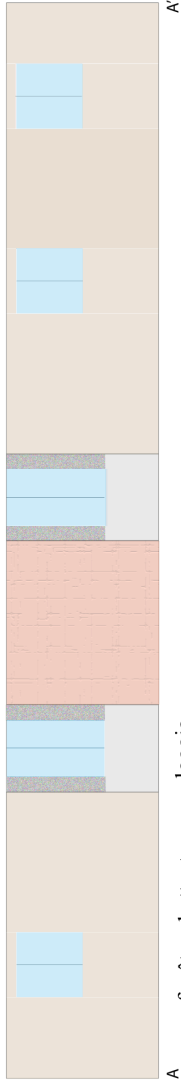


1.2. Résultats de l'étude de façade



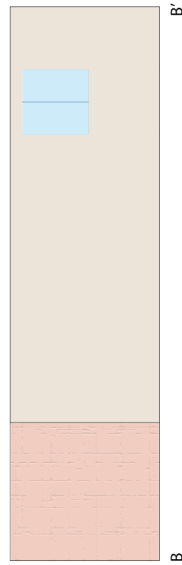
Barres

Façade nord (unité)



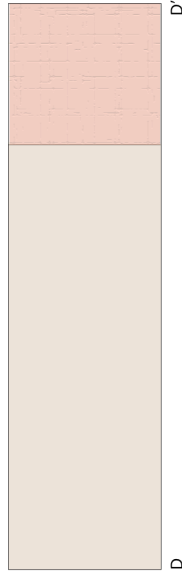
- fenêtres battantes
- volets roulants
- loggia
- porte-fenêtre
- absence des volets

Façade est

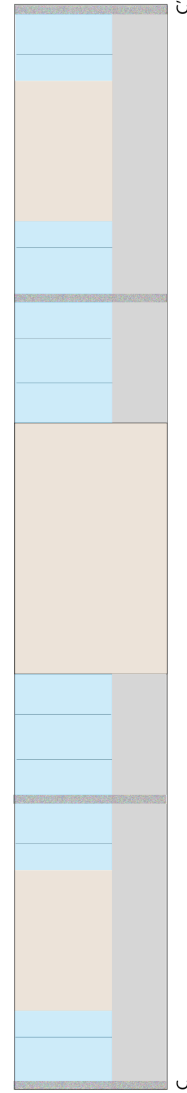


- fenêtres battantes
- volets roulants

Façade ouest








Façade sud (unité)



- loggia
- porte-fenêtre
- volets roulants
- protections solaires mobiles
- loggia
- porte-fenêtre
- volets pliants
- entrée vent. nat.

Legende

-  béton cavermaux avec briques à rupture de joints
-  ossature en béton armé
-  béton cavermaux
-  garde-corps à barreaudage
-  double vitrage avec menuiseries en PVC

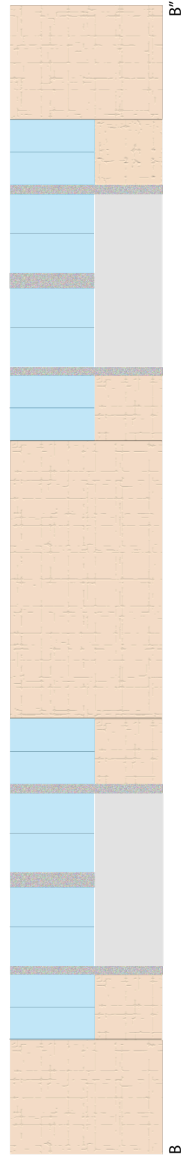
Banane

Façade nord/sud



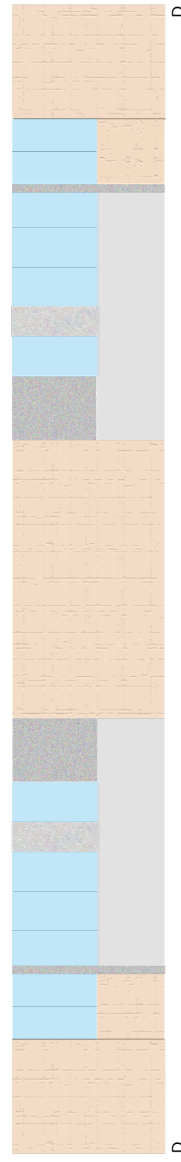
- fenêtre battante
- volets roulants

Façade est (unité)

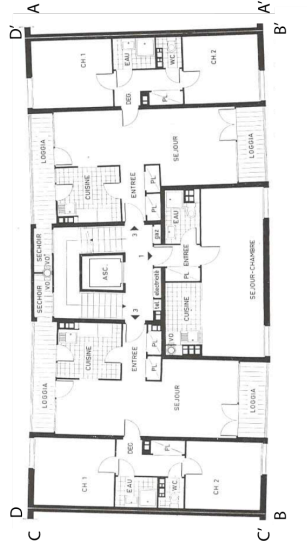


- fenêtre battante
- volets roulants
- loggia
- porte-fenêtre
- volets roulants







Façade ouest (unité)



- fenêtre battante
- volets roulants
- loggia
- porte-fenêtre
- absence de volets roulants



Legende

-  béton cavernaux avec briques à rupture de joint
-  ossature en béton armé
-  panneaux en PVC
-  béton cavernaux avec revêtement en pâte de verre
-  double vitrage avec menuiseries en PVC
-  garde-corps à barreaudage

2. Analyse du vécu

2.1. Guide d'entretien

Je suis stagiaire à l'école d'architecture de Nantes et je réalise une recherche sur les logements collectifs des années 50-60 en France.

L'entretien va durer environ 40 minutes et les résultats obtenus sont enregistrés de façon anonyme.

ENTRETIEN

Type d'appartement et occupant

- Quel type de logement avez-vous (T2, T3..) ?
- À combien vivez-vous ?
- Quels sont vos rythmes de vie dans l'appartement ? Et de votre famille ?

Perceptions

- Est-ce qu'il fait bon chez-vous ? Différence entre pièces ?
- Comment jugez-vous la température chez-vous en hiver ? Trouvez-vous que le froid est excessif ? Et en été ? Trouvez-vous que la chaleur est excessive ?
- Est-ce que il y a des pièces que vous évitez ou vous affectionnez en été ? et en hiver ? Est-ce que vous aimez bien votre séjour en été ? Et en hiver ? et votre chambre au matin ?
- Constatez-vous des courants d'air dans l'appartement ?

Actions

- Comment chauffez-vous l'appartement ? Avez-vous un thermostat ? Un chauffage d'appoint ? Comment vous régulez la température dans les différentes pièces ?
- Comment rafraîchissez-vous l'appartement ? Avez-vous un ventilateur ? Avez-vous un climatiseur ? Comment vous régulez la température dans les différentes pièces ?
- Comment vous utilisez les volets de votre logement en hiver ? Les rideaux ? et en été ?
- Comment vous utilisez les fenêtres dans l'appartement en hiver ? et en été ?
- Est-ce que vous utilisez les bouches de ventilation pendant la journée ? Si oui comment ?

VISITE ACCOMPAGNÉE

- Pourriez-vous me faire visiter votre appartement, les dispositifs que vous utilisez et les actions que vous faites pour réchauffer ou rafraîchir l'ambiance ?

QUESTIONNAIRE

Sur vous

Sexe

Homme Femme

Age

<20 20-35 35-50 50-65 >65

Depuis quand vous résidez dans cet appartement ? _____

Est-ce que il y a eu des travaux du bailleur? _____

Combien de temps passez-vous dans l'appartement pendant la journée (du lundi au vendredi) ?

<4h 4-8h >8h

À quelle fréquence vous passez le week-end chez vous ?

1 sur 4 2 sur 4 3 sur 4 4 sur 4

Comment considérez-vous le coût du chauffage ? Et le coût de l'électricité?

Vos perceptions

Comment percevez-vous la température dans votre appartement en hiver?

-3 -2 -1 0 +1 +2 +3
très froid ● ● ● ● ● ● ● très chaud

En été ?

-3 -2 -1 0 +1 +2 +3
très froid ● ● ● ● ● ● ● très chaud

Comment percez-vous les courants d'air dans votre appartement?

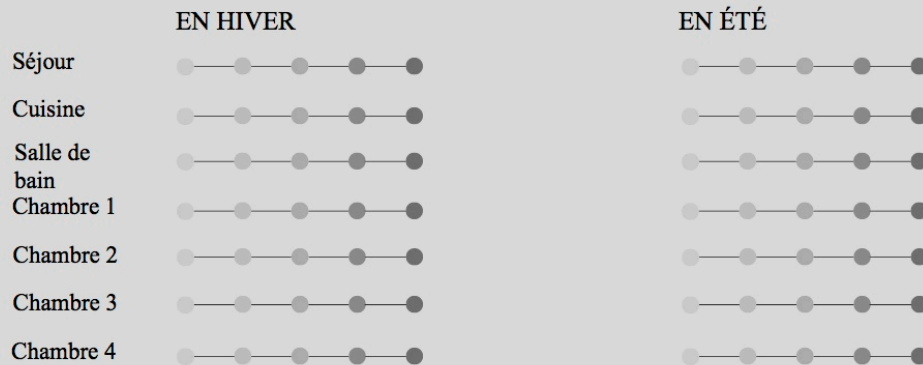
0 +1 +2 +3 +4
très peu ● ● ● ● ● très fort

Comment considérez-vous la température dans les différentes pièces?



Comment considérez-vous les courants d'air dans les différentes pièces?

très peu 0 +1 +2 +3 +4 très fort



Vos actions

Avez-vous des volets?

oui non

Si oui, fermez-vous les volets pendant la journée?

Hiver oui non

Été oui non

Si oui, à quel moment de la journée ?

Hiver 8-12h 12-14h 14-18h 18-20h 20-24h 24-8h

Été 8-12h 12-14h 14-18h 18-20h 20-24h 24-8h

Et pour combien de temps ?

Hiver <1h 1-4h >4h

Été <1h 1-4h >4h

Ouvrez-vous la fenêtre pour aérer l'appartement?

Hiver oui non

Été oui non

Si oui, à quel moment de la journée ?

Hiver 8-12h 12-14h 14-18h 18-20h 20-24h 24-8h

Été 8-12h 12-14h 14-18h 18-20h 20-24h 24-8h

Et pour combien de temps ?

Hiver <1h 1-4h >4h

Été <1h 1-4h >4h

Avez-vous un chauffage d'appoint ?

oui non

Avec quelle fréquence vous l'allumez ?

Jamais 1-2 jours 3-4 jours 5-6 jours tous les jours

À quel moment de la journée?

8-12h 12-14h 14-18h 18-20h 20-24h 24-8h

Pour combien de temps ?

<1h 1-4h >4h

Possédez-vous un ventilateur ?

oui non

Si oui, avec quelle fréquence l'allumez vous ?

Jamais 1-2 jours 3-4 jours 5-6 jours tous les jours

À quel moment de la journée?

8-12h 12-14h 14-18h 18-20h 20-24h 24-8h

Pour combien de temps ?

<1h 1-4h >4h

2.2. Résultats des entretiens

TOURS

Premier étage, T3 EST, (mercredi 28 juin 2017, 16h30, ciel dégagé, période de canicule)	Constats et paroles d'habitant	Observations
Type d'appartement et les occupants	<ul style="list-style-type: none"> - L'appartement est au 1^o étage, exposé au nord et à l'est et non traversant. Il inclut une chambre exposée au nord, une chambre à double exposition nord et est, un séjour non traversant et une cuisine exposés à l'est. Le WC et la salle de bains ne sont pas exposés à l'extérieur. - L'appartement est occupé par 1 personne qui travaille à temps-partiel (demi-journée) l'après-midi et qui réside dans l'appartement depuis 6 mois - Le séjour dispose d'entrée d'air, la cuisine dispose d'un extracteur mais pas d'une entrée d'air de fenêtre. 	<ul style="list-style-type: none"> - La double orientation de l'appartement peut permettre une ventilation naturelle partielle. - La chambre exposée au nord et à l'est et le séjour profite du rayonnement solaire direct le matin. - L'occupant n'est presque jamais chez lui l'après-midi, on peut en déduire une faible utilisation du séjour à ce moment de la journée.
Perceptions	<ul style="list-style-type: none"> - Selon l'interviewée (âge entre 50 et 65 ans) la température de l'appartement est froide en hiver et un peu chaude en été. À la question « <i>Est-ce qu'il fait bon chez-vous ?</i> » (l'occupant n'est pas français) l'occupant répond: « <i>oui, il y a eu des petits travaux juste dans la salle de bains</i> ». Cit. hab.: « <i>En hiver il fait froid même avec le chauffage !</i> » - En hiver la salle de bain et les deux chambres sont considérées très froides, le séjour est froid et la cuisine est chaude. - Le séjour est agréable en été. Toutes les pièces en été sont chaudes. - L'occupant ne perçoit pas de courants d'air dans l'appartement. 	<ul style="list-style-type: none"> - On souligne le manque de compréhension de la question « <i>Est-ce qu'il fait bon chez-vous ?</i> » (l'occupant n'est pas français). - On constate une situation d'inconfort plus marquée dans la période hivernale avec référence spécifique aux deux chambres à coucher et à la salle de bain. - En été même si les pièces sont jugées chaudes, le séjour reste agréable. - L'occupant n'est pas gêné par des courants d'air.

<p>Pratiques</p>	<p>- En hiver pour se réchauffer l'occupant utilise des couvertures. Le chauffage est au maximum. L'occupant dit que même si le chauffage est au maximum (5 sur 5) elle ne ressent pas la différence entre le niveau 1 et le niveau 5. Il n'y a pas de chauffage d'appoint²¹. Les volets sont ouverts pendant la journée en hiver mais seulement quand l'occupant est là (le matin). Les fenêtres sont ouvertes le matin et le soir pour des courtes durées. L'occupant signale un problème de sécurité. C'est pourquoi elle ne laisse jamais les volets et les fenêtres ouvertes si elle n'est pas là.</p> <p>- En été les rideaux du séjour sont fermés toute la journée. L'occupant se plaint pour le manque de volets dans le séjour. Les volets sont ouverts pendant la journée en été mais seulement quand l'occupant est là. La nuit les volets sont toujours fermés. Les fenêtres sont ouvertes toute la journée si elle est là. Il n'y a pas de ventilateur (mais l'occupant exprime l'intention de l'acheter)</p> <p>-Il y a des bouches de ventilation en haut des fenêtres du séjour mais il n'y en pas pour la cuisine. Les extracteurs de la cuisine et de la salle de bain sont nettoyés régulièrement.</p>	<p>- En hiver le chauffage ne suffit pas et l'occupant recourt aux couvertures. On questionne l'efficacité du système de chauffage et le système de réglage des radiateurs.</p> <p>- L'ouverture des fenêtres et des volets dépend largement de la présence de l'occupant dans l'appartement. En effet suite aux entretiens exploratoires menés au début de l'étude sensible on constate des soucis de sécurité dans le quartier.</p> <p>- Les volets et les fenêtres fermés en hiver l'après-midi permettent de garder la chaleur et de limiter les déperditions thermiques.</p> <p>- En été dans le séjour (où il n'y a pas des volets) les rideaux sont utilisés comme les volets pour se protéger du soleil, sachant que les stores extérieurs offrent une meilleure protection thermique que les rideaux intérieurs (car le rayonnement solaire est en partie absorbé par le tissu avant le vitrage et ensuite rejeté vers l'extérieur).</p>
------------------	---	---

²¹ Chauffage d'appoint électrique

Étage intermédiaire (9°), T3, OUEST (jeudi 29 juin 2017, 15:30, ciel dégagé, période de canicule)	Constats et paroles d'habitant	Observations
Type d'appartement et les occupants	<ul style="list-style-type: none"> - L'appartement est au 9° étage, exposé au nord et à l'ouest et non traversant. Il inclut une chambre exposée au nord, une chambre à double exposition nord et ouest, un séjour non traversant et une cuisine exposée à l'ouest. Il inclut aussi une salle de bains+WC qui n'est pas exposé à l'extérieur. - L'appartement est occupé par 2 personnes qui restent souvent chez eux et qui résident dans l'appartement depuis 6 ans. 	<ul style="list-style-type: none"> - La double orientation de l'appartement peut favoriser une ventilation naturelle partielle. - La chambre exposée au nord, celle exposée et à l'ouest et le séjour profitent du rayonnement solaire direct l'après-midi. - Les occupants sont presque toujours chez eux.
Perceptions	<ul style="list-style-type: none"> - Selon l'occupant du logement (âge entre 35 et 50 ans) il n'y a pas différence de température entre les pièces. La température de l'appartement est jugée globalement un peu froide en hiver et un peu chaude en été. - En hiver la cuisine est un peu plus chaude que les autres pièces. La cuisine n'a pas d'entrées d'air en haut des fenêtres. - Pendant l'été le séjour est un peu chaud. On constate la présence de doubles rideaux dans le séjour. 	<ul style="list-style-type: none"> - La température homogène peut être liée au chauffage central. - La combinaison entre l'incidence du rayonnement direct l'après-midi et l'absence de volets peut générer des surchauffes du séjour en été.
Pratiques	<ul style="list-style-type: none"> - En hiver le régulateur des radiateurs est réglé sur le maximum. Les volets restent toujours ouverts. Les fenêtres sont ouvertes pour aérer l'appartement mais pour de courtes durées. Il n'y a pas un chauffage d'appoint. - En été les fenêtres et les portes sont 	<ul style="list-style-type: none"> - En hiver les volets ouverts la nuit déterminent des déperditions de chaleur considérables. - En été dans le séjour les rideaux sont utilisés comme les volets pour se protéger du soleil,

	<p>ouvertes pour rafraichir l'appartement. Les fenêtres sont ouvertes pour de longues durées tout l'après-midi. Les volets restent toujours ouverts. Il n'y a pas de ventilateur.</p>	<p>sachant que les stores extérieurs offrent une meilleure protection thermique que les rideaux intérieurs (car le rayonnement solaire est en partie absorbé par le tissu avant le vitrage et ensuite rejeté vers l'extérieur).</p>
--	---	---

Étage intermédiaire (8°), T3, EST (jeudi 29 juin 2017, 16h15, ciel dégagé, période de canicule)	Constats et paroles d'habitant	Observations
Type d'appartement et les occupants	<ul style="list-style-type: none"> - L'appartement est au 8° étage, exposé au nord et à l'est et non traversant. Il inclut une chambre exposée au nord, une chambre à double exposition nord et est, un séjour non traversant et une cuisine exposée à l'est et une salle de bains + WC qui ne sont pas exposés à l'extérieur. - L'appartement est occupé par 2 personnes qui restent souvent chez eux et qui résident dans l'appartement depuis 3 ans. 	<ul style="list-style-type: none"> - La double orientation de l'appartement peut permettre une ventilation naturelle partielle. - La chambre exposée au nord, celle exposée à l'est et le séjour profitent du rayonnement solaire direct le matin. - Les occupants sont presque toujours chez eux.
Perceptions	<ul style="list-style-type: none"> - Selon l'occupant du logement (âge entre 35 et 50 ans) il n'y a pas différence de température entre les pièces. La température de l'appartement est jugée globalement froide en hiver et un peu chaude en été. - Pendant l'été les deux chambres sont confortables. L'occupant aime le séjour en été. Les fenêtres du séjour n'ont pas des protections solaires. On constate la présence de doubles rideaux dans le séjour. - En hiver les deux chambres sont un peu plus froides que les autres pièces. 	<ul style="list-style-type: none"> - La température homogène peut être liée au chauffage central. - On constate une situation d'inconfort plus marquée dans la période hivernale avec référence spécifique aux deux chambres à coucher exposées au nord. - En été dans le séjour les habitants improvisent des protections solaires avec des draps, sachant que les stores extérieurs offrent une meilleure protection thermique que les

	- « La ventilation marche très bien »	rideaux intérieurs (car le rayonnement solaire est en partie absorbé par le tissu avant le vitrage et ensuite rejeté vers l'extérieur).
Pratiques	<p>- En été pour rafraîchir l'appartement les fenêtres sont ouvertes quotidiennement pour des courtes durées. Les volets sont fermés. Il y a un ventilateur qui est rarement utilisé entre 12h00 et 14h00 pendant 1h-2h.</p> <p>- En hiver pour chauffer l'appartement il y a le chauffage collectif. Après il y a un chauffage d'appoint qui n'est pas toujours utilisé (1/2 jours par semaine).</p> <p>- D'après l'occupant le coût du chauffage n'est pas excessif mais l'électricité est très chère.</p>	<p>- Dans les pièces où il n'y a pas des volets, les rideaux sont utilisés comme protections solaires.</p> <p>- On constate une contradiction entre la phrase de l'occupant « La ventilation marche très bien » et l'utilisation sporadique d'un ventilateur.</p> <p>- L'inconfort thermique en hiver amène l'occupant à l'utilisation occasionnelle d'un chauffage d'appoint qui contribue à l'augmentation du prix de l'électricité.</p>

Etage intermédiaire (10°), T2, OUEST (mercredi 28 juin 2017, 10h30, ciel dégagé, période de canicule)	Constats et paroles d'habitant	Observations
Type d'appartement et les occupants	<p>- L'appartement est au 10° étage, exposé à l'ouest et non traversant. Il inclut une chambre, un séjour et une cuisine exposée à l'ouest. Le WC et salle de bains ne sont pas exposés à l'extérieur.</p> <p>- L'appartement est occupé par 1 personne en retraite qui reste chez-elle toute la journée et qui réside dans l'appartement depuis 35 ans.</p> <p>- On constate la présence d'entrée d'air dans la cuisine dans le séjour et dans la chambre.</p>	<p>- La ventilation est assurée par les entrées des fenêtres et les extracteurs présents dans les pièces humides. La configuration non traversant peut rendre l'habitat plus sensible aux questions de surchauffes estivales par manque de possibilité de ventilation.</p> <p>- L'occupant est presque toujours chez elle.</p>

Perceptions	<ul style="list-style-type: none"> - Selon l'occupant du logement (âge >65) il n'y a pas différence de température entre les pièces. La température de l'appartement est jugée globalement un peu froide en hiver et un peu chaude en été. « <i>En hiver c'est bien chauffé, rien à dire</i> ». - Pendant l'été le séjour et la chambre sont un peu chauds l'après-midi. - En hiver la chambre exposée à l'ouest est jugée comme un peu froide le matin. 	<ul style="list-style-type: none"> - La température homogène peut être liée au chauffage central. - On constate une situation d'inconfort plus marquée dans la période estivale (après-midi) avec référence spécifique à la chambre et au séjour exposés à l'ouest. - On constate l'incidence du rayonnement direct seulement l'après-midi, ce qui génère des situations d'inconfort en hiver le matin dans la chambre et des surchauffes du séjour l'après-midi en été (où le séjour n'a pas des protections solaires).
Pratiques	<ul style="list-style-type: none"> - En été l'occupant ferme les stores pendant tout l'après-midi. Il n'y a pas de ventilateur ni de climatiseur. À la base la cuisine et le séjour n'ont pas de volets. L'occupant a ajouté des volets intérieurs dans le séjour. En hiver « le chauffage est allumée automatiquement par la ville, du coup je ne touche rien ». Les volets ne sont jamais fermés et les fenêtrés sont ouvertes sporadiquement pour des courtes durées. Il n'y a pas de chauffage d'appoint. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les stores extérieurs offrent une meilleure protection thermique que les stores intérieurs (car le rayonnement solaire est en partie absorbé par le tissu avant le vitrage et ensuite rejeté vers l'extérieur). - L'ouverture des volets pendant toute la journée permet de profiter de l'énergie gratuite du soleil, par contre l'ouverture pendant la nuit peut déterminer l'inconfort de vitres trop froides et des déperditions de chaleur.

<p>Etage intermédiaire (8°), T2, EST (mercredi 28 juin 2017, 17h10, ciel dégagé, période de canicule)</p>	<p>Constats et paroles d'habitant (l'entretien a été mené en anglais)</p>	<p>Observations</p>
---	---	---------------------

<p>Type d'appartement et les occupants</p>	<ul style="list-style-type: none"> - L'appartement est au 8^o étage, exposé à l'est et non traversant. Il inclut une chambre, un séjour et une cuisine exposée à l'est. Le WC et salle de bains ne sont pas exposés à l'extérieur. - L'appartement est occupé par 3 personnes (2 adultes et 1 enfant) dont la mère et l'enfant restent toujours chez eux et le père est à l'appartement seulement le soir. Ils résident dans l'appartement depuis 2 ans. 	<ul style="list-style-type: none"> - La ventilation est assurée par les entrées de fenêtres et les extracteurs présents dans les pièces humides. La configuration non traversant peut rendre l'habitat plus sensible aux questions de surchauffes estivales par manque de possibilité de ventilation. - La chambre et le séjour exposés à l'est profitent du rayonnement solaire direct le matin. - 2 occupants sur 3 sont presque toujours chez eux.
<p>Perceptions</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Selon l'occupant du logement (24 ans) la température de l'appartement est jugée globalement froide en hiver et chaude en été. - En hiver le séjour est très froid. Les autres pièces sont froides. - En été la chambre est chaude. Les autres pièces sont un peu chaudes. 	<ul style="list-style-type: none"> - On constate une situation d'inconfort plus marquée dans la période estivale avec référence plus spécifique à la chambre à coucher exposée à l'est (qui reçoit le rayonnement direct le matin). En hiver le séjour exposé à l'est est perçu comme la pièce la plus froide.
<p>Pratiques</p>	<ul style="list-style-type: none"> - En été pour rafraichir l'appartement l'occupant ouvre les fenêtres pour des longues durées. Les volets sont toujours fermés. Il y a un ventilateur qui est allumé toute la nuit. - En hiver le chauffage est allumé automatiquement. Le régulateur des radiateurs est réglé sur le maximum. L'occupant utilise des couvertures pour 	<ul style="list-style-type: none"> - La fermeture des stores en été empêche la chaleur d'entrer dans l'appartement. - L'ouverture des fenêtres ne suffit pas pour rafraichir l'ambiance et l'occupant recourt au ventilateur qui reste allumé toute la nuit. - Le chauffage ne suffit pas et l'occupant recourt aux couvertures et à l'utilisation fréquente d'un chauffage d'appoint qui détermine une

	<p>se réchauffer en hiver. Les volets sont ouverts toute la journée. Les fenêtres sont ouvertes pour des courtes durées après avoir mangé. Il y a un chauffage d'appoint qui est allumé tous les jours pour des longues durées.</p>	<p>augmentation du prix de l'électricité. On questionne l'efficacité du système de chauffage et du système de réglage des radiateurs.</p> <p>- L'ouverture des volets pendant toute la journée permet de profiter de l'énergie gratuite du soleil.</p>
--	---	--

Étage intermédiaire (8°), T4, EST (vendredi 30 juin 2017, 17h30, ciel dégagé, période de canicule)	Constats et paroles d'habitant	Observations
Type d'appartement et les occupants	<ul style="list-style-type: none"> - L'appartement est au 8° étage, exposé au sud et à l'est et non traversant. Il inclut deux chambres exposées au sud, une chambre à double exposition sud et est, un séjour non traversant et une cuisine exposée à l'est. Le WC et la salle de bains ne sont pas exposés à l'extérieur. - L'appartement est occupé par 6 personnes avec des rythmes de vie variés qui résident dans l'appartement depuis 9 ans. 	<ul style="list-style-type: none"> - La double orientation de l'appartement peut permettre une ventilation naturelle partielle. - Les trois chambres exposées au sud profitent du rayonnement solaire direct toute la journée en hiver et en été à la latitude de Rennes. - L'appartement est presque toujours occupé par au moins deux membres de la famille.
Perceptions	<ul style="list-style-type: none"> - Selon l'interviewée (âge entre 35 et 50 ans) la température de l'appartement est jugée globalement froide en hiver et chaude en été. L'occupant perçoit peu de courants d'air dans l'appartement. - En été le séjour est trop chaud. Pendant la période estivale la seule pièce avec une température agréable est la salle de bains. Les autres pièces sont considérées chaudes. Les fenêtres du séjour et du côté est de la chambre 1 (chambre du coin) n'ont pas des volets. 	<ul style="list-style-type: none"> - La température homogène peut être liée au chauffage central. - On constate une situation d'inconfort en été et en hiver. En particulier on note un état d'inconfort accentué en été dans le séjour et dans les deux chambres exposées au sud qui peut dériver du manque de protections solaires des fenêtres dans les pièces en question. En hiver le fait que la chambre

	<p>- En hiver la chambre 1 (au coin avec double orientation) est beaucoup plus froide par rapport aux autres chambres. Le séjour et les deux autres chambres sont considérés froids. Le chauffage de la chambre 1 parfois ne s'allume pas. La mère de famille (interviewée) demande à son fils (18 ans) son avis sur la température de la chambre en hiver. Il répond: « <i>il fait froid!</i> ».</p>	<p>au coin résulte la pièce la plus froide peut être lié à un problème au niveau du radiateur.</p> <p>- Les courants d'air peuvent être liés aux défauts d'étanchéité à l'air.</p>
Pratiques	<p>- En été quand il fait chaud dans le séjour les volets sont fermés. Pendant la période estivale les volets des chambres restent fermés toute la journée pour rafraichir l'appartement. Il n'y pas de ventilateur. En été les volets sont fermés toute la journée. Dans les pièces où il n'y a pas des volets les rideaux sont fermés toute la journée. La mère cherchait des rideaux pour isoler/protéger le séjour contre le soleil. On constate la présence des doubles rideaux. En été les fenêtres sont ouvertes toute la matinée.</p> <p>- En hiver parfois le chauffage de la chambre du coin ne marche pas. Il n'y a pas de chauffage d'appoint. En hiver les volets restent ouverts toute la journée et fermés la nuit. En hiver les fenêtres sont ouvertes le matin et l'après-midi pour des courtes durées. En hiver les volets sont ouverts pour la volonté de l'occupant de profiter au maximum de la lumière extérieure.</p> <p>- Les extracteurs de la cuisine et de la salle de bain sont nettoyés régulièrement.</p> <p>- La mère souligne la nécessité d'aérer l'appartement à cause de mauvaises</p>	<p>- En été dans le séjour les rideaux sont utilisés comme les volets pour se protéger du soleil, sachant que les stores extérieurs offrent une meilleure protection thermique que les rideaux intérieurs (car le rayonnement solaire est en partie absorbé par le tissu avant le vitrage et ensuite rejeté vers l'extérieur).</p> <p>- La fermeture des stores en été empêche la chaleur d'entrer dans l'appartement.</p> <p>- On constate un problème de dysfonctionnement du radiateur de la chambre 1 ce qui cause aussi des mauvaises odeurs.</p> <p>-L'ouverture des volets pendant toute la journée permet de profiter de l'énergie gratuite du soleil et de l'éclairage naturel.</p>

	<p>odeurs liées au chauffage: « <i>Avec le chauffage il y une odeur un peu bizarre</i> ».</p> <p>- Il y a des bouches de ventilation pour les fenêtres du séjour mais pas pour la cuisine</p>	
--	---	--

Étage intermédiaire (7°), T4, OUEST (jeudi 29 juin 2017, 11h20, ciel dégagé, période de canicule)	Constats et paroles d'habitant	Observations
Type d'appartement et les occupants	<ul style="list-style-type: none"> - L'appartement est au 7° étage, exposé au sud et à l'ouest et non traversant. Il inclut deux chambres exposées au sud, une chambre à double exposition sud et ouest, un séjour non traversant et une cuisine exposée à l'ouest. Le WC et la salle de bains non exposés à l'extérieur. - L'appartement est occupé par 4 personnes avec des rythmes de vie variés qui résident dans l'appartement depuis 2015. 	<ul style="list-style-type: none"> - La double orientation de l'appartement peut permettre une ventilation naturelle partielle. - L'appartement est toujours occupé par au moins un membre de la famille.
Perceptions	<ul style="list-style-type: none"> - Selon l'interviewée (âge entre 35 et 50 ans) la température de l'appartement est jugée globalement très froide en hiver et chaude en été. L'occupant perçoit assez de courants d'air dans l'appartement. - En été le séjour et les deux chambres exposées à sud sont trop chauds. Pendant la période estivale la pièce la plus chaude est la cuisine. Les pièces avec une température agréable sont la chambre au coin et la salle de bain. Les autres pièces sont considérées chaudes. - En hiver la chambre 1 (au coin avec double orientation) et le séjour sont très froids. La salle de bain est froide. La cuisine et les deux chambres exposées au sud sont agréables. L'occupant ne peut pas dormir dans la chambre au coin parce qu'elle est trop froide. - L'occupant constate de courants d'air 	<ul style="list-style-type: none"> - On constate une situation d'inconfort plus marquée dans la période hivernale avec référence plus spécifique à la chambre à double exposition et au séjour exposé à l'ouest. - La combinaison entre l'incidence du rayonnement direct l'après-midi, l'absence de volets et la chaleur emmagasinée durant toute la journée peut générer des surchauffes du séjour en été. - On constate l'incidence du rayonnement direct seulement l'après-midi, ce qui génère des situations d'inconfort en hiver le matin dans la chambre et dans le séjour. - La chambre au coin est évitée en hiver ce qui peut être liés à la double exposition aux conditions extérieurs ou au possible

	très fort en hiver dans le séjour et dans la chambre au coin.	dysfonctionnement du chauffage de la chambre 1 (chambre au coin). - Les forts courants d'air du séjour et de la chambre au coin peuvent dériver des défauts d'étanchéité
Pratiques	<p>- En hiver pour chauffer l'appartement il y a le chauffage collectif qui est allumé automatiquement. Le régulateur des radiateurs est réglé sur le maximum.</p> <p>- En hiver même avec le chauffage au maximum l'occupant a froid et il recourt à l'utilisation de couvertures. L'occupant : « j'ai acheté des rideaux épais pour isoler ».</p> <p>Les volets restent souvent fermés quand il fait froid. Les fenêtres sont ouvertes pour aérer l'appartement seulement le matin pour des courtes durées.</p> <p>Il n'y a pas de chauffage d'appoint. L'occupant nous dit qu'en hiver elle met du scotch autour de la fenêtre du séjour à l'extérieur.</p> <p>- En été les volets sont fermés pour des longues durées pendant les heures les plus chaudes. Les fenêtres sont ouvertes le matin et le soir pour des courtes durées. Il n'y a pas de ventilateur.</p>	<p>- Le chauffage ne suffit pas et l'occupant recourt à plusieurs modalités d'adaptation de son propre confort : les couvertures, les rideaux épais et le scotch autour des fenêtres. On questionne l'efficacité du système de chauffage et le système de réglage des radiateurs.</p> <p>- En été dans le séjour les rideaux sont utilisés comme les volets pour se protéger du soleil.</p>

Dernier étage (16°), T2, OUEST (vendredi 30 juin 2017, 15h, ciel dégagé, période de canicule)	Constats et paroles d'habitant	Observations
Type d'appartement et les occupants	- L'appartement est au dernier étage (16°), exposé à l'ouest et non traversant. Il inclut une chambre, un séjour et une cuisine exposée à l'ouest. WC et salle de	- La ventilation est assurée par les entrées de fenêtres et les extracteurs présents dans les pièces humides. La

	<p>bains non exposés à l'extérieur.</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'appartement est occupé par 1 personne qui travaille à temps partiel qui réside dans l'appartement depuis 4 ans. - On constate la présence d'entrée d'air dans la cuisine dans le séjour et dans la chambre. 	<p>configuration non traversant peut rendre l'habitat plus sensible aux questions de surchauffes estivales par manque de possibilité de ventilation.</p>
Perceptions	<ul style="list-style-type: none"> - Selon l'interviewée (âge entre 35 et 50 ans) il n'y a pas de différences de température entre les pièces. La température de l'appartement est jugée globalement très froide en hiver et très chaude en été. - En hiver le séjour, la cuisine, la salle de bain et la chambre sont très froids. - En été le séjour, la cuisine et la chambre sont très chauds. La salle de bain est la seule pièce agréable. L'occupant en été: « Je préfère rester à l'extérieur » - L'occupant constate la présence de forts courants d'air dans l'appartement. 	<ul style="list-style-type: none"> - La température homogène peut être liée au chauffage central. - On constate une situation d'inconfort en été et en hiver si forte que l'occupant préfère ne pas rester à l'appartement surtout en été. - On constate l'incidence du rayonnement direct l'après-midi, ce qui peut générer des situations d'inconfort en hiver le matin dans la chambre et des surchauffes du séjour l'après-midi en été (le séjour n'a pas des protections solaires, effet de serre). - En été le rayonnement solaire frappe sur la surface de la toiture qui se chauffe progressivement. Cette chaleur est en partie réémise à l'intérieur du bâtiment. La couleur sombre de la toiture augmente les gains solaires transmis à l'intérieure au travers d'une toiture plate ensoleillée.
	<ul style="list-style-type: none"> - En hiver pour chauffer l'appartement il y a le chauffage collectif le régulateur des radiateurs est réglé sur le maximum. Les volets restent souvent fermés. Les 	<ul style="list-style-type: none"> - Le chauffage ne suffit pas et dans certaines pièces il ne marche pas (ce qui détermine un déséquilibre hydraulique en

Pratiques	<p>fenêtres ne sont pas ouvertes pour aérer l'appartement. Pas de chauffage d'appoint. Dans certaines pièces le chauffage ne marche pas. L'occupant utilise des couvertures pour se réchauffer en hiver. On constate la présence de scotch autour des fenêtres du séjour et de la chambre. On constate la présence de doubles rideaux épais dans le séjour.</p> <p>- En été les volets sont fermés toute la journée mais pas le soir et la nuit. Les rideaux des fenêtres du séjour sont fermés. Toutes les fenêtres sont ouvertes pour des courtes durées le matin et pour des longues durées l'après-midi. Pas de ventilateur.</p>	<p>termes de distribution de la chaleur). L'occupant recourt à plusieurs modalités d'adaptation de son propre confort : fermeture des volets toute la journée, les couvertures, les rideaux épais et le scotch autour des fenêtres et des entrées d'air. On questionne l'efficacité du système de chauffage et le système de réglage des radiateurs. La fermeture des volets pendant toute la journée empêche de profiter de l'énergie gratuite du soleil.</p> <p>- En été l'ouverture des volets de soir permet au bâtiment de faire sortir la chaleur accumulée pendant la journée.</p>
-----------	--	---

BANANE

Premier Étage, T3, NORD, (vendredi 30 juin 2017, 10h45, ciel dégagé, période de canicule)	Constats et paroles d'habitant (en anglais)	Observations
Type d'appartement et les occupants	<p>- L'appartement est au 1^o étage, exposé à l'est et à l'ouest et traversant (est/ouest). Il inclut une chambre exposée à l'est, une chambre exposée à l'ouest, un séjour traversant exposé à l'est et à l'ouest et une cuisine exposée l'ouest. La salle de bains + WC n'est pas exposée à l'extérieur. Le côté nord est un mur mitoyen qui n'est pas exposé à l'extérieur.</p> <p>- L'appartement est occupé par 1</p>	<p>- Le séjour traversant est-ouest permet la ventilation naturelle de l'appartement.</p> <p>- Possible déséquilibre entre espace disponible (environ 60 m²) et nombre d'occupant ?</p>

	<p>personne qui travaille à temps partiel. Il réside dans l'appartement depuis 1 an et 5 mois.</p>	
Perceptions	<ul style="list-style-type: none"> - Il fait bon dans l'appartement. Le séjour est plus froid que les autres chambres. - En hiver il fait très froid, surtout dans la chambre (exposé à l'ouest) et dans le séjour - En été il fait chaud. 	<ul style="list-style-type: none"> - On constate une situation d'inconfort plus marquée dans la période hivernale avec référence spécifique à la chambre à coucher exposée à l'ouest (qui reçoit le rayonnement direct l'après-midi) et au séjour.
Pratiques	<ul style="list-style-type: none"> - En hiver les radiateurs des pièces ne sont pas régulés. Pour réchauffer l'appartement l'occupant utilise un chauffage d'appoint. Les fenêtres ne sont presque jamais ouvertes. L'occupant n'ouvre pas les fenêtres « pour deux raisons : préserver la chaleur (keep the place warmer) et pour garantir la sécurité » L'occupant ne touche jamais les régulateurs des radiateurs. - En été pour rafraîchir l'appartement l'occupant utilise un ventilateur. Les fenêtres ne sont presque jamais ouvertes. Les fenêtres du séjour n'ont pas de rideaux (puisque selon l'occupant « ils ne sont pas nécessaires »). La fenêtre de la cuisine n'a pas de protections solaires. La cuisine est exposée à l'ouest. - La cuisine n'a pas d'extracteur. 	<ul style="list-style-type: none"> - En hiver le chauffage ne suffit pas et l'occupant recourt au chauffage d'appoint. On questionne l'efficacité du système de chauffage (dimensionnement et distribution) - L'ouverture des fenêtres et des volets dépend largement de la présence de l'occupant dans l'appartement. En effet suite aux entretiens exploratoires menés au début de l'étude sensible on constate des soucis de sécurité dans le quartier. - Les fenêtres fermées en hiver permettent de garder la chaleur et limiter les déperditions thermiques. - En été l'occupant recourt au ventilateur. La constante fermeture des fenêtres peut déterminer un manque de ventilation.

Etage intermédiaire (5°), T3, NORD (Samedi 1 juillet 2017, 11h, ciel dégagé, période de canicule)	Constats et paroles d'habitant	Observations
Type d'appartement et les occupants	<ul style="list-style-type: none"> - L'appartement est au 5° étage, exposé à l'est et à l'ouest et traversant (est/ouest). Il inclut une chambre exposée à l'est, une chambre exposée à l'ouest, un séjour traversant exposé à l'est et à l'ouest et une cuisine exposée à l'ouest. La salle de bains + WC n'est pas exposée à l'extérieur. Le côté nord est constitué par un mur mitoyen qui n'est pas exposé à l'extérieur. - L'appartement est occupé par 4 personnes (2 adultes et deux enfants). Ils ont des rythmes de vie variés et résident dans l'appartement depuis 1 an. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le séjour traversant est-ouest permet la ventilation naturelle de l'appartement. - L'appartement est presque toujours occupé par au moins deux membres de la famille.
Perceptions	<ul style="list-style-type: none"> - Il fait bon dans l'appartement et il n'y a pas de différences de température entre les pièces. La température est jugée globalement bien chaude en hiver et un peu trop chaude en été. - En été dans la cuisine il fait très chaud (l'occupant : « le soleil qui tape sur la fenêtre pendant la journée »). La fenêtre de la cuisine n'a pas de protections solaires. La cuisine est exposée à l'ouest. En été l'occupant aime bien le séjour vu que on peut créer des courants d'air. - L'aération marche très bien. - L'occupant perçoit très peu de courants d'air dans l'appartement. 	<ul style="list-style-type: none"> - La température homogène peut être liée au chauffage central. - On constate une situation d'inconfort partiel légèrement plus marquée dans la période estivale avec référence spécifique à la cuisine où il n'y a pas des protections solaires. - L'occupant reconnaît la valeur positive du séjour traversant pour le fait de pouvoir créer des courants d'air frais pendant la période estivale.
	<ul style="list-style-type: none"> - En été pour rafraichir l'appartement l'occupant baisse les volets et ouvre les deux fenêtres du séjour (exposées respectivement à l'est et à l'ouest). En été 	<ul style="list-style-type: none"> - En été l'occupant recourt au ventilateur seulement lors des journées plus chaudes. L'ouverture des deux fenêtres

<p>Pratiques</p>	<p>les volets de l'appartement sont fermés presque toute la journée. Les fenêtres sont ouvertes toute la journée pour des longues durées. Il y a un ventilateur qui est utilisée tous les jours pour des longues durées lors des journées les plus chaudes. L'occupant manifeste son intention d'acheter un climatiseur</p> <p>- En hiver 1 régulateur sur 2 est au niveau 0. Les radiateurs de la cuisine et de la chambre exposée à l'est ne sont pas allumés. L'occupant considère le coût du chauffage « correct » est le cout de l'électricité « un peu cher ».</p> <p>Les volets sont fermés pour des courtes durées. En hiver les fenêtres sont ouvertes le matin pour des courtes durées</p> <p>- Les bouches de ventilation (entrées d'air sur fenêtres et extracteurs) sont régulièrement nettoyées.</p>	<p>du séjour permet la création des courants d'air.</p> <p>- En hiver la moitié des radiateurs n'est pas utilisé. La chambre 2 profite des apports solaires le matin et la cuisine (sans protections solaires) en profite l'après-midi.</p> <p>L'ouverture des volets permet de profiter au maximum des apports gratuits du soleil.</p>
------------------	--	---

Etage intermédiaire (4°), T3, SUD (vendredi 30 juin 2017, 16h15, ciel dégagé, période de canicule)	Constats et paroles d'habitant	Observations
Type d'appartement et les occupants	<ul style="list-style-type: none"> - L'appartement est au 4° étage, exposé à l'est et à l'ouest et traversant (est/ouest). Il inclut une chambre exposée à l'est, une chambre exposée à l'ouest, un séjour traversant exposé à l'est et à l'ouest et une cuisine exposée l'ouest. La salle de bains + WC n'est pas exposée à l'extérieur. Le côté sud est composé par un mur mitoyen qui n'est pas exposé à l'extérieur. - L'appartement est occupé par 1 personne qui travaille à temps plein (il reste dehors pendant la journée). Il réside dans l'appartement depuis 1 an et 6 mois. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le séjour traversant est-ouest permet la ventilation naturelle de l'appartement. - L'occupant n'est presque jamais chez lui.
Perceptions	<ul style="list-style-type: none"> - Selon l'interviewée (âge entre 50 et 65 ans) il fait bon dans l'appartement. La température est jugée globalement confortable en hiver et un peu chaude en été. - En été le séjour est frais, dans la cuisine et dans la chambre (exposée à l'ouest) il fait un peu chaud. - En hiver il fait froid. Le matin dans la chambre (exposé à l'ouest) il fait un peu froid. En hiver dans le séjour il fait froid. L'occupant nous dit que « il fait froid mais pas comme dans les tours où j'étais avant » - L'occupant constate la présence de faibles courants d'air. 	<ul style="list-style-type: none"> - On constate une situation de confort en hiver et en été. - L'occupant reconnaît la valeur positive du séjour traversant pour le fait de pouvoir créer des courants d'air frais pendant la période estivale. - La chambre exposée à l'est et la cuisine sont soumises au rayonnement direct l'après-midi (ce qui peut déterminer un état partiel d'inconfort en hiver dans la chambre et le séjour et d'inconfort en été dans la cuisine et dans la chambre) - On questionne le dimensionnement des radiateurs pour le séjour. - On souligne l'intérêt d'un

		<p>témoignage d'un habitant qui a vécu dans les tours et dans la banane avec la mise en évidence d'une situation plus critique surtout l'hiver dans les tours.</p> <p>- Les faibles courants d'air du séjour et de la chambre au coin peuvent dériver des menuiseries ou des défauts d'étanchéité.</p>
Pratiques	<p>- En été pour rafraîchir l'appartement l'occupant ferme les volets. Les fenêtres sont ouvertes pour des courtes durées le matin. Il n'y a pas des rideaux (d'après l'occupant « ils ne sont pas nécessaires »).</p> <p>- En hiver les régulateurs des radiateurs sont au maximum (le maximum est jugé par l'occupant « pas assez »). Les volets ne sont jamais fermés. Les fenêtres sont ouvertes pour des courtes durées l'après-midi. Certains radiateurs ne marchent pas.</p>	<p>- Il n'y a pas la nécessité d'avoir des rideaux dans le séjour.</p> <p>- Le chauffage ne suffit pas et dans certaines pièces il ne marche pas (ce qui détermine un déséquilibre hydraulique en termes de distribution de la chaleur). On questionne l'efficacité du système de chauffage.</p> <p>- En hiver les volets ouverts la nuit peuvent déterminer des déperditions de chaleur considérables.</p>

Etage intermédiaire (4°), studio EST (Samedi 1 juillet 2017, 11h, ciel dégagé, période de canicule)	Constats et paroles d'habitant	Observations
Type d'appartement et les occupants	<p>- L'appartement est au 4° étage, exposé à l'est. Il inclut une chambre-séjour exposé à l'est. La salle de bains + WC et la cuisine ne sont pas exposées à l'extérieur.</p> <p>- L'appartement est occupé par 1 personne qui est au chômage. Il réside</p>	<p>- La ventilation est assurée par les entrées des fenêtres et les extracteurs présents dans les pièces humides. La configuration non traversant peut rendre l'habitat plus</p>

	dans l'appartement depuis 6 ans.	sensible aux questions de surchauffes estivales par manque de possibilité de ventilation. - L'occupant est presque toujours chez lui.
Perceptions	- Il fait bon dans l'appartement. La température est jugée globalement un peu chaude en été et un peu froide en hiver. - L'occupant ne constate pas la présence de courants d'air.	- On constate une situation d'inconfort partiel en hiver et en été.
Pratiques	- En hiver le chauffage est allumé automatiquement du coup l'occupant ne touche rien. Les fenêtres sont ouvertes pour des courtes durées le matin et le soir. - En été pour rafraichir l'appartement l'occupant utilise un ventilateur. Le ventilateur est allumé tous les jours et aussi toutes les nuits. Les volets sont fermés pendant la journée et sont ouverts le soir. Les fenêtres sont toujours ouvertes pendant la journée pour des longues durées.	- L'utilisation fréquente d'un ventilateur en été peut être lié à la conformation de l'appartement qui ne permet pas la ventilation naturelle.

Dernier étage (8°), T3 NORD (Samedi 1 juillet 2017, 11h, ciel dégagé, période de canicule)	Constats et paroles d'habitant (Par mail)	Observations
Type d'appartement et les occupants	- L'appartement est au 8° étage, exposé à l'est et à l'ouest et traversant (est/ouest). Il inclut une chambre exposée à l'est, une chambre exposée à l'ouest, un séjour traversant exposé à l'est et à l'ouest et une cuisine exposée l'ouest. La salle de bains + WC n'est pas exposée à l'extérieur. Le côté nord est composé par un mur mitoyen qui n'est pas exposé à	- Le séjour traversant est-ouest permet la ventilation naturelle de l'appartement. - Les occupants sont toujours chez eux.

	<p>l'extérieur.</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'appartement est occupé par 2 personnes qui travaillent à temps plein de chez eux (ils restent dans l'appartement 24h/24h). Ils résident dans l'appartement depuis 2012. 	
Perceptions	<ul style="list-style-type: none"> - Selon l'interviewée (âge entre 20 et 35 ans) il fait bon dans l'appartement. La température est jugée globalement confortable en été et en hiver. - En été dans la cuisine il fait trop chaud, surtout en fin d'après-midi. Les occupants évitent la cuisine en été. Les occupants aiment bien leur séjour en été (« le séjour est fantastique grâce à cette vue traversante et aux courants d'air »). En cas de canicule ils restent dans la chambre qui est la pièce la plus fraîche. « L'appartement est trop sec, c'est un gros problème dans les chambres mais c'est pratique pour sécher le linge (nous préférons ça à un appartement humide déjà expérimenté par le passé) ». Il n'y a pas de volets dans la cuisine. « J'ai déjà pris des coups de soleil en faisant ma vaisselle ». - En hiver il fait bon mais la chambre du fond est froide. Les occupants évitent la chambre du coin en hiver. D'après l'occupant la chambre en hiver manque de lumière. - L'occupant constate la présence de courants d'air par les aérations des fenêtres. 	<ul style="list-style-type: none"> - On constate une situation de confort en hiver et en été. - Ils soulignent la chaleur excessive de la cuisine (exposée à l'ouest et sans protections solaires) surtout l'après-midi en été. - L'occupant reconnaît la valeur positive du séjour traversant pour le fait de pouvoir créer des courants d'air frais pendant la période estivale. - Le sècheur excessif de l'appartement peut dériver du système de chauffage mais aussi d'un constant manque d'aération. -
	<ul style="list-style-type: none"> - En été pour rafraichir l'appartement les occupants créent des courants d'air et utilisent le ventilateur. L'occupant nous 	<ul style="list-style-type: none"> - L'ouverture des deux fenêtres du séjour permet la création des courants d'air.

<p>Pratiques</p>	<p>informe : « nous avons une vue traversant qui nous permet de faire de grands courants d'air car nous sommes au 8° et dernier étage ».</p> <p>Ils baissent les volets mais plus rarement car ils ont un maximum besoin de lumière naturelle (travaux artistiques). Le ventilateur est allumé la nuit dans la chambre. Pendant la journée toutes les portes sont ouvertes et l'air circule bien. Les volets sont rarement fermés.</p> <p>- En hiver la chambre du coin est difficile à chauffer (chambre ouest).</p> <p>- L'occupant nous informe : « Le chauffage n'est pas facile à régler donc nous aérons souvent même par temps froids pour réguler la chaleur en hiver sauf cet hiver où le chauffage ne fonctionnait pas dans la salle de bain mais nous n'avons pas pris soin de le signaler l'hiver étant doux »</p> <p>Il n'y a pas de chauffage d'appoint. En hiver pour réguler la température les occupants laissent toutes les portes ouvertes sauf la nuit, ils ferment les pièces d'eau, le salon et la chambre à coucher (pas celle du fond/chambre ouest). Les volets du salon ne sont jamais fermés. Les volets des deux chambres sont fermés pour garder la chaleur.</p> <p>- L'occupant nous informe : « nous avons des courants d'air par les aérations des fenêtres, nous avons mis du coton sous les conseils d'un ouvrier spécialisé et un des joints d'une porte fenêtre du salon est mal fichu, le vent le fait siffler, nous avons condamné cette porte et mis un tissu pour éviter le bruit »</p>	<p>- L'occupant souligne la valeur positive liée au fait d'être au dernier étage, ce qui donne la possibilité de créer des courants d'air.</p> <p>- Même avec les volets ouverts en été les occupants ne se plaindront pas d'une chaleur excessive. Ils soulignent le bon fonctionnement de la ventilation naturelle.</p> <p>- La difficulté de chauffer la chambre 1 est liée à l'ouverture de toutes les portes de l'appartement pour compenser ce manque.</p> <p>- En hiver les volets ouverts dans le séjour toute la nuit peuvent déterminer des déperditions de chaleur considérables.</p> <p>- On souligne un problème d'atténuation du vent dans les entrées d'air des fenêtres qui gêne le confort thermique de la chambre en hiver et le confort acoustique.</p>
------------------	---	--

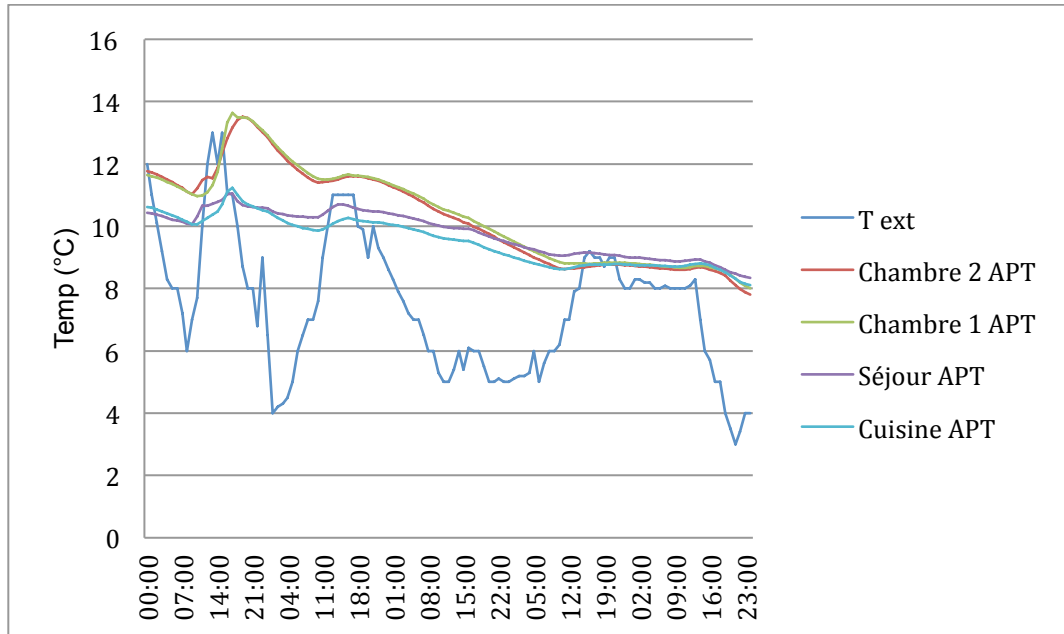
3. Analyse physique

3.1. Caractéristiques constructives

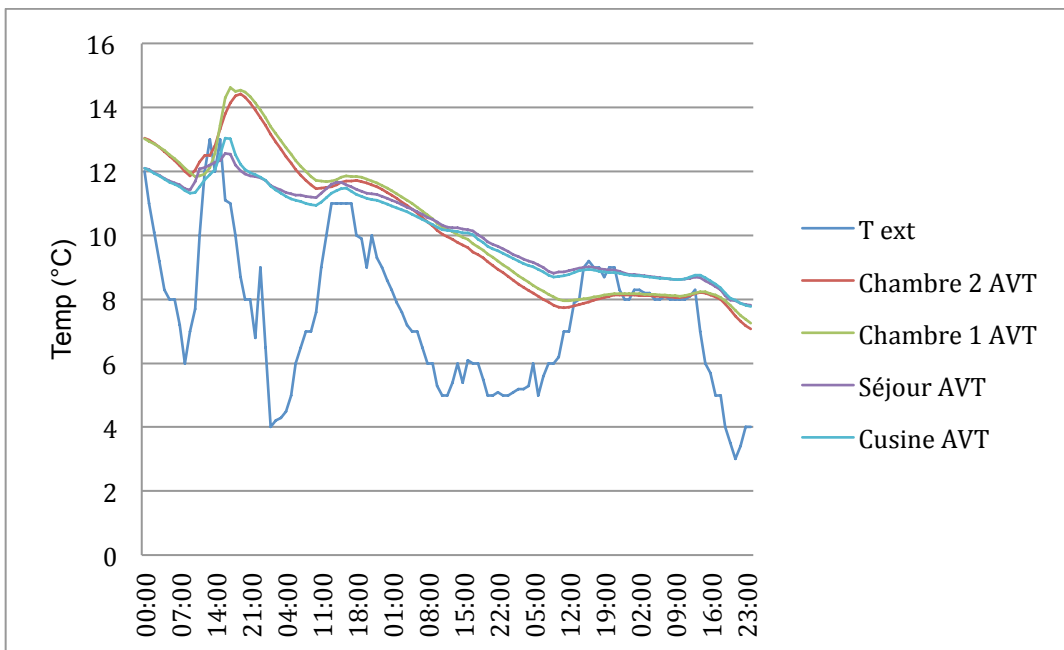
Composants	Sous-composants	Composition	Epaisseur
Enveloppe	Ossature	Béton armé	/
	Murs refends	Béton caverneux coulé en place (barres et banane)	24 cm
		Béton banché (tours)	21 cm
	Trumeaux	Briques à rupture de joint, pâte de verre posée en place (barres et banane)	/
		Corps creux en béton (blocs en béton) avec parement de quartzite blanc sur la face externe et enduit plâtre sur la face interne (tours)	25 cm
	Allèges	Revêtement en EPAC lisse laqué (barres et banane avant travaux) Substitution du revêtement avec isolation par l'extérieur en laine de roche (barres et banane avant travaux)	/
		Préfabriquées en béton armé et briques creuses avec revêtement de pâtes de verre format 2x2 en façade (tours)	/
		Garde-corps des loggias	Barreaudage vertical métallique (barres et banane)
	Béton armé avec revêtement de pâte de verre (tours)		11 cm
	Planchers préfabriqués	Poutrelles en béton et hourdis creux de béton	20 cm
	Cloisons	Briques plâtrières	7 cm
	Fenêtres	Simple vitrage (avant travaux)	/
		Double vitrage (après travaux)	/
	Menuiseries extérieures	Bois (avant travaux)	/
PVC (après travaux)		/	
Toit-terrasse	Étanchéité multicouche, isolation thermique en laine de roche	/	
Systèmes thermiques	Conduits shunts de fumée et de ventilation. Extracteurs dans les pièces humides + entrées d'air de fenêtres (ajoutées après travaux)	/	/
	Chauffage collectif avec radiateurs à eau chaude dotés des robinets thermostatiques (possibilité de réglage de de1 à 5)	/	/

3.2. Résultats des températures opératives

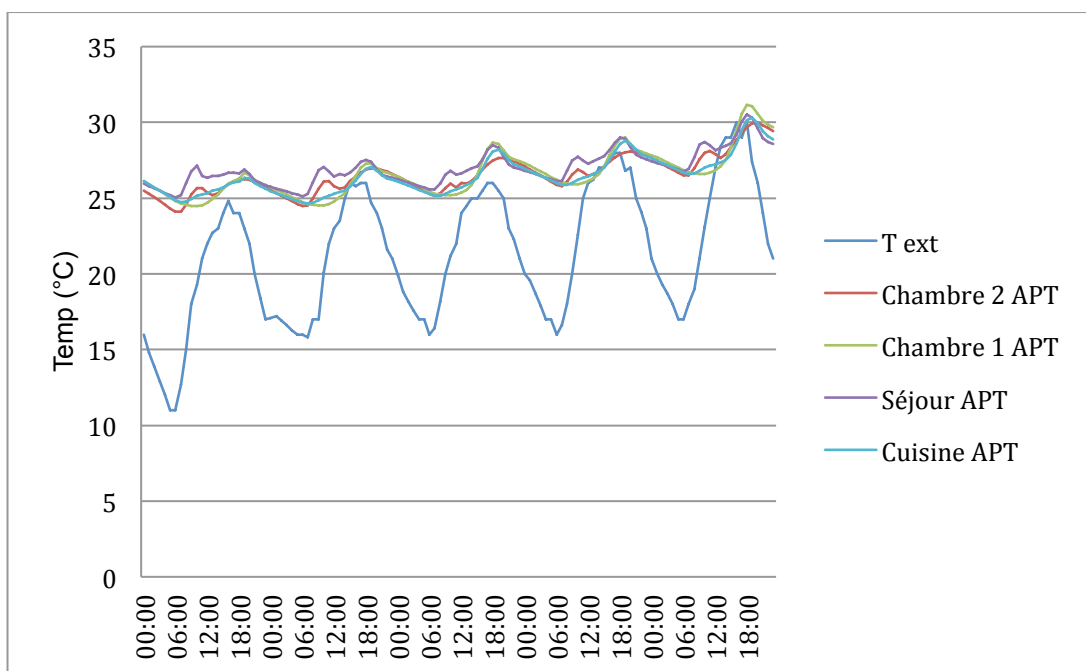
Et. 4° - T3 sud APT
Période hivernale (19-23 décembre)



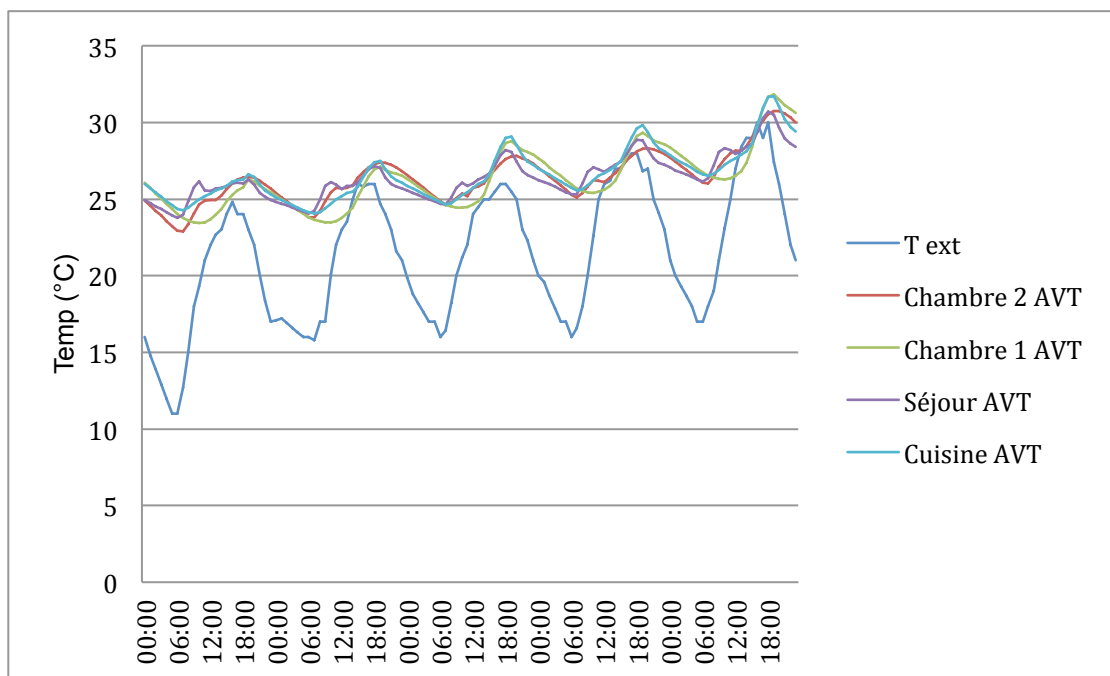
Et. 4° - T3 sud AVT
Période hivernale (19-23 décembre)



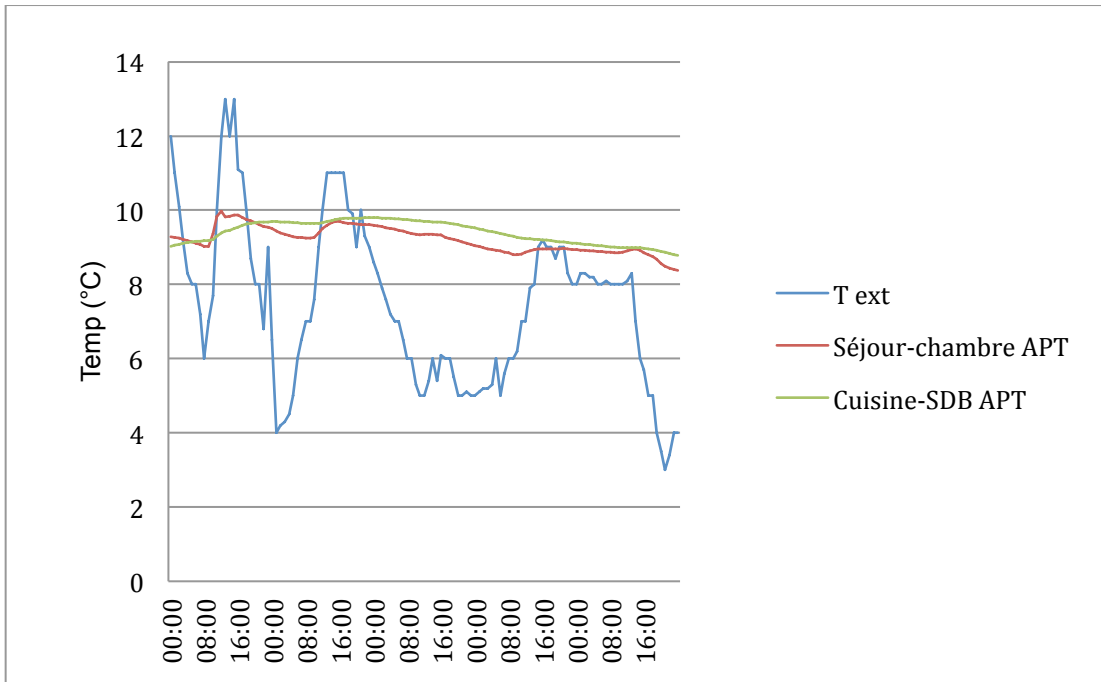
Et. 4° - T3 sud APT
Période estivale (19-23 juillet)



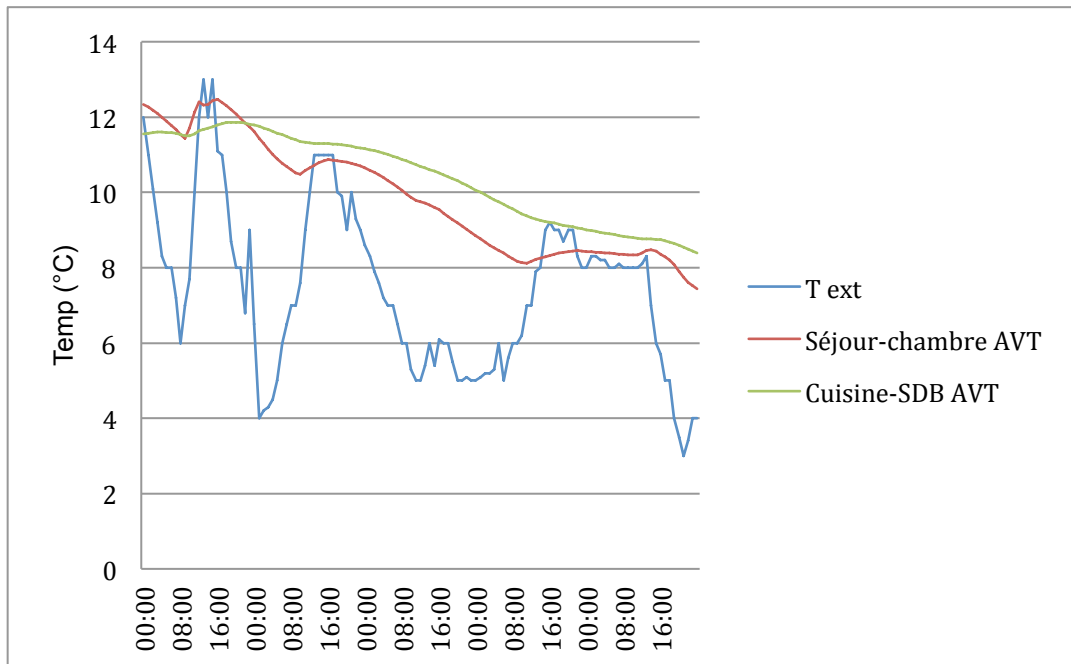
Et. 4° - T3 sud AVT
Période estivale (19-23 juillet)



Et. 4° - studio APT
Période hivernale (19-23 décembre)



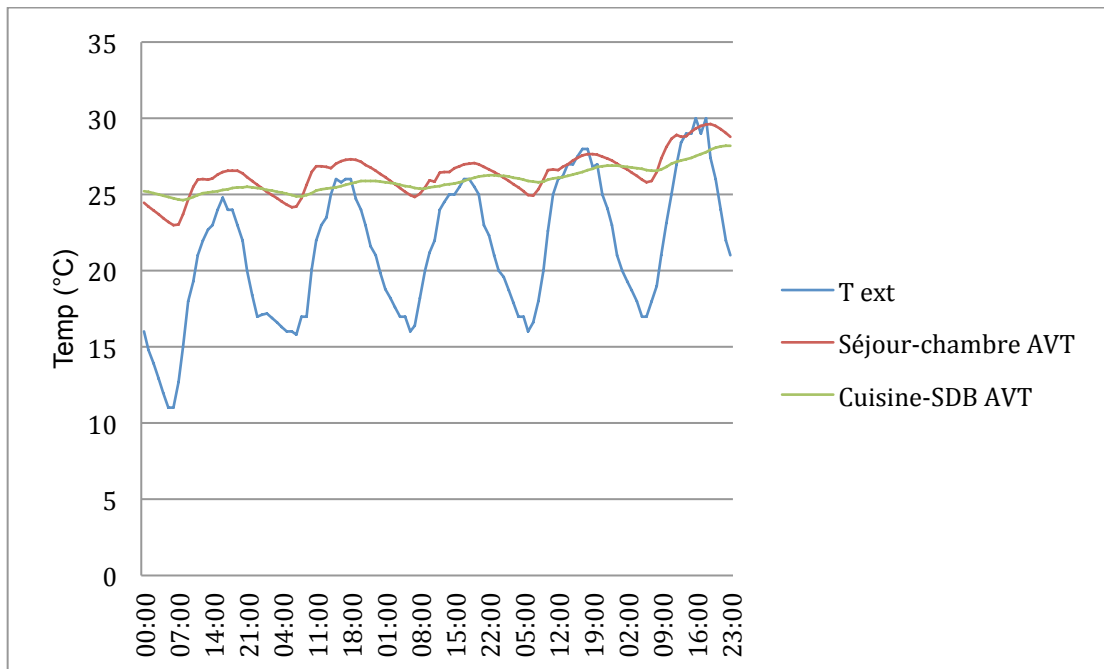
Et. 4° - studio AVT
Période hivernale (19-23 décembre)



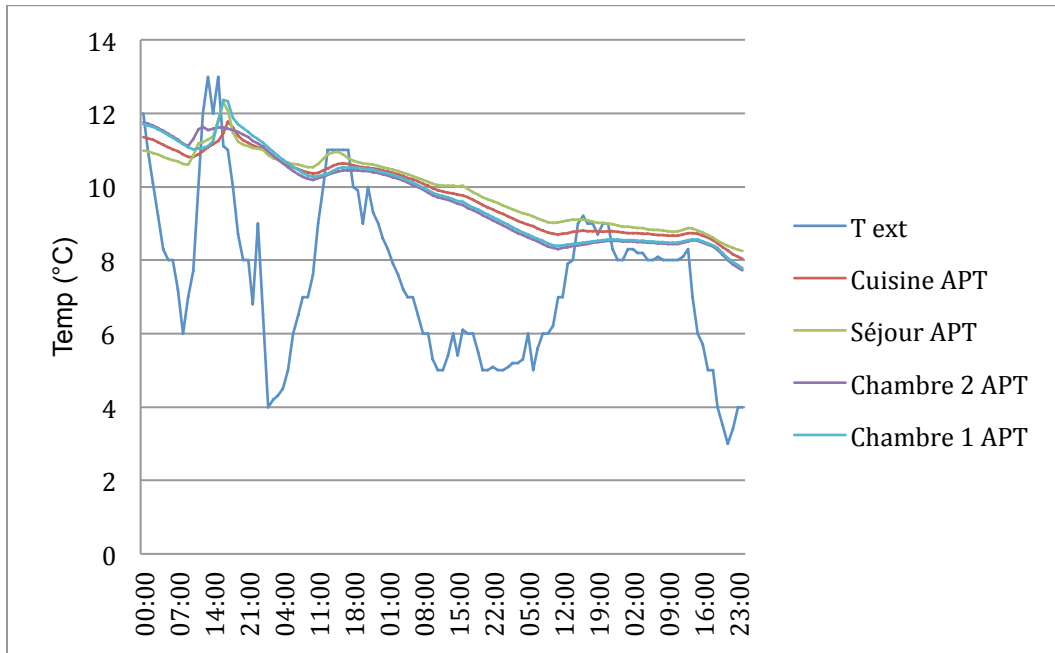
Et. 4° - studio APT
Période estivale (19-23 juillet)



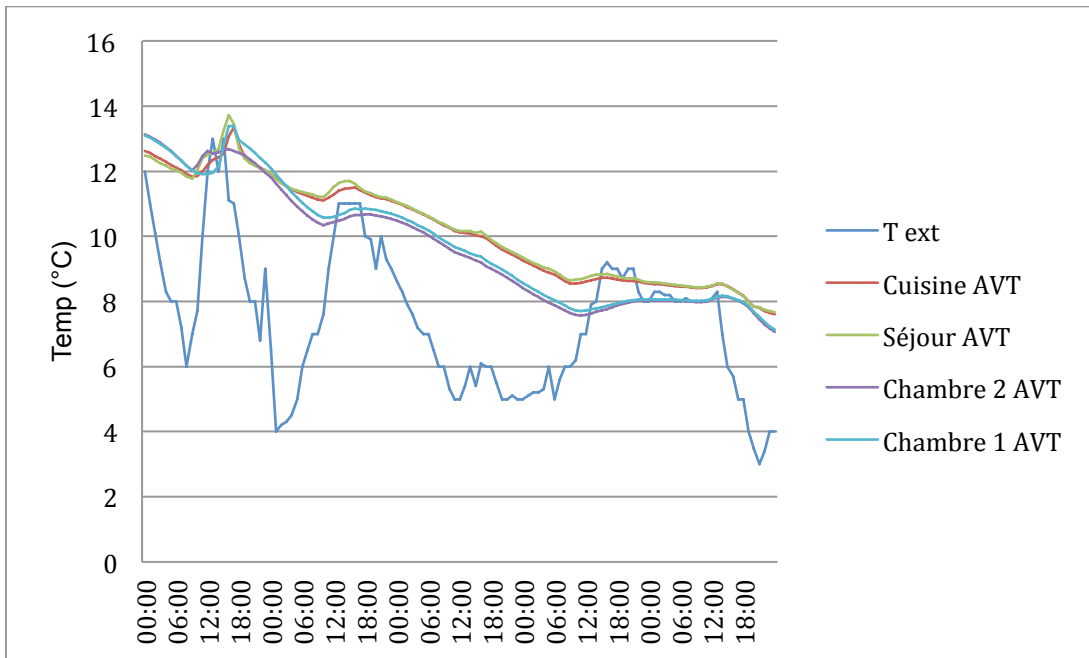
Et. 4° - studio AVT
Période estivale (19-23 juillet)



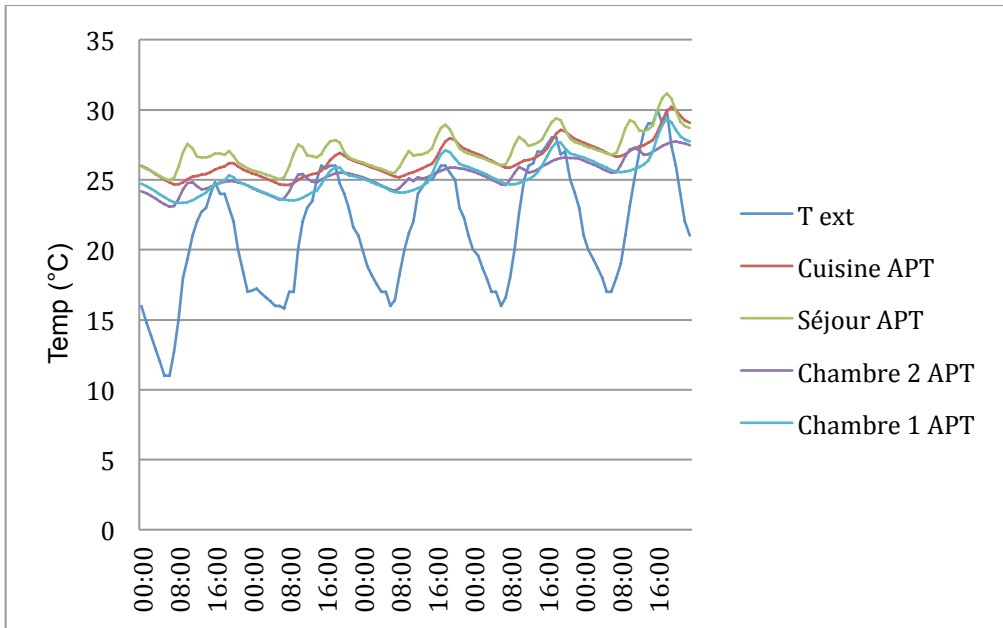
Et. 1° - T3 nord APT
Période hivernale (19-23 décembre)



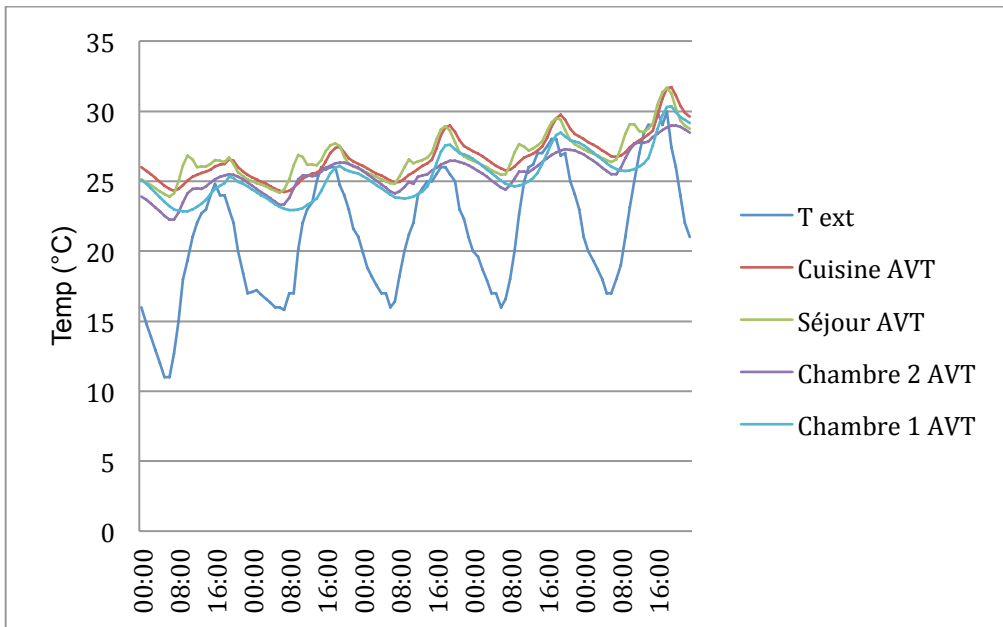
Et. 1° - T3 nord AVT
Période hivernale (19-23 décembre)



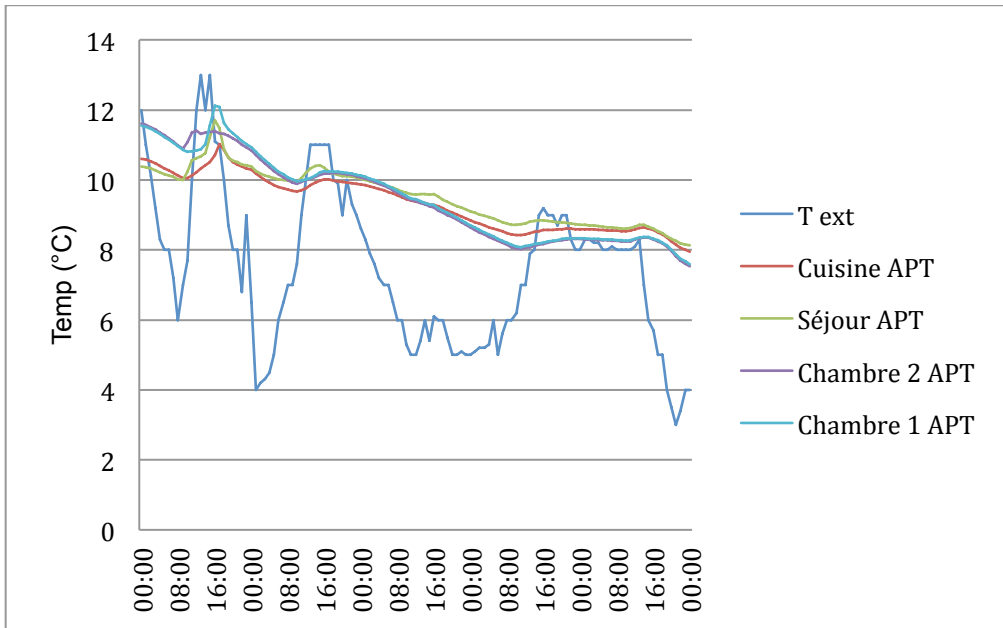
Et. 1° - T3 nord APT
Période estivale (19-23 juillet)



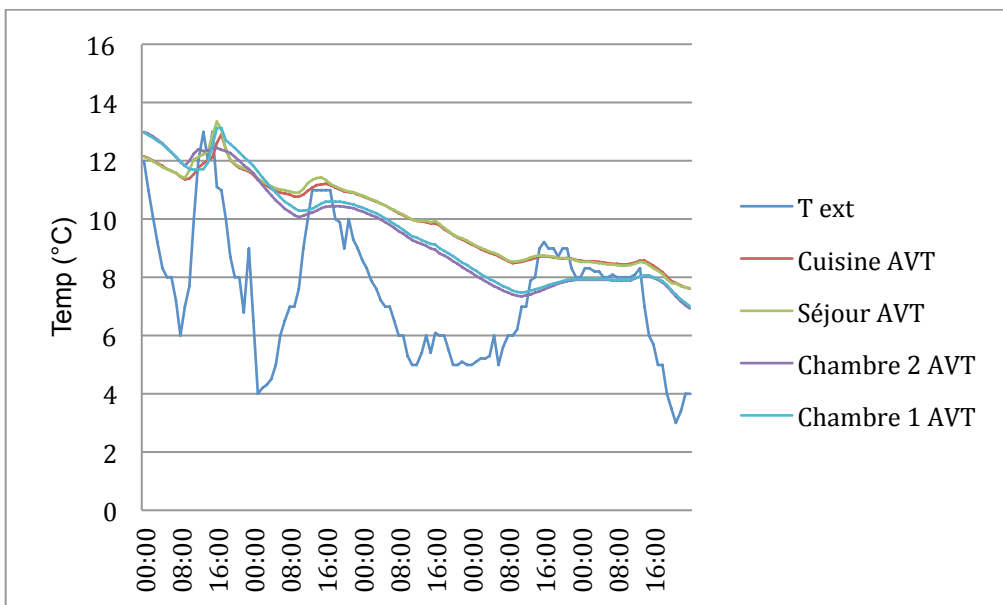
Et. 1° - T3 nord AVT
Période estivale (19-23 juillet)



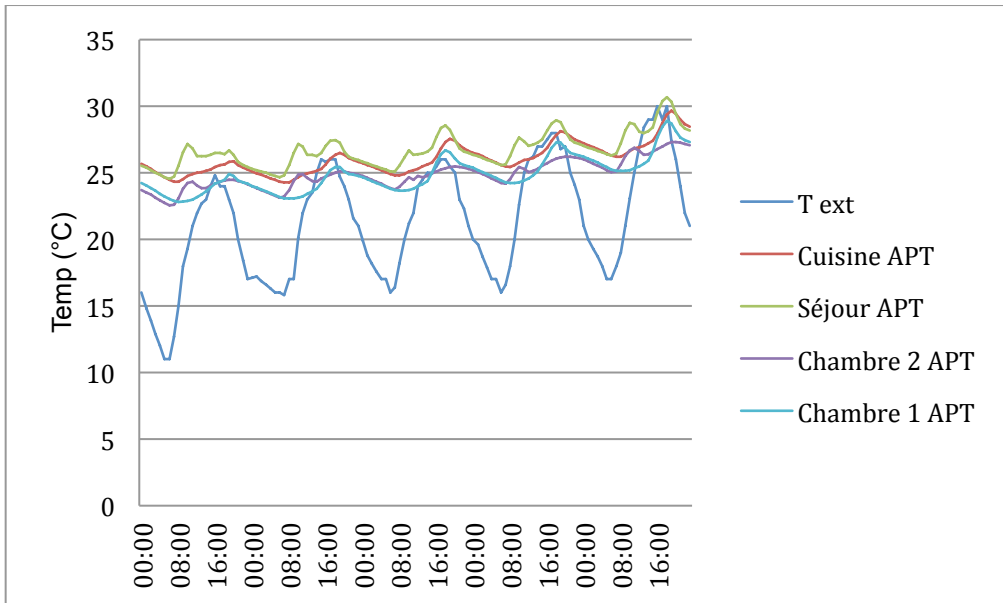
Et. 8° - T3 nord APT
Période hivernale (19-23 décembre)



Et. 8° - T3 nord AVT
Période hivernale (19-23 décembre)



Et. 8° - T3 nord APT
Période estivale (19-23 juillet)



Et. 8° - T3 nord AVT
Période estivale (19-23 juillet)

