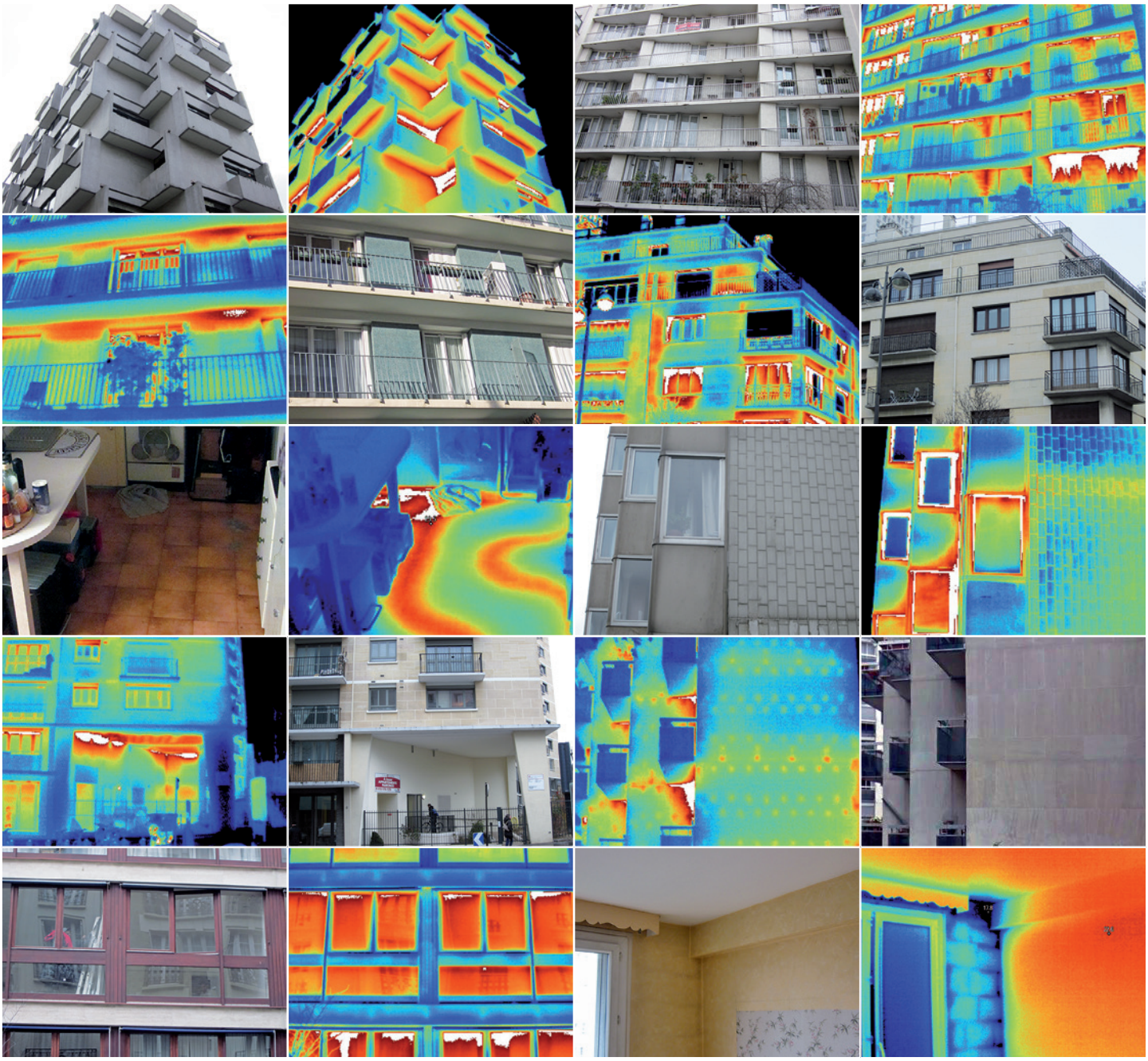
apur
ATELIER PARISIEN D'URBANISME

Réhabilitation des bâtiments construits à Paris entre 1945 et 1974

Pratiques actuelles / nouveaux enjeux



JUIN 2016

Le Plan Climat de la Ville de Paris, adopté en 2007 et révisé en 2012, a permis la prise en compte de la double contrainte énergie-climat dans les opérations de réhabilitations, notamment dans le parc social. La forte augmentation du prix de l'énergie, avec la spectaculaire envolée du gaz de 2004 à 2008 (augmentation de +de 40 %), a encouragé nombre de copropriétés parisiennes à réaliser des travaux d'économies d'énergie. Les dispositifs Copropriété Objectif Climat (COC) et le Coach Copro, tous deux animés par l'Agence Parisienne du Climat (APC), ont permis d'aider les copropriétés parisiennes dans leur phase d'audit énergétique. L'OPATB du 13e arrondissement et l'OPA 2D2E du secteur République ont, elles aussi, permis d'accélérer la prise de conscience de la nécessité d'économiser de l'énergie sur le territoire parisien.

Cette étude de l'Apur capitalise des enseignements qui se sont révélés au fil des opérations dans les réhabilitations des logements construits à Paris de 1945 à 1974, elle vient compléter et enrichir l'étude portant sur l' « Analyse de la performance énergétique des logements parisiens » publiée par l'Apur en 2011.

Elle dresse un panorama des réhabilitations " Plan Climat " du parc de logement social et privé, à l'exception des IGH, à partir d'études de cas choisis pour leur exemplarité, en raison soit de leur taille, soit de la pertinence des choix effectués par les maîtres d'œuvre.
Cette étude a pour but de proposer aux maîtres d'œuvre et maîtres d'ouvrage un socle d'informations visant à les aider dans la mise en œuvre des programmes de réhabilitation dont ils ont la charge.

L'étude se compose de quatre grandes parties :
Tout d'abord une présentation historique qui rappelle le contexte de la construction des logements de 1945 à 1974. Les techniques de construction de l'après-guerre y sont rapidement passées en revue et la question du règlement parisien est évoquée.
La seconde partie dresse un bilan des caractéristiques thermiques des bâtiments ; des clichés thermographiques dressent un inventaire des pathologies récurrentes propres à la période de construction.
La troisième partie regroupe les enseignements tirés de huit opérations de réhabilitation menées à Paris ces dernières années.
La quatrième partie propose une méthode d'analyse globale applicable aux ensembles bâtis de la période 1945-1974.
En annexe se trouve le détail des analyses menées sur les 8 opérations qui ont servies dans cette étude.

Directrice de la publication : Dominique Alba
Étude réalisée par : Julien Bigorgne, François L'Hénaff
Sous la direction de : Christiane Blancot
Photos et illustrations : Apur sauf mention contraire
Maquette : Apur
www.apur.org

2015V2.1.1

Sommaire

Résumé 4

Introduction 5

1/ Évolution des modes constructifs 7

1.1 La production de logements durant les trente glorieuses en France 7

1.2 L'évolution du règlement d'urbanisme parisien 10

1.3 Implications de l'évolution réglementaire sur la performance énergétique des tissus nouvellement créés et existants 12

2/ Inventaire des questions thermiques 17

2.1 Ponts thermiques 17

2.1.1 Ponts thermiques et compacité 17

2.1.2 Ponts thermiques et structures 19

2.1.3 Ponts thermiques et second œuvre 21

2.2 Confort d'été 22

2.3 Systèmes 25

3/ Étude de 8 opérations de réhabilitation 31

3.1 Les améliorations de l'état du bâti et des performances énergétiques 32

3.1.1 Isolation Thermique Extérieures des façades et des toitures terrasses 32

3.1.2 Amélioration des installations techniques nécessaire à la production de l'Eau Chaude de Chauffage et Sanitaire 35

3.1.3 Optimisation des systèmes de ventilation 36

3.2 Gains effectifs constatés après travaux 36

4/ Stratégies de réhabilitation 37

4.1 Diagnostic 37

4.1.1 Éléments ne relevant pas explicitement de la thermique du bâtiment mais pouvant avoir une influence sur les choix en matière de réhabilitation 37

4.1.2 Éléments relevant explicitement de la thermique du bâtiment qui serviront à définir les choix en matière de réhabilitation 42

4.2 Rôle du maître d'œuvre 45

4.2.1 Stratégie d'intervention 45

4.2.2 Des diagnostics à l'élaboration du projet 46

5/ De la réhabilitation à l'adaptation au changement climatique 47

Remarques suite aux études de cas 51

Synthèse des bonnes pratiques 53

Annexes 55

25- 31 rue Boussingault/72-76 rue Vergniaud/78-84 rue Brillat-Savarin, 75013 57

5-9 Bd du Bois Le Prêtre/6 rue Pierre Rebière, 75017 63

65-71 rue Curial/2-10 rue G. Tessier/234-254 rue de Crimée, 75019 69

1-11 quai de Metz/48t-52 quai de la Marne/33-35 rue de Thionville, 75019 75

19-25 rue Mathis/26-34 rue Archereau, 75019 81

10-14 rue Julien Lacroix/76-96 rue des Couronnes/21-25 rue d'Eupatoria, 75020 87

55-57 rue Brillat-Savarin/26 rue de Rungis/49-53 rue Auguste Lançon, 75013 93

27- 27 bis rue de la Glacière, 75013 99

Sigles 105

Bibliographie 105

Résumé

L'après-guerre marque le début de la production industrielle du logement en France. Les bâtiments produits entre 1945 et 1974 à Paris ont généralement appliqué les nouveaux modes de fabrication alors émergents tel la préfabrication lourde, la préfabrication légère et le coffrage industriel. Ces bâtiments souffrent de pathologies intrinsèques, liées à leur conception et à leur réalisation en phase chantier. De façon schématique, on peut qualifier cette période comme étant celle de l'avènement du pont thermique dans la construction.

Outre les pathologies thermiques liées à l'enveloppe, les systèmes de chauffage, généralement collectifs, affichent des consommations très élevées qui posent de nombreuses difficultés à une époque où la contrainte carbone devient pressante.

Si les diagnostics thermiques permettent une appréciation des problèmes à traiter, les opérations de réhabilitations thermiques sont souvent l'occasion d'une intervention au sens large qui ambitionne une amélioration de l'habitat et des espaces libres avoisinants. L'analyse des usages du bâtiment renseigne généralement bien sur les dysfonctionnements et les attentes des occupants vis-à-vis des programmes de réhabilitation. L'analyse de la qualité architecturale des édifices est elle aussi une préoccupation essentielle : dans certains cas les bâtiments possèdent une architecture dont la préservation s'impose d'elle-même et dans d'autre une latitude plus grande est offerte lors des opérations qui sera l'occasion d'une refonte globale du bâtiment et la création d'une nouvelle architecture.

Introduction

Comment aborder la question de la réhabilitation d'ensembles de bureaux et de logements construits il y a plusieurs décennies à une époque où la question de l'énergie se posait bien différemment ?

Les trente années qui suivent la fin de la deuxième guerre mondiale sont des années d'intense construction en France. Les solutions constructives adoptées alors considèrent la contrainte énergétique comme une donnée de second ordre, elle n'est jamais un facteur limitant ou dimensionnant de la construction. Ce moment est totalement unique dans l'histoire de la construction. On le perçoit aujourd'hui comme un contexte à l'exact opposé des préoccupations actuelles pour lesquelles la limitation de la pression de l'homme sur son environnement est capitale. Le moment d'euphorie constructive qui anime l'après-guerre s'arrête brutalement en 1974 avec le premier choc pétrolier. Nous bornerons notre étude à cette date de 1974 en faisant l'impasse sur la question particulière des immeubles de grande hauteur (IGH) qui nécessiterait un développement spécifique. Nous bornerons aussi notre analyse à l'architecture dite « ordinaire », nous ne traiterons pas des bâtiments dits « exceptionnels » de cette période même s'ils constituent souvent des modèles qui servent de guide à la compréhension de l'architecture ordinaire.

Le recul historique et la préoccupation légitime de l'époque actuelle pour les questions énergétiques nous font juger parfois avec sévérité ces bâtiments qui appartiennent à une époque totalement différente de la nôtre. Les qualificatifs d'« épaves thermiques » ou de « passoires thermiques » sont souvent associés aux bâtiments de la reconstruction, néanmoins les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre ont à traiter sur le terrain de cas pratiques qui révèlent une assez grande complexité, ils rencontrent des cas venant confirmer ces assertions mais aussi des cas qui les contredisent. Cette période de construction est sûrement l'une des plus complexes à aborder, en raison de la profusion des techniques constructives qu'elle a produites.

Posséder une vision globale de la question de la réhabilitation de ces ensembles n'est pas chose aisée car cette période a produit une grande diversité de bâtiments aux performances thermiques très variables.
Dans la première partie de cette étude, nous nous efforçons tout d'abord d'en dresser l'inventaire. Il ne concerne que Paris et montre que le contexte parisien est très différent de celui de la banlieue car ces ensembles bâtis de l'après-guerre ont dû trouver leur place dans des tissus urbains déjà constitués. La question de la cohabitation de ce bâti avec celui d'avant-guerre est une question essentielle lorsqu'il s'agit d'apprécier la performance énergétique. Cette question est spécifique à Paris, à son histoire et à son règlement urbain, elle a peu d'équivalents en banlieue.
Dans la seconde partie, nous analysons huit cas particuliers de réhabilitation thermique pour appréhender les manières de faire sur ce type de bâtiment, d'en comprendre les bonnes pratiques et d'en apprécier les limites au regard des exigences d'une adaptation de Paris au changement climatique qui est devant nous.

1/ Évolution des modes constructifs

Les techniques de construction et les règles d'implantation des bâtiments de l'après-guerre ont des répercussions fortes en matière de performance énergétique. La période 1945-1974 va faire régresser de façon conséquente la performance thermique des logements. Cette régression prend fin en 1974 avec le choc pétrolier.

1.1 La production de logements durant les trente glorieuses en France

La France de l'après-guerre doit faire face une pénurie sans précédent de logements. Des villes entières ont été rasées, la reconstruction doit relever un défi inédit pour le secteur du bâtiment : construire en un temps record des millions de logements. Si la question se pose de façon inédite, elle n'est malheureusement pas nouvelle. La France a pris du retard dès la fin de la première guerre mondiale, la production de logements entre-deux-guerres y est nettement plus faible qu'en Angleterre ou en Allemagne[1]. La France avait donc déjà un certain retard et faisait déjà face à une crise du logement avant la 2e guerre mondiale. Au sortir de la guerre, l'État intervient et tente de réorganiser totalement le secteur du bâtiment[2].

L'architecture savante de l'entre-deux-guerres a théorisé la question de la ville moderne. Ces théories se basent avant tout sur le rejet de la ville existante, jugée insalubre. Le programme de la ville moderne, qui est formalisé lors de la Charte d'Athènes de 1933 et qui est repris par la politique de la reconstruction en France après-guerre, se base notamment sur une segmentation verticale de l'espace. Les fonctions d'habitat, de travail, de circulation automobile et de loisirs sont parfaitement compartimentées. La ville moderne vise à faire renouer l'homme avec la nature en prônant la création de nombreux espaces verts et à permettre à l'homme de vivre dans un habitat sain suffisamment aéré et ensoleillé. Dans la doctrine de la ville moderne, la ville sera à adapter aux déplacements de grande vitesse permis par l'automobile, la taille des îlots augmente. Cette vision de l'architecture et de l'urbanisme est fortement mise à contribution dans les différentes opérations de la reconstruction. L'importance des programmes remet en cause le découpage foncier existant basé sur la parcelle, qui doit donc être abrogé.

Avant de dresser un rapide panorama de l'évolution des techniques constructives, qui sera notre principal sujet de préoccupation dans l'appréciation des problèmes thermiques posés par les bâtiments, revenons tout d'abord au constat réalisé par l'État au sortir de la guerre : le secteur traditionnel du bâtiment n'est pas à même de répondre aux défis de la reconstruction, il faut le réformer. Il est jugé beaucoup trop épars car il est représenté par une masse trop importante de petites entreprises de bâtiment qui ne maîtrisent pas les techniques de construction modernes. Les techniques constructives sont à elles seules un sujet de préoccupation fort de l'État qui inscrit le renouveau des professions du bâtiment dans l'innovation constructive. Ainsi de nombreux concours sont lancés par l'État afin d'accélérer la reconstruction. Les réponses doivent impérativement intégrer des propositions de techniques innovantes. Ainsi dans les années 1950, les ingénieurs développent des systèmes de parpaings et de coffrage. On est dans la période dite du « traditionnel évolué » symbolisé par le style « MRU » (« Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme »), le modèle de construction est toujours basé sur une ossature en béton armé, il est quelque peu rationalisé par ces avancées techniques, mais il ne représente pas la rupture technologique attendue. D'ailleurs le rythme de la reconstruction est toujours insuffisant au début des années 1950, comme en témoigne le chantier du Havre qui est vécu par les autorités comme interminable, dont la valeur d'exemple sera vite abandonnée.

Logement de l'immédiat après-guerre. Style « MRU ».

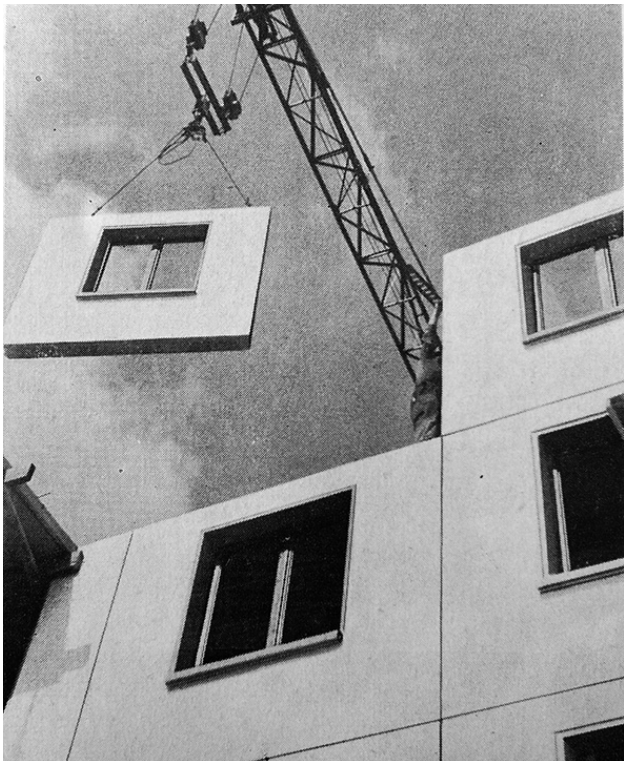
1 – De 1919 à 1925, on construit 18 707 logements en France alors qu'en Allemagne on en construit 808 000, en Angleterre 654 115 et en Belgique 152 000 (Source : Gilles Ragot, conférence à la Cité de Chaillot en 2011).

2 – Cette attitude interventionniste se retrouve dans tous les secteurs décisifs pour la reconstruction du pays et passe notamment par la nationalisation de secteurs stratégiques comme ceux du gaz ou de l'électricité.

Cette période des années 1950 voit aussi l'émergence d'un procédé totalement novateur celui de la préfabrication lourde. Elle est notamment initiée par le procédé Camus en France qui est employé pour la première fois à Orléans. Cette technique marque une rupture dans l'industrie du bâtiment. Le principe constructif est de préfabriquer tous les éléments nécessaires à l'édification du bâtiment en usine, les chantiers se résumant alors à un simple lieu d'assemblage des modules préfabriqués.

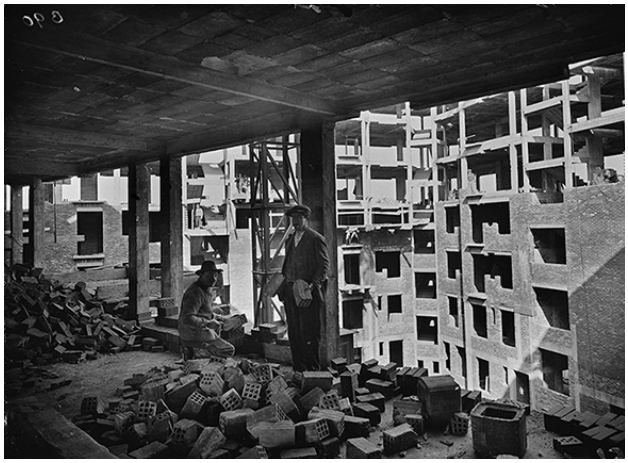
La préfabrication lourde est un moment important de l'histoire de la reconstruction, il est le moment où le rôle des acteurs de la construction est complètement redéfini, notamment celui des architectes. Dans cette nouvelle conception du bâtiment, le « modèle industriel », voulu par l'État, sur le modèle du taylorisme, mettra les métiers de l'ingénierie en avant.

Si certains rétorquent que la préfabrication a toujours existé en architecture, c'est bien la taille des éléments préfabriqués qui fait que la construction change complètement de nature. Ici des panneaux d'une hauteur d'étage préfabriqués incorporent en usine tout le second œuvre (parements, canalisations, etc.), ce qui réduit considérablement le temps passé sur le chantier qui devient un simple lieu d'assemblage. Ce procédé est fortement critiqué pour des questions esthétiques mais aussi parce qu'il continue à mettre en œuvre des bâtiments de petites tailles.
Ce qui pose problème en réalité dans les premiers moments de la préfabrication lourde c'est son manque de souplesse. Comme la logique tayloriste est poussée à l'extrême il n'existe aucune souplesse dans la mise en œuvre, et dans l'écriture architecturale, aucune possibilité d'adapter la production de logements aux exigences d'un programme précis.
Afin de répondre à toutes ces critiques, le procédé évolue dans les années 1950 grâce à l'usage des coffrages outils qui marquent le retour des ouvriers sur le chantier. Le coffrage outil permet de couler sur place certains éléments du bâtiment, et lorsqu'on le couple à la préfabrication lourde on atteint une souplesse dans la définition du plan du bâtiment qui faisait défaut à la seule préfabrication. Ainsi le refend porteur devient la règle, les modules préfabriqués sont employés soit en façade soit en refend, le coffrage des éléments non préfabriqués permet de s'adapter aux exigences de chaque programme.
Si l'impasse architecturale des premiers moments de la préfabrication semble avoir été dépassée, de nombreux problèmes d'ententes entre architectes et ingénieurs vont naître à nouveau. La préfabrication et le coffrage ne permettent plus la mise en scène de la structure porteuse en façade qui est recherchée par beaucoup d'architectes. Certains architectes renoncent à la mise en scène de la structure porteuse et se tournent, suivant les conseils des ingénieurs, vers une architecture toute en surface sans lignes horizontales ni verticales recouvertes de modules préfabriqués, d'autres architectes exigent que des



Procédé de préfabrication lourde Technove.
In : Techniques et Architecture, 25e série, n° 4, mai-juin 1965.

Changement d'ordre de grandeur de la taille des matériaux de préfabrication : de la brique de remplissage d'avant-guerre aux panneaux lourds de la reconstruction.



© Louis Laurent / Cinémathèque Robert-Lynen / Roger-Viollet

Remplissage de l'ossature d'une HBM en briques creuses par des maçons. Paris.
Source : Attribuée à Louis Laurent (né en 1884), 1930.

Photo: Baranger – www.larchitecturedaujourdhui.fr

Remplissage d'une ossature par des éléments préfabriqués par des ouvriers. Boulogne Billancourt.
In : L'Architecture d'Aujourd'hui, n° 36 l'équipement de l'habitation, août 1951.

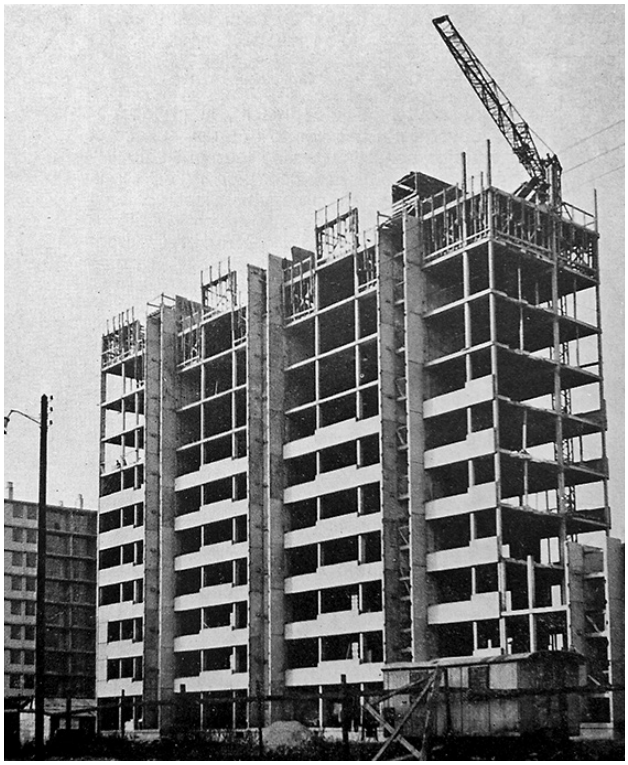


Photo : Etienne Hubert

Éléments de façade préfabriqués en béton armé sur ossature. Clichy (1956)
In : techniques & Architecture, 25e série n° 4, mai-juin 1965.

Préfabrication légère.
Immeuble d'activités rue Abel Hovelacque (75013).

bandeaux ou des poteaux factices soient employés. Ce moment est essentiel car il marque la rupture définitive entre la structure porteuse qui est l'affaire de l'ingénieur, et l'épiderme du bâtiment qui est le domaine de l'architecte. Outre la régression importante du rôle de l'architecte qui est constatée à ce moment-là, la leçon essentielle est qu'**il devient dès lors impossible d'associer l'écriture de la façade** à un quelconque **type constructif**, il n'y a plus de lien entre l'aspect du bâtiment et sa structure porteuse.

Deux autres types constructifs doivent être abordés pour conclure : la préfabrication légère et le coffrage tunnel. La préfabrication légère désigne des panneaux légers, donc facilement manipulables, qui viennent habiller une structure.

Ces panneaux ont été popularisés par « Jean Prouvé », ils ont commencé à être très employés à la fin des années 1950 dans le tertiaire, puis dans le logement. Leur robustesse a vite été remise en cause : défauts d'étanchéité, problèmes de joints, inconfort climatique dans les locaux, etc. On a souvent comparé ces modules à de simples tôles de carrosseries automobiles, cette analogie illustre encore l'influence de l'automobile qui a façonné aussi bien l'organisation des villes que la conception des bâtiments. Enfin, les années 1960 voient émerger la technique dite du coffrage tunnel. Cette technique consiste à couler d'un seul tenant une dalle et ses deux refends. La construction est nettement accélérée par ce biais au détriment du plan des logements qui a tendance à se figer via ce procédé. Notons que les loggias deviennent de plus en plus répandues aux dépens des balcons car le coffrage tunnel permet très simplement leur mise en œuvre.
Jusqu'en 1974 coexisteront un ensemble de techniques constructives : préfabrication lourde, préfabrication légère, ossature, coffrage. Les maîtres d'œuvre auront la latitude de faire appel à toutes ces techniques en les combinant selon les exigences du programme.

Durant toute la période 1945-1974, les métiers du bâtiment évoluent fortement et on assiste notamment à une redéfinition du rôle des architectes et des ingénieurs dans la conception qui se matérialise par une architecture dans laquelle l'aspect du bâtiment peut être sans rapport avec les techniques constructives qui ont permis son édification. Après-guerre, les nombreuses possibilités offertes par le béton armé sont mises à profit et donnent aux architectes une grande latitude dans la conception des bâtiments. S'il est impossible de dresser

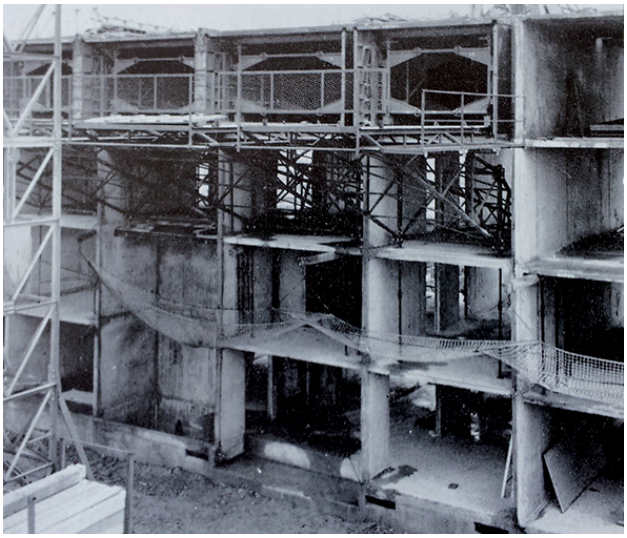


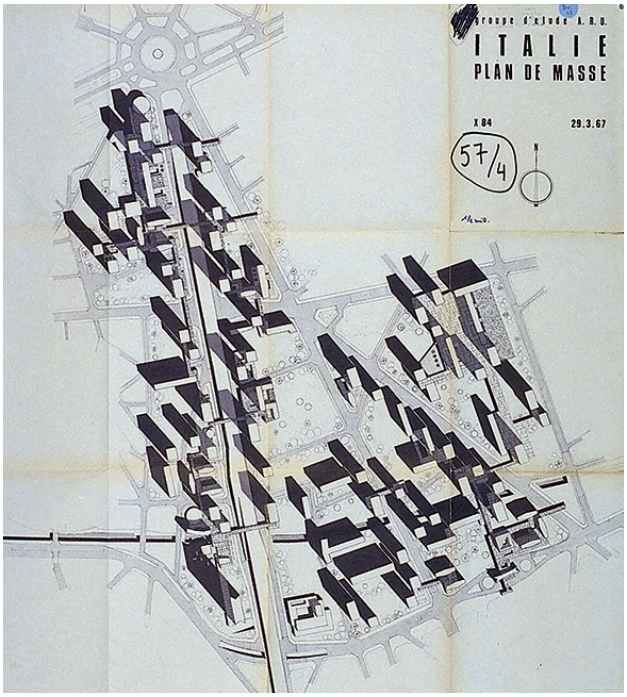
Photo : G. Guillat

Coffrage tunnel Tracoba.
In : techniques & Architecture, 25e série n° 4, mai-juin 1965.

une typologie architecturale, pour les raisons que nous avons invoquées concernant la dissociation entre types constructifs et écriture des façades, il est par contre possible de lister de façon non exhaustive une série d'éléments récurrents de la composition architecturale. L'écriture architecturale se comprend alors comme une combinatoire plus ou moins savante d'éléments marquants : balcons, loggias, pierre massive ou agrafée, module de préfabrication lourde ou légère, ossature apparente, etc.

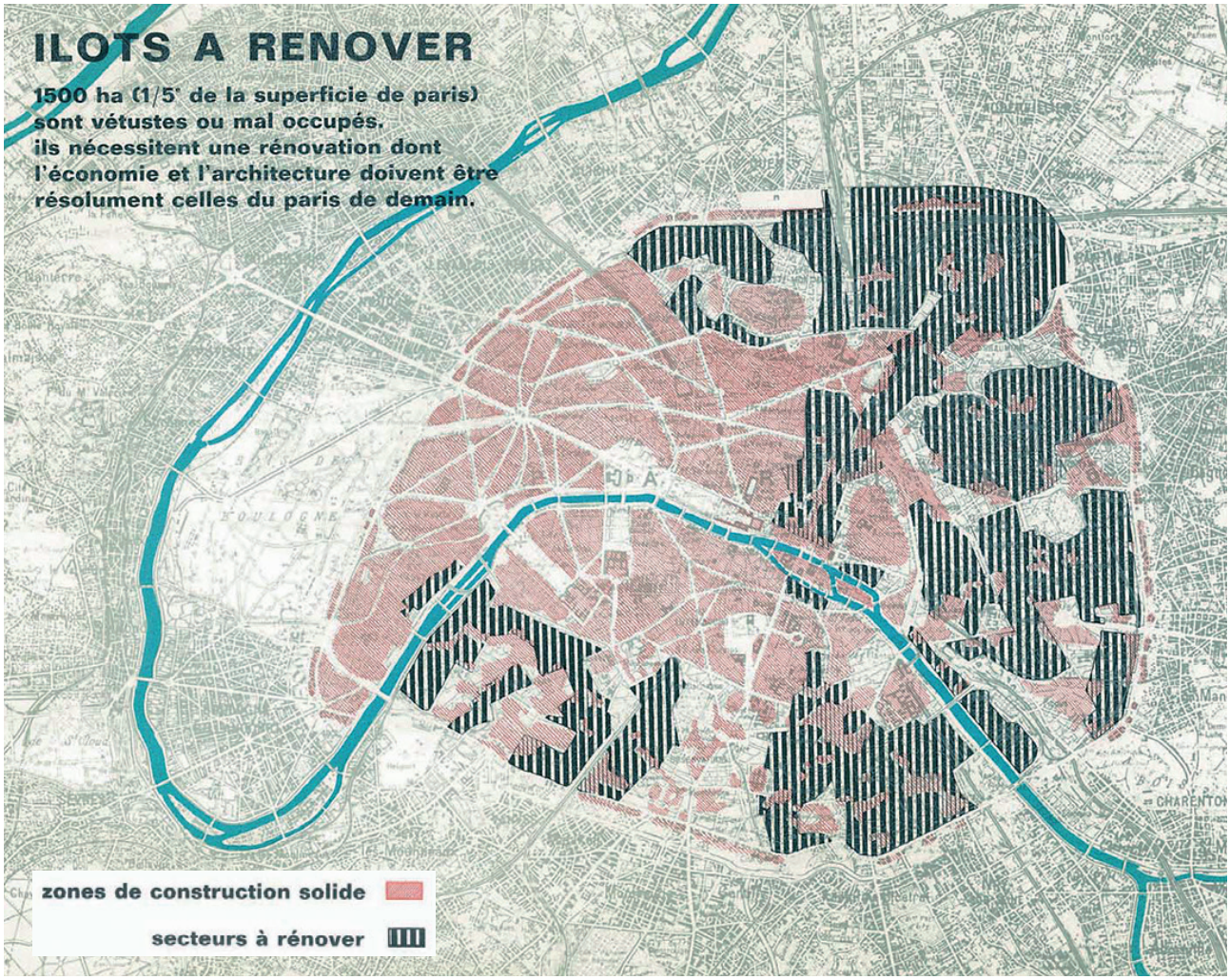
1.2 L'évolution du règlement d'urbanisme parisien

Paris a largement échappé aux bombardements de la 2e guerre mondiale, la question de sa reconstruction ne s'est donc pas posée. Il n'en reste pas moins que la situation du logement y est critique au sortir de la 2e guerre mondiale et que les opérations de constructions de la ceinture HBM d'avant-guerre n'ont pas suffi à résorber la crise du logement qui sévit depuis la 1re guerre mondiale. Les préceptes de la ville ancienne sont fortement remis en cause par les tenants



© Apur

Sur la base du PUD (Plan d'Urbanisme Directeur), mis en œuvre à partir de 1959, des plans d'urbanisme de détail sont élaborés. Secteur Italie. Projet d'aménagement 1968.



Carte des îlots à rénover. Essai de mise en valeur de l'espace parisien, centre de documentation et d'urbanisme, 1964.

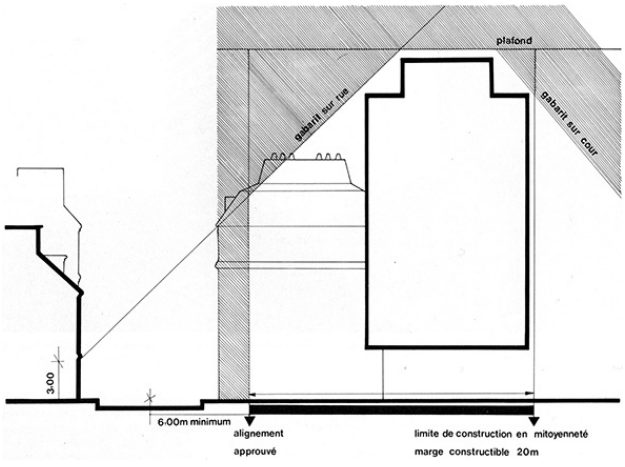
de l'architecture moderne et de son urbanisme. Paris est alors vu comme une ville vétuste qu'il faut moderniser. Il s'agit tout d'abord de traiter la question des îlots insalubres qui avaient été répertoriés dès la fin du XIXe siècle. La rénovation est aussi étendue aux îlots ou parcelles « mal utilisés ». D'autres secteurs sont ainsi intégrés à la politique de rénovation qui programme la démolition et la reconstruction totale des îlots sur la base d'un plan-masse global.

Si dans les années 1950, la France est un terrain d'expérimentation des nouvelles techniques de construction, Paris fait largement exception. Deux systèmes cohabitent : avec d'un côté les programmes de logements sociaux qui appliquent effectivement la volonté de l'État en matière d'architecture et d'urbanisme, et d'un autre côté une architecture de standing qui relève de la promotion privée et qui reste très peu disposée à expérimenter et à produire selon les techniques constructives dites « modernes » du moment.

Au début des années 1950, l'immeuble de standing est le successeur de l'immeuble de l'entre-deux-guerres en pierre et béton armé, lui-même successeur de l'immeuble bourgeois haussmannien. Dans les années 1950, on observe plutôt une continuité dans la conception de l'immeuble parisien, voire un aboutissement. Ainsi l'immeuble de standing des années 1950 reprend les principes constructifs de l'entre-deux-guerres comme l'ossature et le coffrage. Toujours dans la continuité des modèles précédents, l'immeuble de standing fait un emploi intense de la pierre, qui reste un marqueur social fort[3]. Cet immeuble de standing est souvent constitué de gradins comme le règlement le permet. Il est souvent inséré en mitoyenneté dans des îlots existants anciens, à l'alignement ou marquant un retrait, en particulier pour les voies de moins de 12 m.
À partir de 1959, un nouveau règlement d'urbanisme est élaboré qui permet de réaliser des immeubles non mitoyens et non alignés sur rue. Le PUD (Plan d'Urbanisme Directeur) est adopté en 1967, il encourage fortement le retrait d'alignement en offrant par ce biais des gains de constructibilité.

Le logement parisien privé vit la décennie 1950 en parfaite continuité avec l'entre-deux-guerres sans rupture particulière, ni constructive ni urbaine. Les logements ainsi produits sont souvent de qualité et intègrent un certain nombre de dispositifs modernes visant à assurer le confort des occupants. L'isolation thermique et la contre cloison sont généralement employées (même si la réglementation n'impose rien à cette époque). Du point de vue thermique, les pathologies que génèrent ces bâtiments sont moins évidentes que dans les programmes de préfabrication hâtifs qui, eux, s'annoncent rapidement comme des cas problématiques. Il faut attendre les années 1960 pour que les techniques constructives expérimentées depuis une dizaine d'années en banlieue ou dans le reste de la France fassent une percée significative dans l'habitat privé.

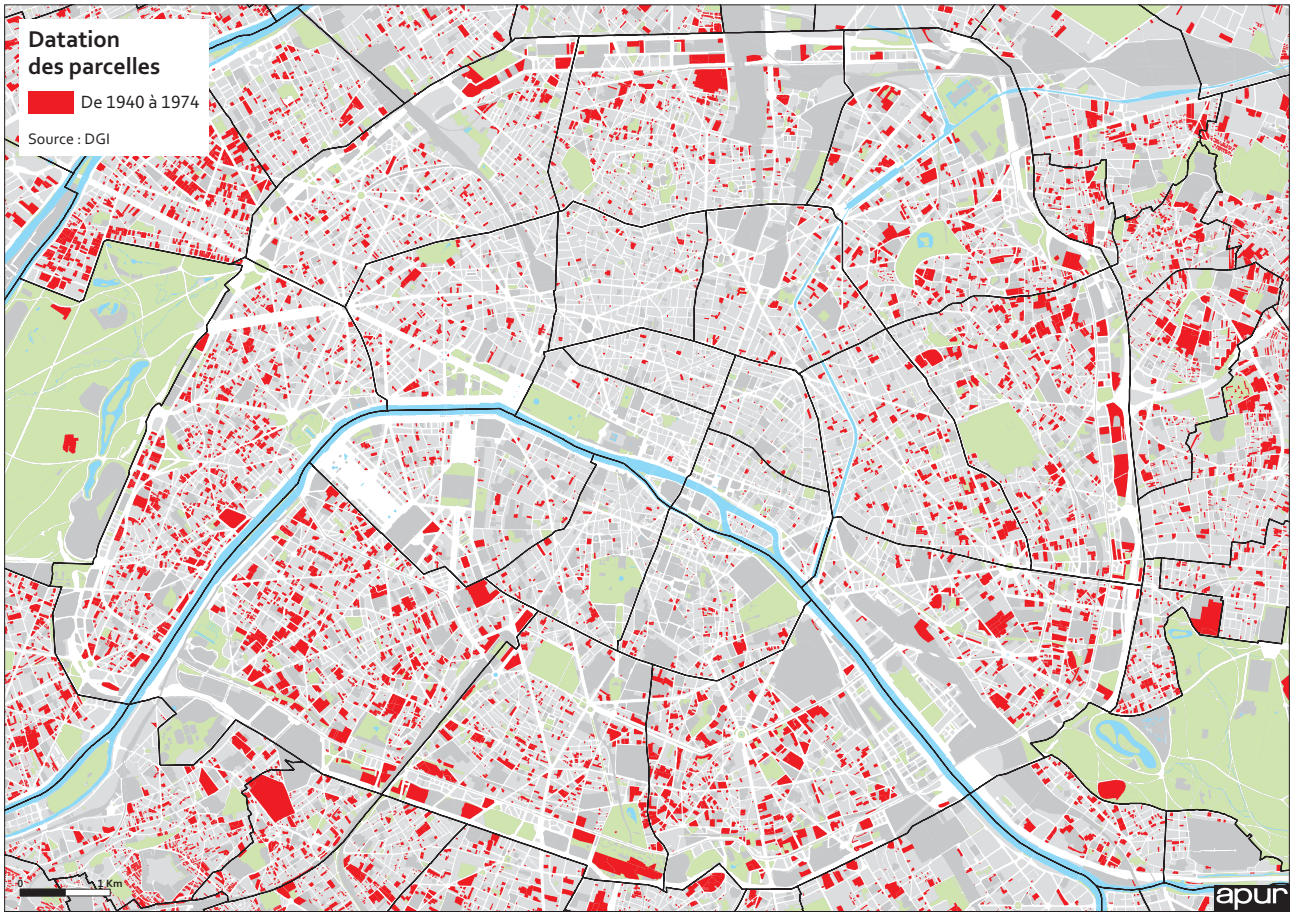
Immeuble de « standing ». Rue Manin (75019).



© Apur

« Le schéma ci-dessus montre par un exemple théorique que la combinaison des diverses dispositions du règlement d'urbanisme de 1967 incite de manière générale le constructeur, pour exploiter au maximum les hauteurs-plafonds assez généreuses qui étaient fixées et dans la limite du respect du Coefficient d'Utilisation du Sol (C.U.S.), à implanter son bâtiment en retrait par rapport au tracé de la rue existante, au-delà même des alignements de voirie. Ainsi, les discontinuités en plan et les contrastes de gabarit vis-à-vis de l'environnement se trouvent-ils conjugués et conditionnés l'un par l'autre ».
Extrait de : Paris Projet numéro 13/14, 1975.

3 – La pierre est aussi employée aussi dans les programmes de logements sociaux qui veulent affirmer une certaine qualité de l'habitat.



Datation des parcelles parisiennes d'après Direction Générale des Impôts (2009).

1.3 Implications de l'évolution réglementaire sur la performance énergétique des tissus nouvellement créés et existants

Les plans-masses adoptés après-guerre évoluent fortement entre 1945 et 1974. Dans les années 1950, les bâtiments sont encore implantés avec une prise en compte des tissus existants alentour. La mitoyenneté est encore pratiquée ainsi que l'alignement. Dans les années 1960, l'implantation de nouveaux programmes dans des îlots préexistants se fait en spéculant sur la démolition future des bâtiments anciens, ainsi aucune mitoyenneté n'est envisagée et les règles de prospect vis-à-vis des bâtiments voués à la démolition ne sont pas appliquées. La perte de mitoyenneté se traduit pour le bâti existant par une pérennisation des murs pignons aveugles et donc par des consommations d'énergies en hausse. Ainsi les nouveaux bâtiments, qui sont eux-mêmes de conception énergivore, impactent les consommations énergétiques de leurs proches voisins.

Dans les années 1970, l'usage de dalles et de tours va dans le sens d'une aggravation sévère des consommations énergétiques. La tour émerge au-dessus de la ville existante, elle échappe au vélum et s'expose de fait aux aléas climatiques. Les espaces intérieurs nécessitent une régulation thermique très importante : en hiver la tour est très exposée au vent, au rayonnement froid, et en été elle capte l'énergie solaire sans capacité de rafraîchissement naturel. Ainsi les consommations de chauffage et de climatisation atteignent dans ces édifices des niveaux jamais égalés.

Mitoyenneté des bâtiments de l'après-guerre édifiés dans des tissus existants

1940

Alignement (poursuite de la pratique de la mitoyenneté)

1. 1948 – 12 Rue Abel Hovelacque (75013)
2. 1959 – 16 Rue Guyton de Morveau (75013)
3. 1962 – 18 rue Berthollet (75005)
4. 1970 – Bd Jules Ferry (75011)
5. 1970 – 69 Rue Lecourbe (75015)
6. 1970 – 208 Rue de Vaugirard (75015)

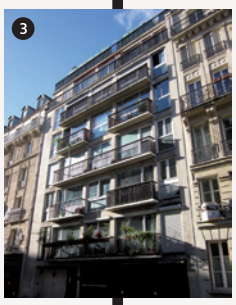
1950 **Règlement provisoire**

Retrait de 1 à 3 mètres par rapport à l'alignement existant afin de s'implanter à au moins 6m de l'axe de la voie

Prise en compte du prospect réel dans le calcul de la hauteur du bâtiment. Le retrait par rapport à l'espace public est ainsi encouragé

Sur certaines grandes radiales un retrait prononcé de l'implantation du bâtiment par rapport à l'alignement est obligatoire afin de préparer un futur élargissement

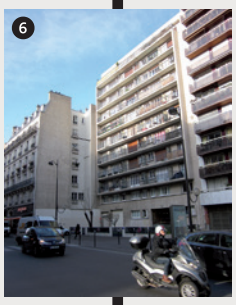
1961 **Application anticipée du PUD**



Les retraits d'alignements conséquents sont constatés (ex : 12m).
Ainsi la perte de mitoyenneté se traduit pour le bâti existant par des déperditions supplémentaires puisque des murs en attente de mitoyenneté reste à découvert.

(1967) **Vote du PUD**

Lorsque les bâtiments donnent sur de larges espaces non bâtis (canaux, parcs, boulevards, etc.), l'alignement peut être conservé tout en construisant plus haut.



1977 **POS**

Performance énergétique intrinsèque des tissus existants.
Elle est amenée à baisser par abandon progressif de la mitoyenneté.

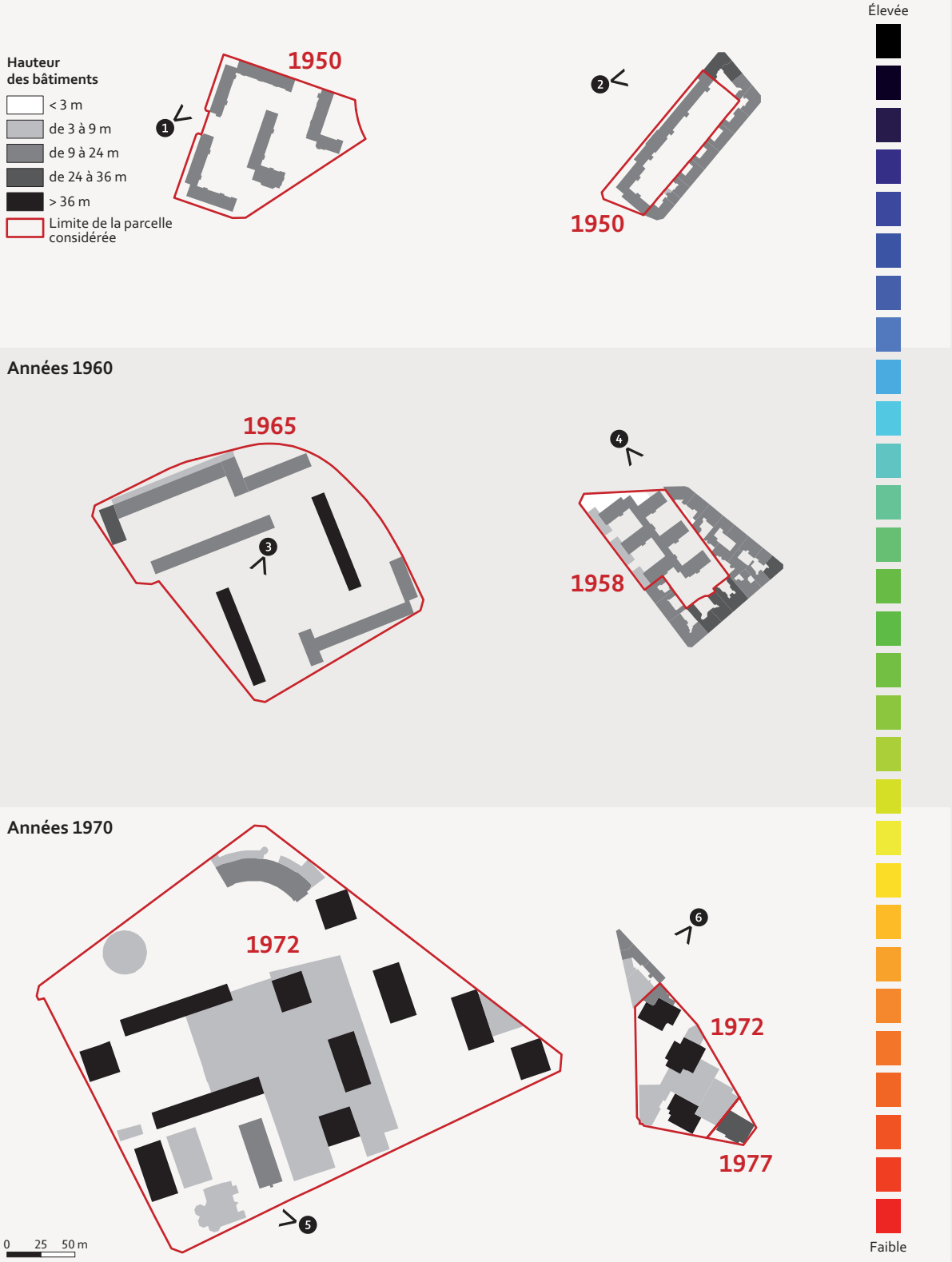
Évolution des formes urbaines des parcelles de grandes dimensions de l'après-guerre

Performance énergétique intrinsèque des tissus créés. Elle baisse au fil du temps suite à l'emploi de volumes complexes et peu mitoyens

Années 1950

« Parcelles ilots »

Parcelles insérées dans des ilots existants



Évolution des formes urbaines des parcelles de grandes dimensions de l'après-guerre

Années 1950

Boulevard Brune
(75014)

Rue de Gravelle
(75012)

❶ L'implantation des bâtiments de l'immédiat après guerre adopte des formes similaires à celles des HBM . Les ilots sont dits « semi ouverts », l'implantation à l'alignement de la rue est partiellement conservée. La taille des bâtiments est elle aussi semblable à celle des HBM (R+6+C)

❷ L'implantation dans les tissus existants se fait dans la continuité de la bordure de l'îlot. Le bâtiment s'implante en mitoyenneté du bâti existant avec un léger retrait d'alignement. L'îlot est ainsi achevé sur le modèle de l'ilot fermé.

Années 1960

Ilot Julien Lacroix
(75020)

Rue Desnouettes
(75015)

❸ Les programmes appliquent le principe du plan masse libre. Les bâtiments sont généralement des barres et des tours dont l'implantation se fait sans prise en compte du réseau viaire avoisinant. Les bâtiments s'implantent souvent de façon orthogonale les uns par rapport aux autres en adoptant des prospects généreux par une implantation décalée. La hauteur des bâtiments augmente par rapport à période précédente. La densité verticale est adoptée afin de créer de grands espaces verts dans les îlots.

❹ Dans les îlots constitués les nouveaux programmes s'implantent en faisant abstraction totale du cadre bâti existant. Le cadre réglementaire a ainsi basculé de la nécessaire prise en compte du bâti existant à une position de rejet forte qui mise sur la disparition des fragments de ville anciennes qui subsistent dans les ilots à rénover. La perte de mitoyenneté se traduit pour le bâti existant par des consommations d'énergies excessives dues à la multiplication des murs aveugles découverts créés par le refus de mitoyenneté des nouveaux programmes.

Années 1970

Avenue de Choisy
(75013)

❺ L'aboutissement de la logique de séparation des fonctions au sein de la ville moderne se traduit par des constructions de grandes hauteurs et l'usage de dalles dans des îlots de grandes dimensions. Les consommations d'énergies sont démultipliées dans ces nouvelles formes de construction qui, en échappant à la logique du canyon urbain, se retrouvent soumises de façon plus directe aux aléas climatiques, ce qui nécessite une régulation thermique en hiver et en été.

Rue de l'Amiral Mouchez
(75014)

❻ Toujours dans la même logique, l'implantation se fait sans considération pour les formes préexistantes. On assiste alors à l'apparition d'un très net décalage d'échelle entre la très grande hauteur et le bâti existant dans un même îlot.

2/ Inventaire des questions thermiques

La grande diversité des procédés constructifs de l'après-guerre marque fortement la performance thermique des édifices. Si un inventaire exhaustif des situations rencontrées n'est pas possible tant elles sont multiples, on a regroupé sous forme de petits paragraphes les thèmes récurrents qui occupent les efforts de réhabilitation. Des clichés thermographiques sont proposés pour illustrer ces thèmes et permettre leur compréhension qualitative, ce qui est particulièrement utile pour la question des ponts thermiques car le cliché permet de visualiser la pathologie. Les clichés thermographiques sont pris depuis l'extérieur du bâtiment ou depuis l'intérieur des logements et le dégradé de couleur correspond à l'échelle de température. Ils sont traités et recadrés soigneusement afin de coller aux besoins de l'étude, les échelles de température ont été retirées afin de faciliter la lecture. Ici une lecture qualitative est suffisante pour interpréter les clichés. Lorsqu'ils sont pris depuis l'extérieur du bâtiment, le rouge indique généralement une anomalie thermique, pris depuis l'intérieur, c'est le bleu qui indique l'anomalie.

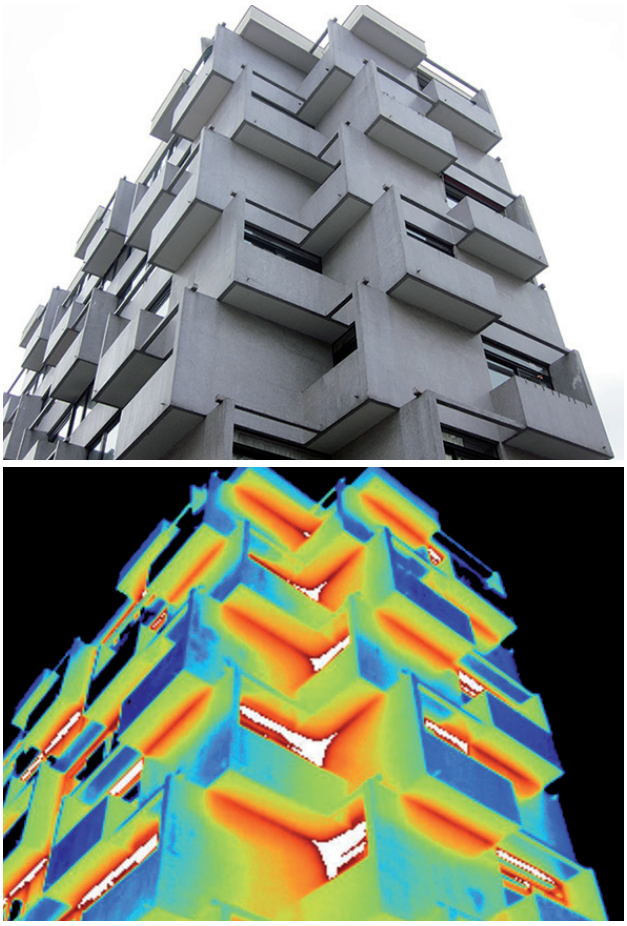
Les thèmes abordés sont regroupés en trois grandes familles :
- ponts thermiques (hiver) :
  - liés à la compacité (architecture combinatoire, héliothermisme, gradins),
  - structurels (balcons, loggias, pilotis),
  - liés au second œuvre (huisseries, pierre agrafée, façades vitrées) ;
- confort d'été : occultations, façades vitrées ;
- systèmes : contre-cloisons, ventilations, émetteurs, planchers chauffants, eau chaude sanitaire.

2.1 Ponts thermiques

2.1.1 Ponts thermiques et compacité

Architecture combinatoire

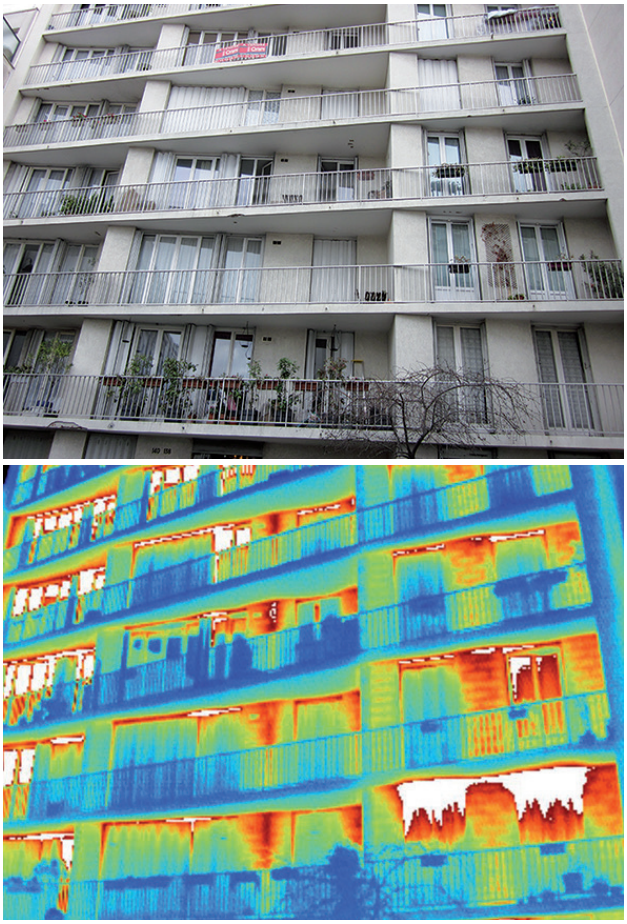
Préconisée par l'architecture contemporaine, la forme de bâtiment qui s'est le mieux prêtée à la taylorisation de la construction a été le parallélépipède. Néanmoins la monotonie des productions de masse a encouragé certains architectes à proposer des formes plus complexes alimentées par un besoin de rupture avec la forme ultra-simpliste du parallélépipède.
Ainsi, les tenants de l'architecture « combinatoire » proposent des formes nouvelles de bâtiments. L'ingéniosité du dispositif est qu'il n'opère pas de rupture avec le modèle de préfabrication industrielle. C'est l'agencement des éléments préfabriqués qui est atypique. Cette architecture toute en volume est très représentée à Paris y compris dans l'architecture « ordinaire ». Cette rupture avec la compacité de la barre ou de la tour n'est pas sans contrepartie d'un point de vue thermique puisque les ponts thermiques ainsi produits seront relativement complexes, voire impossibles à traiter lors d'opérations de réhabilitation. Notons de plus que la multiplication des étanchéités sera pathologique et rend l'entretien de ces bâtiments onéreux.



Rue Barrault (75013). Architectes : Roger Anger et Pierre Puccinelli

« Héliothermisme »

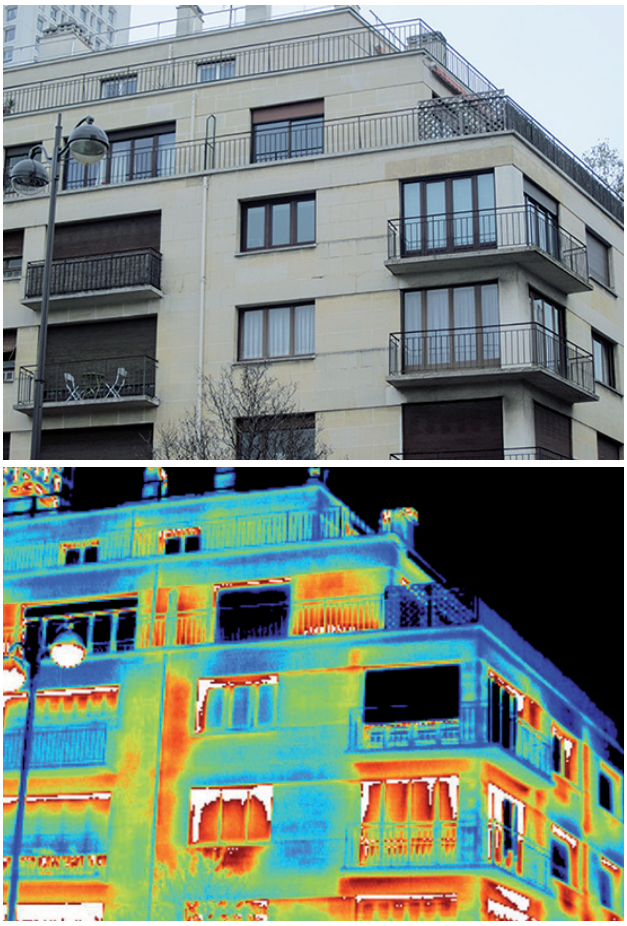
L'autre type de rupture avec le modèle de parallélépipède provient de l'architecture « héliothermique ». Initialement l'architecture « héliothermique » consiste simplement à orienter les barres selon un axe nord/sud décalé de 20° vers l'est, cet axe étant considéré par les théoriciens de l'architecture moderne comme l'axe le plus vertueux pour assurer le confort de l'habitat. Ainsi nombre d'opérations de la reconstruction suivent cet axe privilégié. Si la justification de cet « axe héliothermique » s'est révélée a posteriori totalement erronée, l'influence de cette théorie eut de nombreuses répercussions dans la conception des bâtiments de l'après-guerre, y compris dans le cas de bâtiments édifiés entre deux mitoyens. En effet, à Paris, le respect de l'alignement et de la mitoyenneté reste souvent une contrainte forte qui interdit d'opter pour l'orientation héliothermique. La réponse architecturale à cette difficulté consiste à marquer l'alignement par un balcon et à incliner le plan des logements par rapport à cet axe. Cette configuration est très courante dans Paris, mais elle doit être plus lue comme un effet stylistique qu'une volonté de respecter à tout prix l'axe héliothermique. Notons que cette disposition des logements permet de traiter efficacement la séparation des balcons entre deux appartements contigus, néanmoins cette disposition est fortement créatrice de ponts thermiques à cause des redans qu'elle génère. Les opérations de réhabilitation de type isolation extérieure sont ici très complexes à mettre en œuvre.



Rue de Crimée (75019).

Gradins

Si le modèle de la barre et de la tour est revendiqué par le MRU, le règlement d'urbanisme de Paris tarde à favoriser son application. Ainsi le règlement provisoire de 1950 continue de préconiser l'alignement, la verticale du gabarit étant assujettie à la largeur de la voie, le plafond pouvant être atteint grâce à un système de gradins. Les bâtiments à gradins sont donc très largement employés dans les années 1950. La multiplication des terrasses inhérentes au système de gradins impacte la performance énergétique des édifices (multiplication des ponts thermiques d'acrotères, problèmes d'étanchéité, etc.)

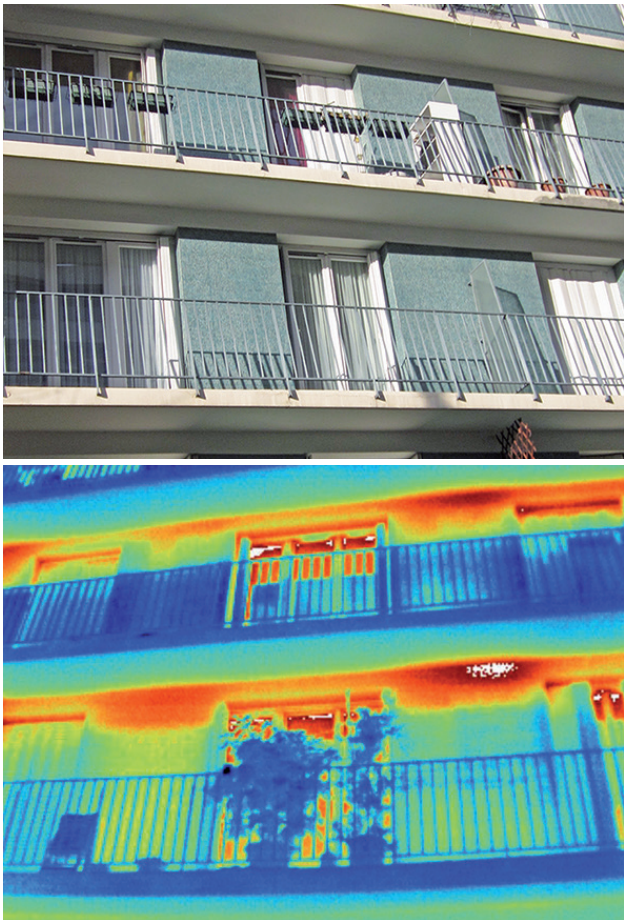


Immeuble à gradins des années 1950 (75013).

2.1.2 Ponts thermiques et structures

Balcons

Les balcons font partie de l'écriture architecturale parisienne. Ils ont été largement employés dans l'habitat bourgeois depuis le milieu du XIXe siècle. Leur fonction est alors essentiellement ornementale et permet de marquer la division verticale des registres des bâtiments. Ces saillies sont alors faibles, ce qui les cantonne à de la simple ornementation (la taille des saillies vaut environ 1,5 fois l'épaisseur du mur soit environ 80 cm). Après guerre, le béton armé permet de réaliser des balcons aux saillies plus importantes. L'usage des balcons permet donc d'offrir aux occupants un complément d'espace. Les balcons sont alors conçus comme le prolongement de la structure en béton armé, et représentent donc d'importants ponts thermiques. Les balcons sont soit coulés en même temps que la structure, soit ce sont des éléments préfabriqués en usine qui sont accrochés à la structure.
Les ponts thermiques créés par les balcons sont difficilement traitables en isolation extérieure, leur manchonnage reste théoriquement possible mais peu aisé à mettre en œuvre. La stratégie la plus simple consiste à n'isoler que les parois verticales, dans ce cas les isolations intérieures et extérieures sont équivalentes.
Malgré ces désavantages, notons que les balcons peuvent être intéressants quand ils sont orientés au Sud, puisqu'ils créent des ombres dans les logements en été quand le soleil est haut dans le ciel, et n'obstruent pas le soleil quand ce dernier est bas en hiver ce qui permet de collecter des apports solaires bénéfiques.



Balcons coulés en même temps que la structure ici une ossature poteau-poutre. Groupe Censier (75005). Paris Habitat. Architecte : Henry Pottier

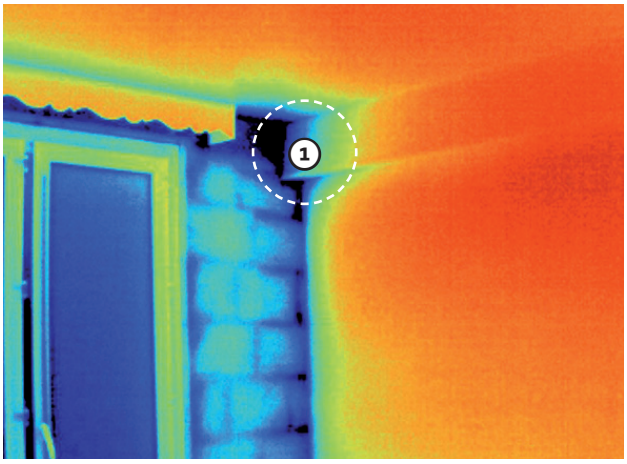
Loggias

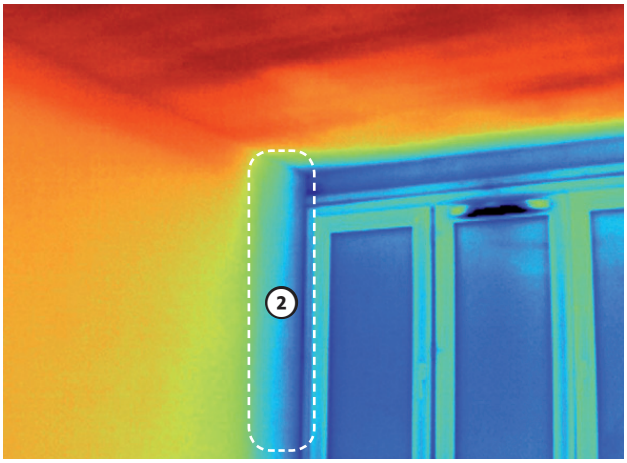
Si les balcons sont très employés dans le logement de l'après-guerre et ce jusque dans les années 1960, l'évolution des techniques constructives, notamment avec l'apparition du coffrage tunnel, plaidera plus en faveur des loggias qui vont supplanter peu à peu les balcons.
Notons que le balcon reste un élément incontournable de l'architecture parisienne mais sa mise en œuvre devient plus complexe que la loggia dès lors que le bâtiment est réalisé grâce à un coffrage tunnel. Il est courant à Paris d'observer entre 1945 et 1974 des bâtiments conçus avec, à la fois des balcons et des loggias.
Avec les loggias les caractéristiques thermiques du bâtiment sont encore plus dégradées qu'avec des balcons. Les ponts thermiques créés par les loggias ont des linéaires plus prononcés qu'avec les balcons, ce qui rend le bâtiment particulièrement déperditif.
La rénovation thermique des loggias est problématique si on veut conserver le plein usage de la loggia. La solution technique la plus simple consiste à condamner la loggia en la fermant lors d'une opération d'isolation extérieure. Si l'on veut garder l'usage de la loggia, le plus simple est généralement de procéder à l'isolation intérieure du bâtiment, qui aura l'inconvénient de ne pas traiter les ponts thermiques.

Orgues de Flandre (75019). I3F. Architecte : Martin van Treeck

Ponts thermiques vus de l'intérieur du logement

Les techniques constructives de l'après-guerre sont génératrices de ponts thermiques. Ces ponts thermiques se retrouvent à des degrés divers selon les techniques mises en œuvre. La conception de type ossature a l'avantage de limiter la taille des ponts thermiques à l'inverse du coffrage ou de la préfabrication qui, pour les refends, créent des ponts thermiques sur toute la hauteur d'étage.





❶ Ossature. Pont thermique limité à la poutre.
❷ Mur de refend préfabriqué ou coffré. Le pont thermique s'étend sur toute la hauteur.

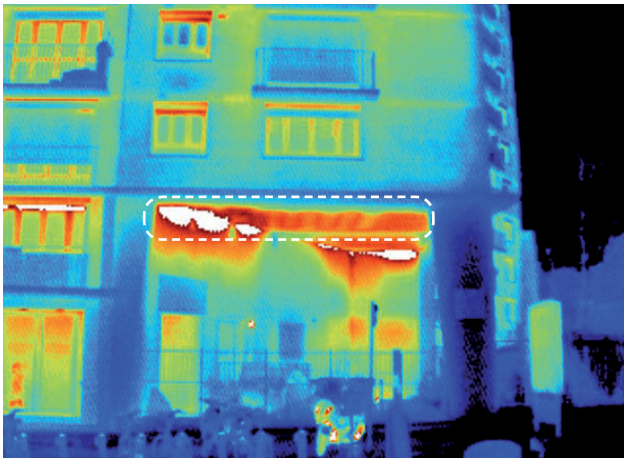
Pilotis

Préconisé par l'architecture moderne, le recours aux pilotis permet d'obtenir une continuité visuelle sous les bâtiments et une continuité des espaces publics. En pratique ils sont loin d'avoir été employés de façon systématique. Dans la logique de production de masse de logements après-guerre, la perte de surface habitable que l'usage des pilotis implique a été perçue comme incompatible avec la rentabilité des grands ensembles. Les pilotis font cependant partie du vocabulaire de l'architecture moderne et ont été employés, çà et là, dans la conception de certains bâtiments.

Les pilotis ont des conséquences désastreuses pour les consommations d'énergie des bâtiments. Leur effet néfaste est de désolidariser le premier étage du RdC et donc de créer artificiellement une surface déperditive supplémentaire pour les occupants du 1er étage.

À ceci s'ajoute l'effet venturi, c'est-à-dire l'accélération de l'air le long de la sous face du premier étage, qui accroît les déperditions notamment en hiver. Ces surfaces trop exposées génèrent des situations d'inconforts qui doivent être traitées prioritairement par une isolation thermique.

L'illustration montre un cas critique de l'usage du pilotis. La sous face du premier étage qui se retrouve à l'air libre est traitée comme une dalle courante, à tel point que les serpentins du plancher chauffant du premier étage rayonnent sur l'extérieur.

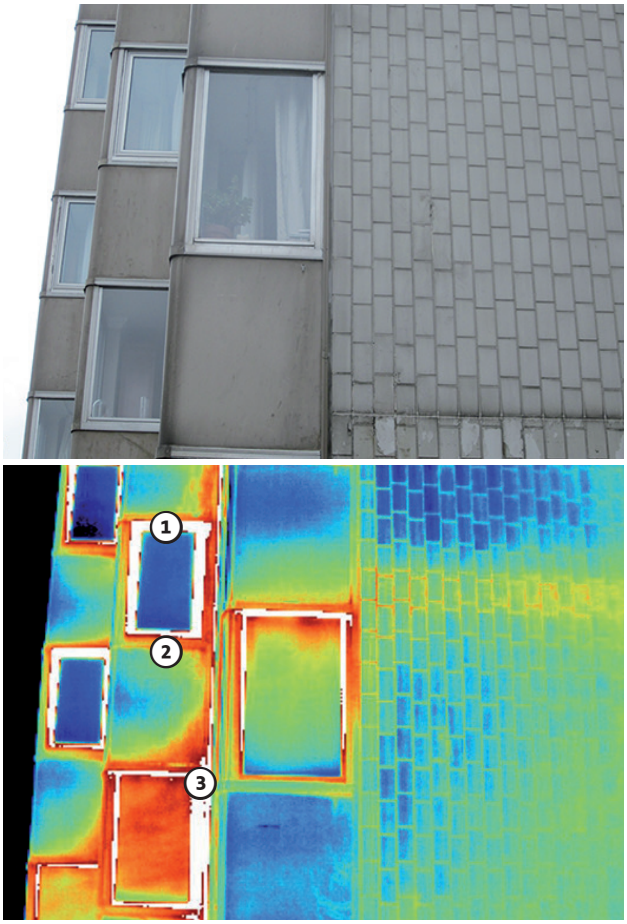


Plancher chauffant du logement du premier étage rayonnant sur l'extérieur. Rue Manin (75019).

2.1.3 Ponts thermiques et second œuvre

Huisseries en aluminium

L'aluminium a été très employé pour les huisseries des vitrages. Ce matériau est très bon conducteur de chaleur et occasionne donc des ponts thermiques importants qu'il faut traiter en priorité dans les opérations de réhabilitation. Ces huisseries se déforment facilement avec les chocs thermiques et font travailler de façon intense les joints des dormants à la suite de quoi il est courant de constater des ponts thermiques au niveau des dormants ainsi que des exfiltrations d'air chaud par défaut d'étanchéité.

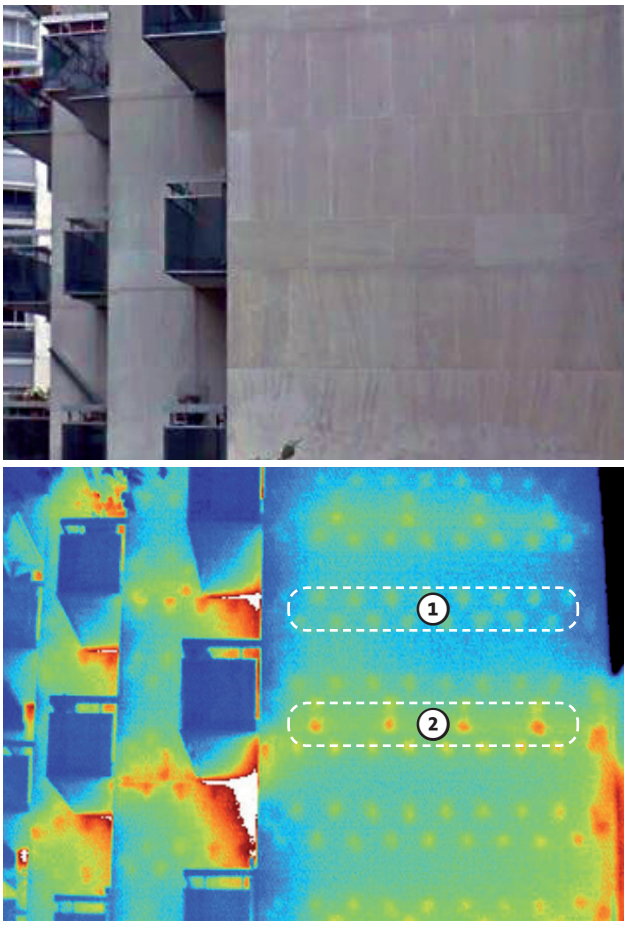


Orgues de Flandre (75019). I3F. Architecte : Martin van Treeck

❶ Pont thermique d'une huisserie en aluminium. Sur le linéaire du pont thermique la déperdition est généralement supérieure à celle du simple vitrage qu'elle entoure.
❷ Pont thermique du dormant.
❸ Exfiltration due à un défaut d'étanchéité du vitrage.

Pierre agrafée

La pierre a été utilisée de 1945 à 1974 dans la construction des bâtiments. Sa qualité porteuse est généralement abandonnée à de rares exceptions près. La pierre est souvent utilisée sous forme massive pour habiller une ossature en béton armée ou sous forme de parement, comme la pierre agrafée. Dans ce dernier cas, un vide d'air est employé entre le mur et le parement extérieur. Les attaches qui soutiennent la pierre agrafée font office de ponts thermiques singuliers.



Rue de Crimée (75019).

❶ Ponts thermiques singuliers des attaches de la pierre agrafée.
❷ Ponts thermiques singuliers des attaches de la pierre agrafée auxquels s'ajoute le pont thermique linéique de la dalle.

Façades vitrées

Nombre de bâtiments de l'après-guerre ont été conçus afin de faire pénétrer un maximum de lumière dans les logements. Ainsi d'importantes surfaces vitrées qui tendent à rendre les façades totalement transparentes voient le jour.
Les publicités de l'après-guerre pour les vitrages traduisent l'engouement des architectes pour la lumière naturelle.
Les désagréments de tels choix sont nombreux. Le bâtiment perd toute inertie, la température de l'habitat devient fortement assujettie à la température extérieure hiver comme été. Il faut donc adapter les puissances de chauffage et de rafraîchissement en conséquence. La création de bâtiments presque entièrement transparents se traduit par un très fort accroissement des consommations d'énergie.

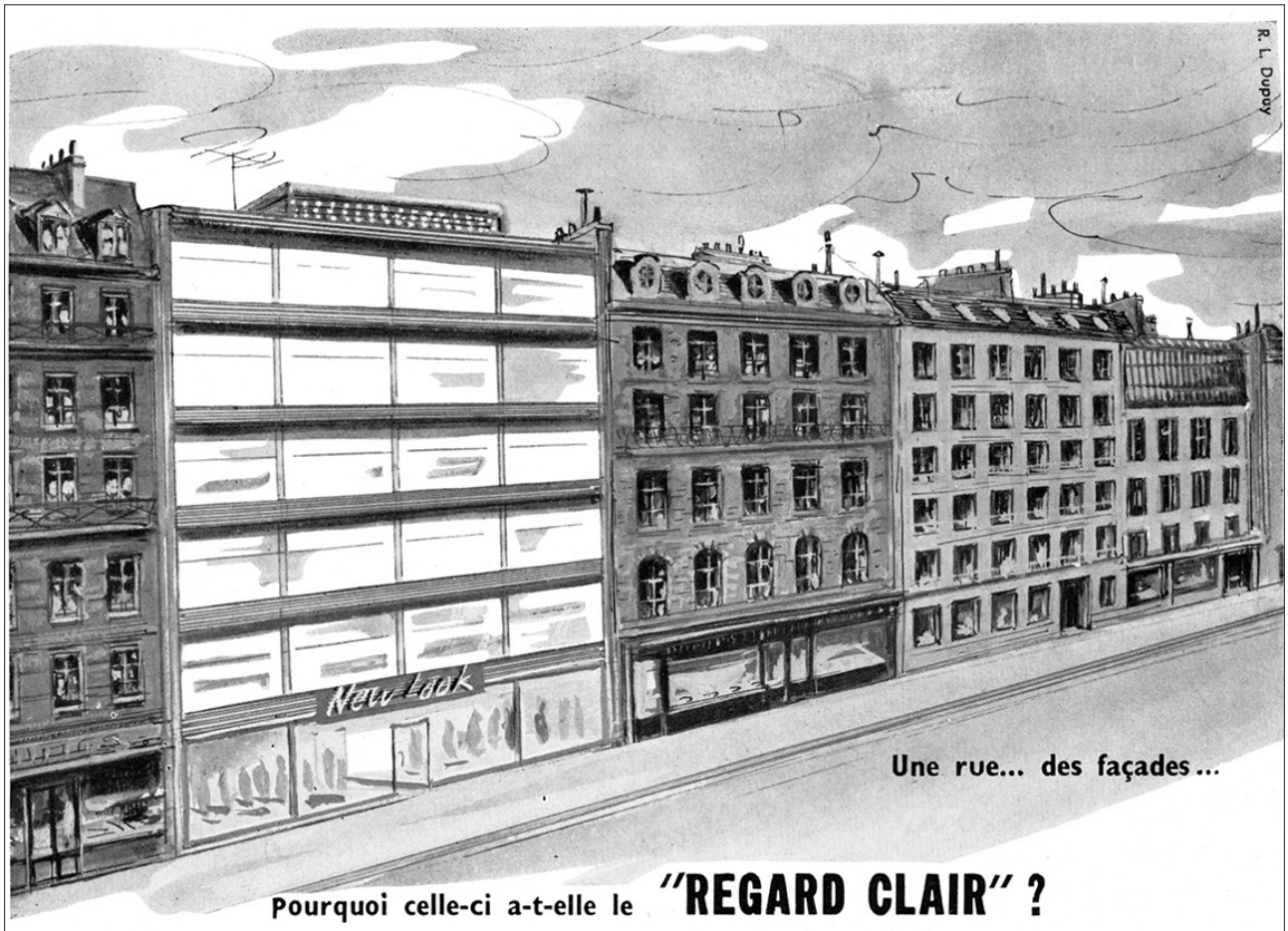
Façades vitrées. Rue Pierre Nicole (75005).

2.2 Confort d'été

Occultations

Les protections solaires jouent un rôle essentiel pour prévenir les surchauffes estivales notamment sur les faces Ouest et Est des logements. En cas d'absence ces protections doivent être restaurées.

Rue Censier (75005). Paris Habitat. Architecte : Henry Pottier



Pourquoi celle-ci a-t-elle le **"REGARD CLAIR" ?**

Ses fenêtres sont en "TRANSGLACE".

Une façade, aujourd'hui, n'est plus "une barricade contre l'extérieur".

Nos architectes, rompant avec la conception désuète des surfaces opaques et compliquées, ont créé un nouveau type de façade dont la "coquetterie de clarté" s'accorde avec le besoin de lumière.

Le matériau d'élection pour les grandes surfaces transparentes, c'est la glace polie transparente ou "TRANSGLACE". Le parallélisme de ses deux faces assure une transparence parfaite sans déformation.

En avant, pour les maisons au "regard clair" !

Demandez tous renseignements et suggestions au :

CENTRE DE DOCUMENTATION

"Le Matériau Verre dans la Construction" en vente chez Eyrolles, 61, Bd St-Germain.

ST GOBAIN

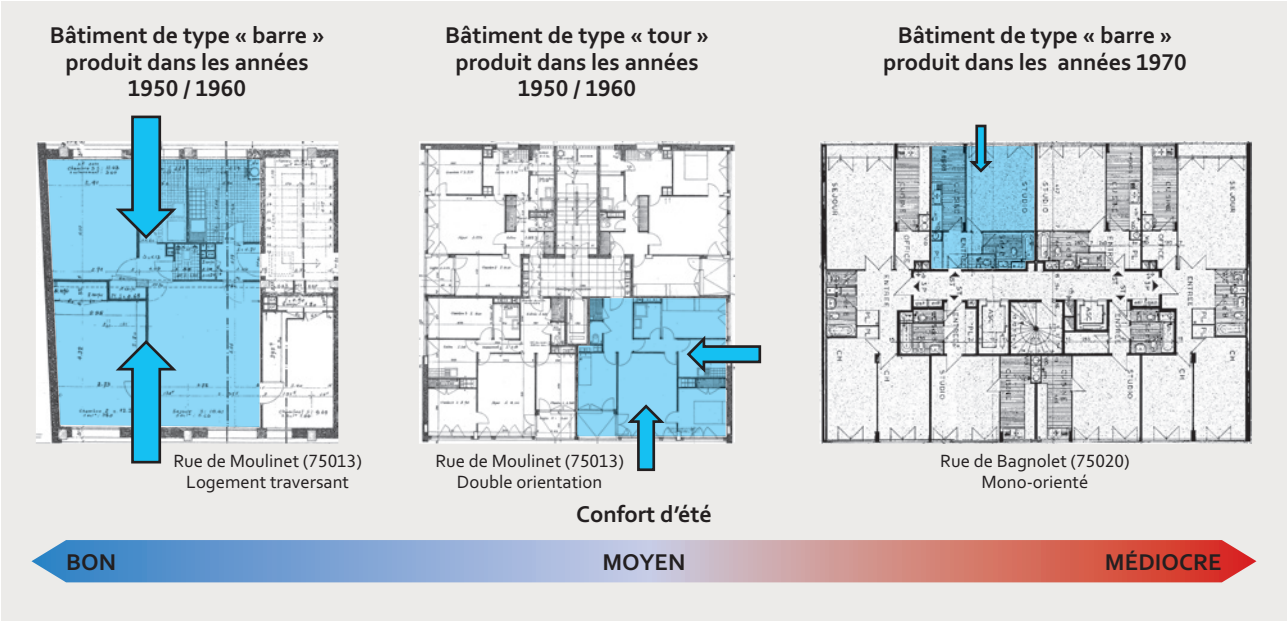
16, avenue Matignon, PARIS-8e BALzac 18-54

© Saint-Gobain

Publicité pour les vitrages Saint-Gobain (1945).

Possibilités de ventilation naturelle selon le plan de l'habitat

La capacité de Rafraîchissement d'un logement est fortement tributaire de son plan qui permet une circulation plus ou moins libre de l'air. La configuration de type « traversante » profite des différences de températures entre les deux côtés du bâtiment pour faire circuler l'air efficacement. C'est la configuration la plus performante. Durant la période 1945-1974, la recherche de la rentabilité du plan incitera les concepteurs à épaissir de plus en plus les bâtiments au fil du temps, ce qui rendra la configuration « traversante » plus rare et donc l'habitat plus sensible aux questions de surchauffes estivales par manque de possibilités de ventilation.



Façades vitrées

La création de façades transparentes rend les espaces intérieurs relativement inconfortables notamment pour les faces Ouest ou Est en été. Le bâtiment de Jean Dubuisson rue du commandant Mouchotte (75014) illustre bien les désagréments d'un tel parti pris architectural. Dans ce bâtiment les occupants sont contraints de mettre en œuvre des stratégies de protection solaire afin de pallier à leur absence dans le projet initial. La captation solaire du bâtiment est tellement performante que les espaces intérieurs doivent atteindre des niveaux de température très élevés en été. Comme le montre le cliché, les habitants improvisent des protections solaires avec des cartons ou des films réfléchissants. La situation est d'autant plus inconfortable qu'une part minime de la façade est équipée d'ouvrants.
De façon générale, les bâtiments à façades transparentes nécessiteront de lourds travaux de réhabilitation afin de pallier à leurs nombreux déficits en termes de confort intérieur. Le bâtiment de Jean Dubuisson est considéré aujourd'hui comme patrimonial en raison la « maille écossaise » de grande échelle que la façade dessine grâce aux subtiles combinaisons des huisseries et des vitrages. On se retrouve ici dans une situation extrême, et heureusement peu fréquente, où la qualité architecturale du bâtiment rendra difficile l'amélioration du confort climatique des locaux (notamment pour les logements mono-orientés).

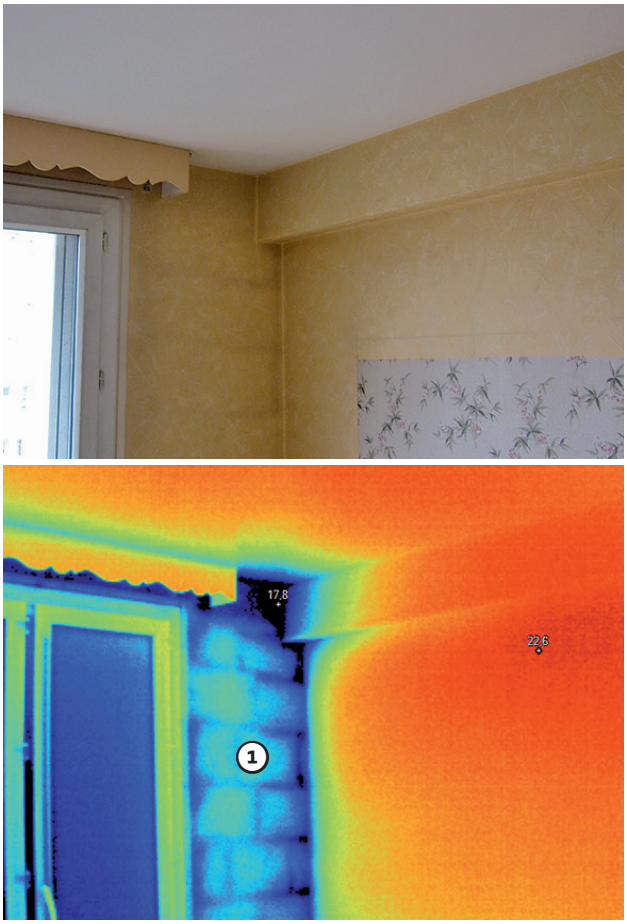
« Maille écossaise » de Jean Dubuisson.

❶ Vue depuis la rue du commandant Mouchotte, (75014).
❷ Vue du côté Jardin atlantique. Des protections solaires sont improvisées par les habitants afin de pallier à l'inconfort estival.

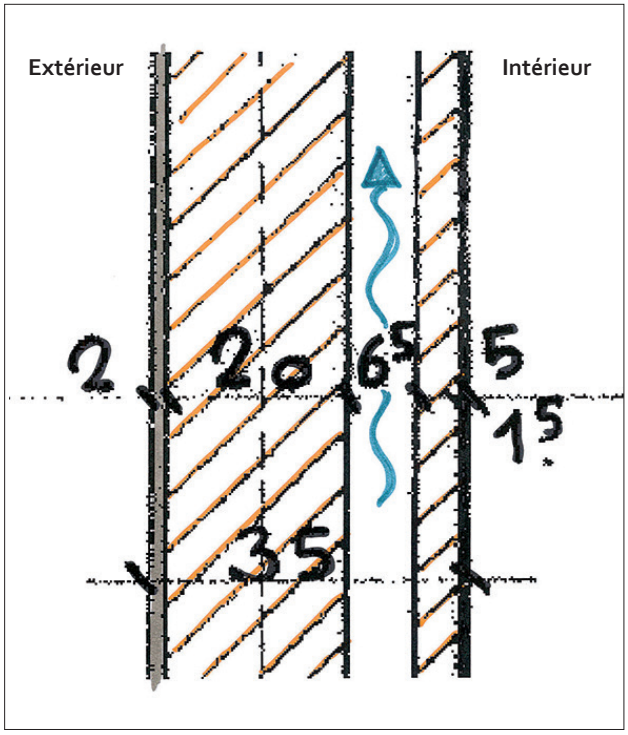
2.3 Systèmes

Contre-cloisons

Les dispositifs de contre-cloison ont été très employés à partir des années 1950 dans l'habitat. Ils permettent de réaliser une isolation minimale des logements en coupant l'effet de paroi froide grâce à une lame d'air non ventilée. La contre cloison est un dispositif dont la plus value thermique est aujourd'hui nettement en deçà des standards de l'habitat mais qui divise tout de même par 2 les déperditions par rapport à une paroi simple. Le dispositif de lame d'air non ventilée peut être générateur de pathologies et est à la source du développement de moisissures.



❶ Contre-cloison. Sa conception en briques-plâtrières apparaît en thermographie.



Coupe d'un mur avec contre-cloison :
- 2 cm : pâte de verre
- 20 cm : brique creuse ou béton léger
- 6,5 cm : lame d'air non ventilée
- 5 cm : brique plâtrière
- 1,5 cm : enduit plâtre

© Doc. C.S.T.B

Exécution du mur d'allège. Un isolant thermique intérieur (laine de roche) est maintenu par de nombreux crochets, fixés sur la contre cloison, et est protégé par un écran anti-buée en papier Kraft. Un vide d'air est ménagé entre l'isolant et le module préfabriqué de façade. Groupes d'habitations de l'OCIL (Vincennes).
In : techniques & Architecture, 15e série, n° 2, septembre 1955.

Cheminées, ventilation

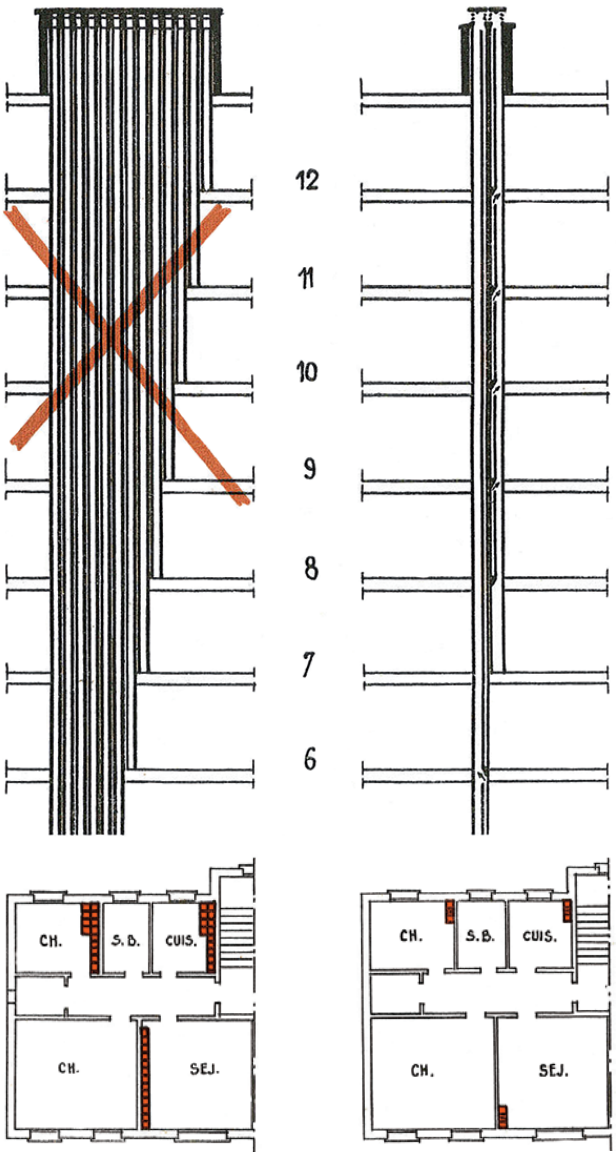
Dans l'immédiat après-guerre, les conduits de cheminées individuels sont employés pour l'évacuation des fumées du chauffage central. La logique du conduit individuel deviendra problématique lorsque les immeubles commencent à prendre de la hauteur puisque leur présence condamne d'importantes surfaces dans les logements. Pour y remédier, la réglementation évolue à partir du milieu des années 1950 en permettant les raccordements individuels à un conduit unitaire desservant tous les étages (les conduits « shunt »), ces derniers libéreront une place conséquente dans les logements.

En parallèle de la question de l'évacuation des fumées, la question de la ventilation des logements devient rapidement une préoccupation pour l'habitat de l'après-guerre afin d'offrir aux occupants un habitat sain et de traiter de façon plus efficace l'évacuation de la vapeur d'eau produite dans les pièces humides. Le cadre réglementaire évolue rapidement à ce propos et il convient d'identifier au moins trois périodes entre 1945 et 1974.
À partir de 1945, la ventilation est d'abord assurée selon le modèle traditionnel, c'est-à-dire par ouverture et fermeture des ouvrants et par des prises d'air en façades. À partir du milieu des années 1950, ce système est rapidement complété par les conduits shunt dans les salles d'eau qui deviennent alors des pièces aveugles. À partir de la fin des années 1960, la ventilation mécanique contrôlée (VMC) se généralise dans l'habitat. La VMC représente un changement radical par rapport aux systèmes précédents puisqu'il met le logement dépression, ce qui nécessite une certaine discipline de la part des occupants qui ne doivent plus tenter de procéder eux-mêmes au renouvellement de l'air dans l'habitat par ouverture et fermeture des ouvrants. Ce système qui procède d'une certaine déresponsabilisation des occupants vis-à-vis du confort intérieur sera généralement mal accepté et mal compris.

Conduits shunt unitaires en toiture d'un bâtiment des années 1950. Rue Censier (75005). Paris Habitat.

Conduits de cheminées individuels en toiture d'un bâtiment des années 1950. Quai Henry IV (75004).

Le système de ventilation le plus simple est celui des deux bouches en façade qui assurent la prise d'air en partie basse et l'évacuation en partie haute. Ce système a l'inconvénient de faire rentrer de l'air froid de façon trop importante dans l'habitat ce qui induit des pertes énergétiques conséquentes. Ces orifices sont d'ailleurs généralement bouchés par les occupants ce qui induit un problème de salubrité pour le logement (moisissures, insuffisances du renouvellement d'air, etc.)
Le système des conduits shunt possède quant à lui certains avantages même s'il reste un système de ventilation naturelle, dont le fonctionnement est assez aléatoire puisqu'assujetti aux aléas climatiques. L'intérêt des conduits shunt est de permettre une circulation d'air verticale commune à tous les étages. Si en hiver ce dispositif peut être vécu comme un inconvénient puisqu'il peut induire des circulations d'air froid trop importantes dans les logements, en été les qualités de rafraîchissement de ce système sont indéniables car il permet un Rafraîchissement efficace des logements par tirage thermique. Lorsque le vent est fort, ce sont les étages supérieurs qui peuvent être impactés par un renouvellement trop fort de l'air par conduit shunt, c'est un inconvénient en hiver, néanmoins les périodes de forts vents sont rarement les périodes les plus froides en hiver. À l'inverse en été, le tirage thermique naturel tend à créer une circulation de l'air assez efficace et en particulier pour les occupants des étages bas.
Les opérations de réhabilitations ont généralement tendance à condamner les conduits existants aux profits de VMC ce qui est un avantage en hiver mais qui peut dégrader notablement le confort d'été par disparition du tirage thermique naturel. Sachant que les bâtiments de l'après-guerre sont généralement sujets à d'importantes surchauffes estivales, le recours à des systèmes alternatifs à la VMC devrait être envisagé.
Si un bâtiment de l'après-guerre fait l'objet d'un projet de réhabilitation « a minima » alors les systèmes de ventilation naturels peuvent devenir des systèmes de ventilation naturelle assistés où un système mécanique pallie aux aléas de la ventilation naturelle sans condamner sa plus-value estivale. Si, en revanche, le projet de réhabilitation est un projet lourd impliquant des modifications importantes du bâtiment, la ventilation peut être totalement repensée et même servir de thème à la nouvelle écriture architecturale du bâtiment (ex : double peau, murs trombes, cheminées solaires, etc.).



Conduit shunt unitaire vs. Conduit de cheminée classique, coupe et plan.
In : L'Architecture d'Aujourd'hui, n° 36 l'équipement de l'habitation, août 1951. www.larchitecturedaujourdhui.fr

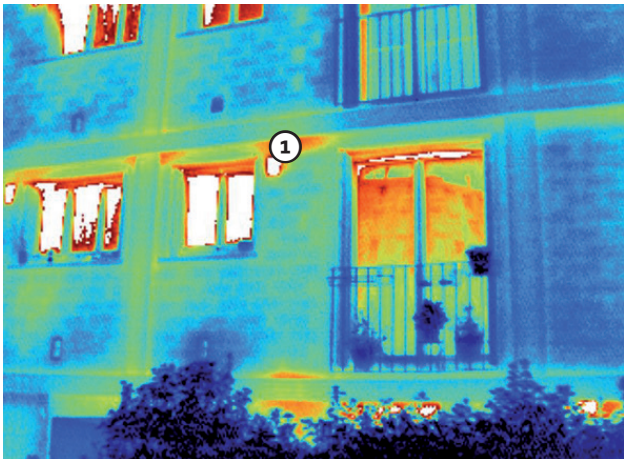
Conduits individuels de cheminées.

Conduits shunt unitaires en toiture.

Conduits shunt

« Ces conduits permettent de réaliser une grosse économie de surface par la suppression des conduits de ventilation et de fumée habituels. Le gain obtenu par utilisation du dispositif a permis d'obtenir une économie appréciable dans un immeuble d'habitation. Les plans et coupes montrent d'une façon frappante l'économie de surface réalisée avec ce dispositif. » D'après AA en 1951.

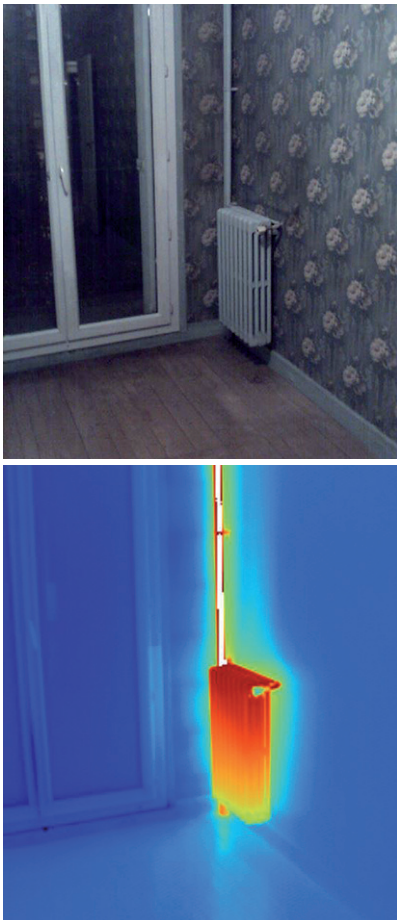
Bouche d'air sur pièce humide.
Groupe Censier (75005). Paris Habitat.
Architecte : Henry Pottier



❶ Exfiltration d'air chaud depuis la prise d'air en partie haute.
Groupe Moulinet (75013). Paris Habitat.

Émetteurs et colonnes montantes de chauffage

Les émetteurs de chaleur des appartements sont souvent placés le long des parois froides afin de contrer l'inconfort dû au manque d'isolation. Cette disposition n'est pas optimale car une part de l'énergie de chauffage est dédiée au chauffage d'une paroi donnant sur l'extérieur et est donc déversée vers l'extérieur en pure perte. À ceci s'ajoute la présence de colonnes de chauffages montantes communes qui sont souvent placées au droit des murs donnant sur l'extérieur.



Colonne montante de chauffage placée le long de la paroi froide

Planchers chauffants

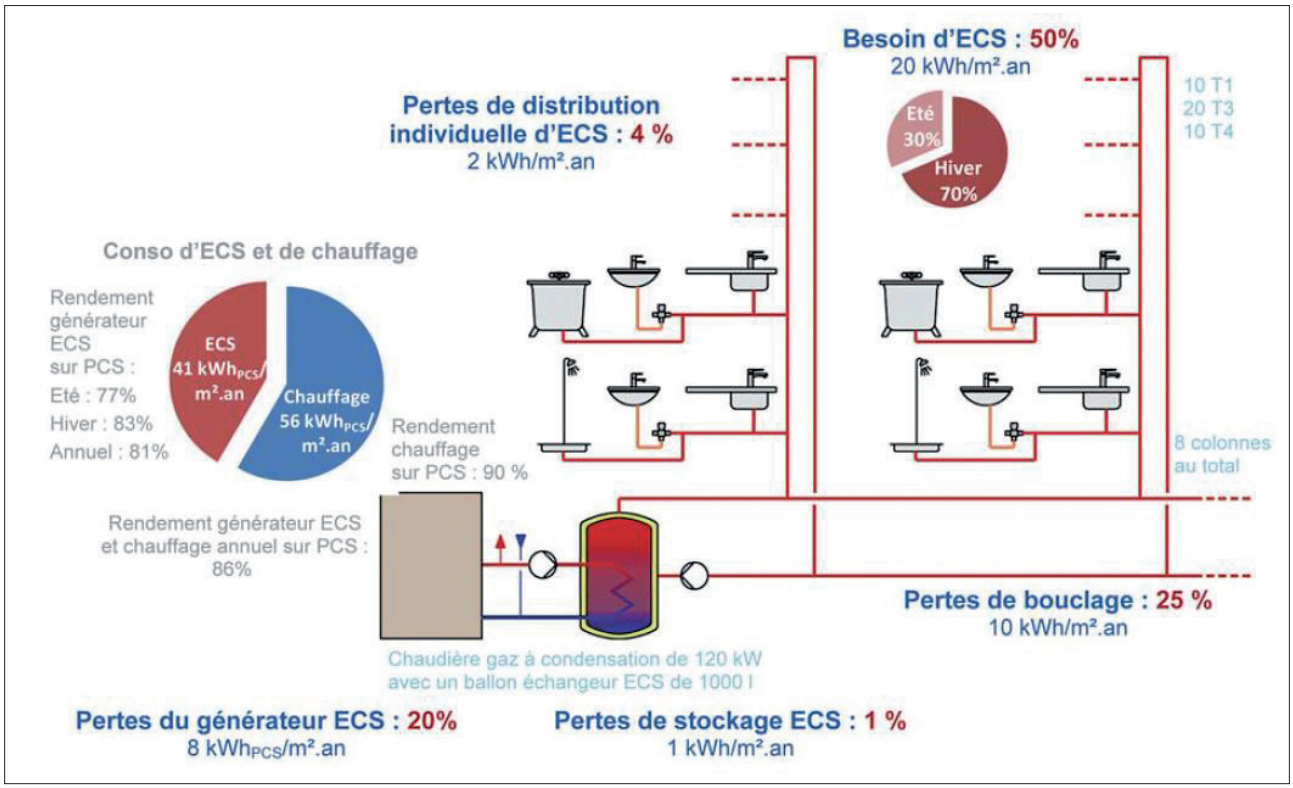
Avec l'industrialisation du bâtiment, le second œuvre est de plus en plus intégré au gros œuvre. Les planchers chauffants en sont l'illustration, ils sont généralement intégrés aux dalles de plancher. Ces systèmes de chauffages ont l'avantage d'éviter l'encombrement des pièces à vivre par les émetteurs de chaleur. Leur fonctionnement par rayonnement est lui aussi intéressant dans la mesure où il permet d'assurer le confort des occupants sans chauffer directement l'air ambiant. Le principal inconvénient relevé dans ces systèmes est le niveau souvent trop fort de chauffage qui devra être significativement baissé lorsque les bâtiments seront réhabilités. Sur le cliché pris en thermographie infrarouge le sol est, par endroits, à plus de 29 °C. Un tel niveau de chauffage est souvent décrété pour contrer l'effet de paroi froide induit par les murs non isolés. L'autre inconvénient majeur de ce dispositif est son dimensionnement : les serpentins de chauffage sont trop espacés ce qui crée des dissymétries dans le niveau de chauffage du sol. Ces dissymétries rendront légèrement moins performant le chauffage à basse température que l'on instaurera une fois le bâtiment réhabilité. Ces types de planchers peuvent se révéler un atout en été si des besoins de Rafraîchissement se font sentir, le plancher peut se prêter à une circulation d'eau froide à même de se substituer à l'usage de climatiseurs. Encore une fois le dimensionnement initial du plancher pourra rendre l'application de cette disposition difficile.

Par soucis d'économie, lors de leurs conceptions, les planchers chauffants ont parfois été dimensionnés pour plusieurs appartements à la fois ; dans ce cas la régulation s'avérera impossible lors de la réhabilitation.

Cuisine d'un immeuble des années 1950 équipée d'un plancher chauffant.

Eau chaude sanitaire (ECS)

Si le chauffage des grands ensembles est généralement de type collectif (chaufferie collective ou sous-station CPCU), l'eau chaude sanitaire est tantôt collective tantôt produite de façon individuelle (ballon électrique ou chaudière). Le cas de la production collective d'eau chaude sanitaire est généralement problématique car l'eau chaude doit circuler de façon permanente dans les canalisations à température élevée (>50 °C). Cette circulation permanente, appelée « bouclage », a pour but d'éviter les « bras morts » afin de minimiser le risque de prolifération de légionelles. L'ECS représente un poste de consommation énergétique dont la maîtrise est essentielle dans tout projet de réhabilitation thermique. Il faudra remédier à la question problématique posée par le « bouclage » qui grève fortement les pertes de distribution dans le calcul du Cep (coefficient d'énergie primaire), et à la facturation collective de l'ECS qui déresponsabilise l'usager. Il arrive que dans certains « grands ensembles » les pertes du système de « bouclage » excèdent les besoins d'ECS des occupants.



Exemple de répartition des consommations estimées dans le cas d'un immeuble de 40 logements rénovés ayant une surface habitable de 2 550 m². La boucle calorifugée en classe 2 représente le premier poste de pertes. Les rendements de générateur considérés proviennent d'études de cas. Sur le terrain, suivant les installations, des valeurs plus faibles peuvent être observées. Ainsi pour un immeuble avec des besoins d'ECS 20 % plus élevés, des colonnes non calorifugées et une chaudière ayant un rendement annuel pour l'ECS de 40 % sur PCS, la consommation énergétique pour l'ECS est de 135 kWh(PCS)/m²/an, soit plus de 3 fois plus. Les besoins d'ECS dans ce cas ne représentent qu'environ 20 % des consommations d'ECS. Les consommations des auxiliaires ne sont pas prises en compte.
Source : Grenelle de l'Environnement (2014).

3/ Étude de 8 opérations de réhabilitation

L'étude de huit opérations réalisées à partir de 2010, extraites de la base de données des permis de construire (Gerco) autorisés entre 2007 et 2015, permet de dégager les principales caractéristiques des réhabilitations réalisées sur des immeubles de logement collectifs construits entre 1945 et 1974. La sélection des opérations répond aux critères suivants :

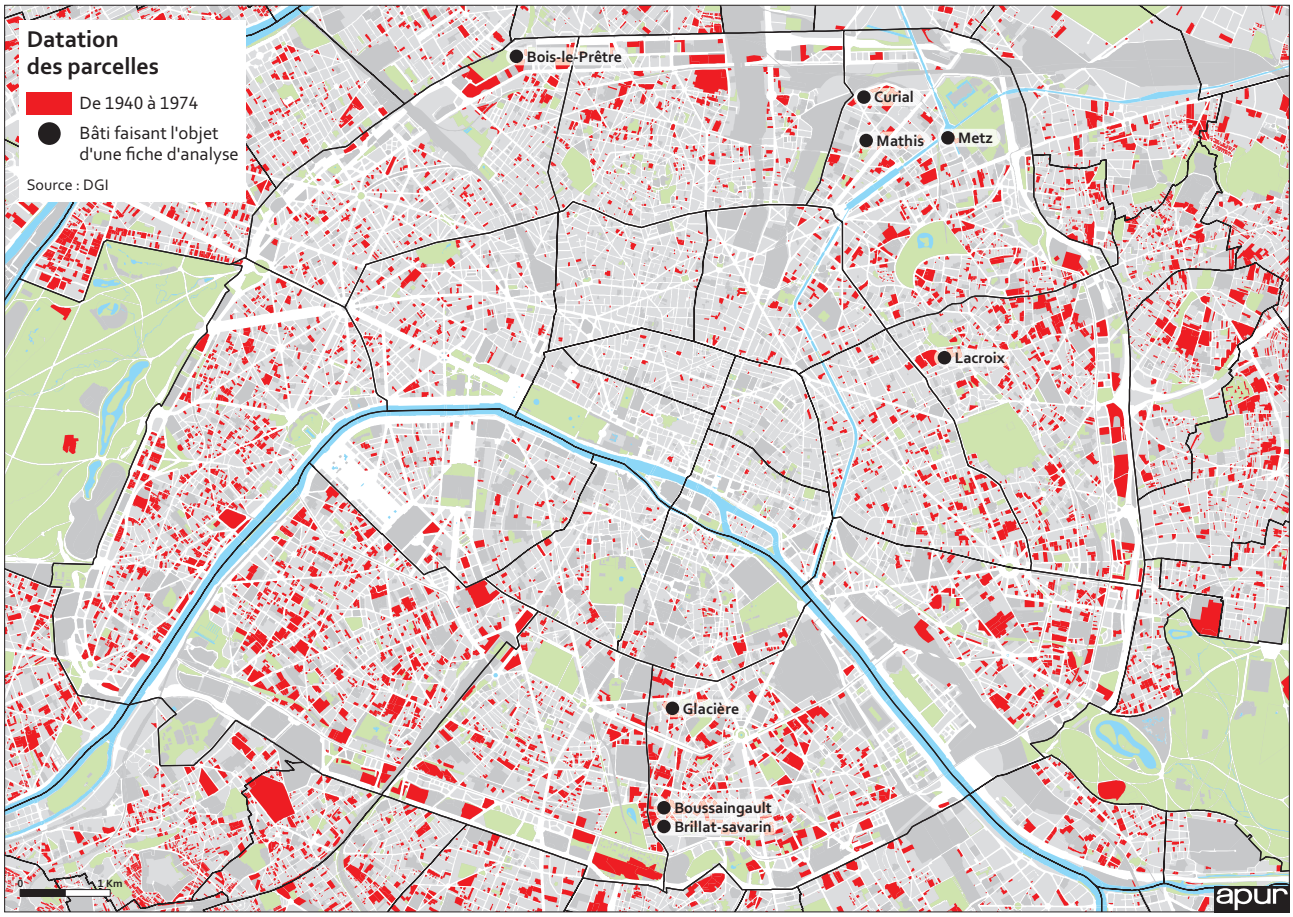
- Diversité de leur configuration urbaine : insérée dans un tissu dense ou implantée selon un plan-masse libre ;
- Immeubles avant opération avec des caractéristiques architecturales bien conservées et représentatives de leur époque de construction ;
- Maîtrise d'ouvrage publique ou privée ;
- Autorisations délivrées récemment et travaux achevés ;
- Diversité des interventions : réhabilitation des façades par une ITE, extension de bâtiments, transformation d'immeuble à usage de bureau en résidence étudiante ;

Situées dans les secteurs de Rénovations Urbaines réalisées à partir des années 1950 au sud et nord-est de Paris, les opérations présentent de nombreux espaces libres privés et des bâtiments en retrait de l'alignement des voies. Les configurations de plan Masse-Libre et la répétition des volumétries et des façades facilitent la réalisation des travaux de réhabilitation en milieu occupé : phasage des opérations, accès aux engins, aires de stockages des matériaux, base de vie du chantier, installation des échafaudages pour la pose de l'ITE.

Les opérations sont classées par date de construction :

- 31 rue Boussingault, 75013, construit en 1959, copropriété privée ;
- 9 boulevard du Bois le Prêtre, 75017, construit en 1961, propriétaire Paris –Habitat ;
- 71 rue Curial, 75019, construit en 1966, propriétaire Paris –Habitat ;
- 1 quai de Metz, 75019, construit en 1967, propriétaire I3F ;
- 19 rue Mathis, 75019, construit en 1967, propriétaire Siemp ;
- 10 rue Julien Lacroix, 75020, construit en 1967, propriétaire Paris – Habitat ;
- 55 rue Brillat-Savarin, 75013, construit en 1971, propriétaire Gécina/G7 ;
- 27 rue de la Glacière, 75013, construit en 1974, propriétaire Arcade / Antin Résidences.

La relecture par les maîtres d'ouvrage, des fiches d'analyse des huit opérations, a permis de préciser les économies d'énergie effectives constatées après travaux. Les opérations de réhabilitation ont été engagées au cas par cas selon le degré d'obsolescence des bâtiments et des productions énergétiques. Excepté l'opération privée de la rue Brillât Savarin, l'ensemble des opérations réalisées par les bailleurs sociaux a bénéficié de subventions publiques de l'état, de la Région et de la Ville de Paris. L'opération rue Boussingault, résidence en copropriété privée, a reçu des subventions par l'OPATB 13°.



3.1 Les améliorations de l'état du bâti et des performances énergétiques

L'amélioration de l'état des bâtiments et de leurs performances énergétiques est l'objectif principal des opérations. À cette fin, l'audit énergétique permet d'évaluer les ponts thermiques, de détecter des dysfonctionnements des systèmes et des installations thermiques, d'analyser les consommations réelles d'énergies et les coûts afférents, de déceler la présence éventuelle de matériaux nocifs comme l'amiante dans les colles ou le calorifugeage des gaines ou des dalles. Le diagnostic permet au maître d'ouvrage de sélectionner parmi différents scénarios un ensemble de travaux correspondants à des gains énergétiques.

Les principaux travaux réalisés sur les 8 opérations concernent trois secteurs d'intervention :

- Isolation Thermique Extérieurs (ITE) des façades et des toitures terrasses,
- amélioration de la production et de la distribution de l'Eau Chaude de Chauffage et Sanitaire
- optimisation des systèmes de ventilation.

Des travaux pour améliorer l'accessibilité des PMR et la Sécurité Incendie, ont été systématiquement réalisés.

3.1.1 Isolation Thermique Extérieures des façades et des toitures terrasses

L'expression architecturale des façades est généralement modifiée par les travaux d'isolation thermique extérieure.

- Dans le cas des opérations Curial et Julien Lacroix, l'isolation thermique extérieure reproduit les façades existantes,
- Dans 4 opérations l'écriture architecturale est modifiée mais les volumétries sont conservées : suppression de la modénature (Mathis), recouvrement de la structure apparente (Boussingault ❶) réduction des baies filantes et suppression de la végétation verticale (Brillat-Savarin ❸), accentuation verticale des bâtiments d'angle (Metz),
- Dans 2 opérations l'écriture architecturale et les volumes sont modifiés : ajout de balcons et loggias (Glacière), agrandissement des baies et extension des planchers pour créer des jardins d'hiver (Bois le Prêtre ❷).

En haut : avant travaux. En bas : après travaux.

À gauche : avant travaux. À droite : après travaux.

À gauche : avant travaux. À droite : après travaux.

Les balcons et les loggias existants ne sont pas systématiquement isolés (Boussingault ❹, Metz, Lacroix ❺) et entraînent des ponts thermiques importants quand les balcons sont en continuité avec les planchers chauffants (Boussingault, Metz). Techniquement difficile, l'isolation des balcons et loggias est réalisée sur les deux opérations de transformation de bureau en résidence (Brillat-Savarin, Glacière).

La conservation des châssis des fenêtres à double vitrage, souvent en bon état, entraîne une réduction de l'épaisseur de l'isolant sur les tableaux, les linteaux et les allèges des baies (Mathis ❻, Boussingault, Metz, Lacroix,). À la rencontre de volumes bâtis, l'épaisseur de l'ITE sur des pans de mur de façade en retour sur des baies existantes réduit leurs dimensions (Metz ❼). Dans l'opération Boussingault, copropriété privée, les anciennes fenêtres des logements des propriétaires non occupant n'ont pas été remplacées, représentant 10 % de l'ensemble des fenêtres.

Les volets roulants, les persiennes coulissantes sont nettoyés, remplacés ou posés sur les fenêtres des pièces principales pour la quasi-totalité des opérations. La pose en extérieur des coffres des volets roulants doit faire l'objet d'une attention particulière pour ne pas interrompre l'ITE et faire obstacle au ruissellement des eaux pluviales (Metz ❽). Pour éviter que l'usage intensif de nouvelles persiennes coulissantes n'altère la pérennité de l'ITE, elles sont inamovibles (Brillat-Savarin). les nouveaux jardins d'hiver de l'opération de Bois le Prêtre ❾ sont protégés du rayonnement solaire par des rideaux intérieurs réfléchissants.

4

5

6

7

8

9

Les traitements spécifiques des rez-de-chaussée concernent principalement l'isolation des murs au pied des façades et des planchers bas au contact d'espaces non chauffés. Exposée aux chocs et aux projections des eaux pluviales, l'ITE recouverte par un enduit ou par des matériaux plus résistants, présente des dégradations (Mathis ❶, Boussingault ❷). La pérennité de l'isolant est altérée par l'application d'enseigne commerciale, du mobilier d'éclairage (Mathis ❸, Lacroix) ou les pattes de fixation des gouttières. Les planchers des rez-de-chaussée au contact du niveau de sous-sol sont systématiquement isolés. Dans le cas d'un bâtiment sur pilotis (Brillat-Savarin), la sous face du plancher du premier étage isolé est protégée par un bardage métallique.

L'isolation des murs mitoyens à découvert, réalisée dans deux opérations (Brillat-Savarin ❹ et Lacroix ❺), nécessite l'accord préalable des propriétaires voisins pour l'installation de l'échafaudage et la pose de l'ITE en débord de la limite séparative.

Les toitures terrasses ont fait systématiquement l'objet d'une réfection de l'étanchéité et d'une isolation thermique. La majorité des toitures terrasses sont équipées de lanterneau de désenfumage au-dessus des cages d'escalier. Des aménagements particuliers sont réalisés dans 3 opérations : végétalisation (Metz ❻) implantations de panneaux solaires thermiques (Brillat–Savarin) et locaux pour abriter la chaufferie et des pompes à chaleur (Glacière).

1

2

3

4

5

6

3.1.2 Amélioration des installations techniques nécessaire à la production de l'Eau Chaude de Chauffage et Sanitaire

La production de l'Eau Chaude de Chauffage (ECC) est assurée soit par sous-station avec échangeurs reliée au réseau de vapeur CPCU pour 4 sites, soit par chaufferie reliée au réseau de gaz pour les 4 autres sites. Les opérations de réhabilitation ne procèdent pas à un changement de type d'énergie. Les installations techniques des années 1970 pour les plus anciennes, sont révisées et partiellement ou totalement remplacées pour 5 opérations. L'ensemble des installations bénéficient de différents dispositifs destinés à réaliser des économies d'énergie : isolation performante des conduits du réseau secondaire de distribution, échangeurs sur le réseau d'eau refroidie(« condensats ») en retour vers station CPCU, échangeur et récupérateur de calories sur le réseau des eaux grises, organes de régulation et d'équilibrage de l'alimentation des planchers chauffants, thermostats sur les radiateurs, mitigeurs avec limitateur de débit, etc.

La production de l'Eau Chaude Sanitaire (ECS) est assurée soit par une production collective centralisée en chaufferie, soit par une production individuelle par cumulus électrique ou chauffe-eau au gaz. L'ensemble des installations sont modifiées pour produire l'ECS en mode instantané évitant un stockage d'eau important en réservoir susceptible d'être contaminé par des bactéries de type Légionelle. La suppression des anciens réservoirs tampons permet un gain d'espace dans les locaux de chaufferie (Boussingault ❼).
Les installations techniques sont remplacées pour 4 opérations (Mathis, Lacroix, Brillat-Savarin et Glacière) où la production individuelle de l'ECS devient collective. Pour les deux premières opérations, l'installation d'un réseau de distribution en bouclage, est facilitée par la présence de niveau de sous-sol et des colonnes techniques préexistantes, évitant de créer des trémies dans les dalles de plancher. Les travaux sur l'ECS entraînent une réhabilitation complète des pièces d'eau et des réseaux électriques (Curial ❽). Pour les deux autres opérations, transformation de bureau en résidence étudiante (Brillat-Savarin et Glacière), la création d'une pièce d'eau dans chaque studio entraîne la création de nombreuses colonnes techniques réduisant les surfaces utiles initiales (NDBP : voir *transformation de bureaux en logements à Paris de 2001 à 2012*, Apur, janvier 2014).
Dans le cas d'une transformation de bureaux en logements, il est à prévoir une forte augmentation de la consommation d'ECS. Dans le cas des opérations (Brillât Savarin et Glacière) un apport d'énergies renouvelables permet de pallier à cette augmentation : panneaux solaires thermiques en toiture assurant 40 % de la production d'ECS de la résidence Brillat-Savarin, pompe à chaleur en toiture pour la résidence Glacière ❾.

Avant travaux.

3.1.3 Optimisation des systèmes de ventilation

Le système de ventilation des pièces dépend de leur destination et de leur emplacement. Les systèmes de ventilation d'origine ont généralement déjà été réhabilités à minima : le renouvellement de l'air des pièces principales est garanti en permanence par la présence de réglettes auto réglable en partie haute des fenêtres ❶ ; la ventilation des pièces d'eau avec fenêtre est assurée par des bouches d'extractions en façade et éventuellement par des bouches basses et hautes (parfois sur conduits shunt) ; dans les pièces d'eau aveugles, la ventilation est assurée par des bouches hautes sur conduits souvent assistées par une Ventilation Mécanique Contrôlée à simple flux (auto réglable ou hygroréglables) ou à double flux (air chaud réintroduit). La VMC fonctionne avec des moteurs d'extraction en caisson posés en toiture et alimentés par un circuit électrique spécifique (380 Volts).
Pour l'ensemble des opérations, les conduits de ventilations sont ramonés, les moteurs d'extraction d'air vérifiés et remplacés si nécessaire. Les entrées d'air parasites sont condamnées ❷ en particulier les défauts d'étanchéité des fenêtres, sources de déperdition (21 % de l'ensemble de la rue Mathis).
La VMC est mise en œuvre dans trois opérations : Mathis, Brillat-Savarin, Boussingault. L'installation de la VMC nécessite la création de colonnes montantes (Brillat-Savarin) ou se limite à l'implantation de moteurs d'extraction branchés sur une partie des colonnes montantes existantes (Mathis, Boussingault). La suppression des vide-ordures, devenus incompatibles avec le tri sélectif, représente une opportunité de réemploi de colonne technique (Mathis).
La suppression des bouches d'extraction en façades avec la VMC permet de réduire les déperditions, de faciliter la pose de l'ITE et d'éviter les salissures du ruissellement des eaux pluviales au droit des bouches ❸.

3.2 Gains effectifs constatés après travaux

Dresser le bilan des baisses de consommations réelles d'énergies, après travaux, permet d'évaluer les nouvelles charges et de les attribuer aux copropriétaires ou aux locataires. Les bailleurs sociaux réévaluent les loyers des logements conventionnés en introduisant une charge locative liée indirectement aux coûts des travaux (appelée « 3e ligne »), les charges locatives courantes (appelée « 2e ligne ») diminuent avec les baisses des consommations d'énergie et le loyer de base est inchangé (appelée « 1e ligne »).

Les bilans des économies réelles d'énergie réalisées après travaux pour les 7 autres opérations ne sont pas encore disponibles. Les travaux achevés en 2012 pour les plus anciens, ne permettent pas d'établir un bilan global. Les maitres d'ouvrage disposent de quelques éléments pour 3 opérations du 19e Arrondissement :

- 1-11 quai de Metz, une baisse de l'ordre de 25% de la consommation réelle après travaux, et une baisse de l'ordre de 20% sur les charges de chauffage
- 65-71 rue Curial, les consommations avant travaux sont de l'ordre de 230 à 256 kWh/m²SHON/an avec un gain de 130 à 150 kWh/m²SHON/an après travaux.
- 19-23 rue Mathis, les consommations d'énergie sur le poste chauffage ont diminué de 40% environ, après travaux.
- 25-31 rue Boussingault, l'ITE a entraîné une augmentation des écarts de température : 15 °C extérieure /21 °C en moyenne dans les appartements, durant l'hiver 2014. La consommation d'énergie pour le chauffage est divisée par 3, la facture globale est réduite de moitié, le besoin énergétique pour l'ECS étant inchangé.

Pour les deux opérations 55-57 rue Brillât Savarin, et 27 rue de la Glaciére, 75013, la transformation de bureau en résidence étudiante, rend difficile la comparaison et l'évaluation des gains d'énergie.
Les données sur les gains réels d'énergie sont complexes à évaluer et doivent prendre en compte : consommations de chaleur et d'électricité, gestion et maintenance des installations techniques, variations des tarifs des énergies fournies, comportements des résidents, etc. Les bilans nécessitent un temps long de fonctionnement pour être consolidées. L'analyse des bilans permettra à terme de comparer les gains réels de consommations d'énergies avec les gains théoriques annoncés dans les diagnostics thermiques et d'évaluer l'efficacité énergétique des différents travaux.

4/ Stratégies de réhabilitation

Dans ce chapitre sont abordées les méthodes de réhabilitation des bâtiments de l'après-guerre. Si la question de la réhabilitation thermique est souvent la porte d'entrée des projets de réhabilitation, le maître d'œuvre a généralement à résoudre des questions qui ne relèvent pas seulement de la thermique. Les bâtiments de l'après-guerre ont derrière eux quelques décennies d'existence, de nombreux organes techniques des bâtiments nécessitent *a minima* une remise à niveau et sans doute une transformation plus radicale pour les adapter aux impératifs du changement climatique.

Le projet de réhabilitation thermique est l'occasion d'un diagnostic global du bâtiment. Ce diagnostic généraliste aborde un large éventail de thématiques.

La question du diagnostic initial est fondamentale car les bâtiments de l'après-guerre et notamment les grands ensembles peuvent avoir été mal conçus dès l'origine et engendrer de véritables problèmes d'usage pour leurs occupants. Leur identification est stratégique pour la bonne conduite du projet (au-delà des diagnostics techniques qui relèvent de corps de métiers spécifiques, il est toujours utile de mener des entretiens auprès des occupants et des gardiens d'immeubles ; c'est souvent par ce biais que les questions d'usages s'expriment le mieux).

4.1 Diagnostic

4.1.1 Éléments ne relevant pas explicitement de la thermique du bâtiment mais pouvant avoir une influence sur les choix en matière de réhabilitation

Contexte urbain

À Paris les bâtiments des « trente glorieuses » existent schématiquement dans deux types de situations urbaines :

- soit ils sont insérés dans des tissus anciens et dans ce cas le bâtiment est souvent implanté en respectant le rapport de mitoyenneté avec le bâtiment voisin plus ancien, cette implantation peut se faire avec retrait d'alignement.

- Soit ils forment un îlot entier, dans ce cas l'implantation est faite selon un « plan libre », sans prise en compte de la rue ni d'un quelconque alignement.

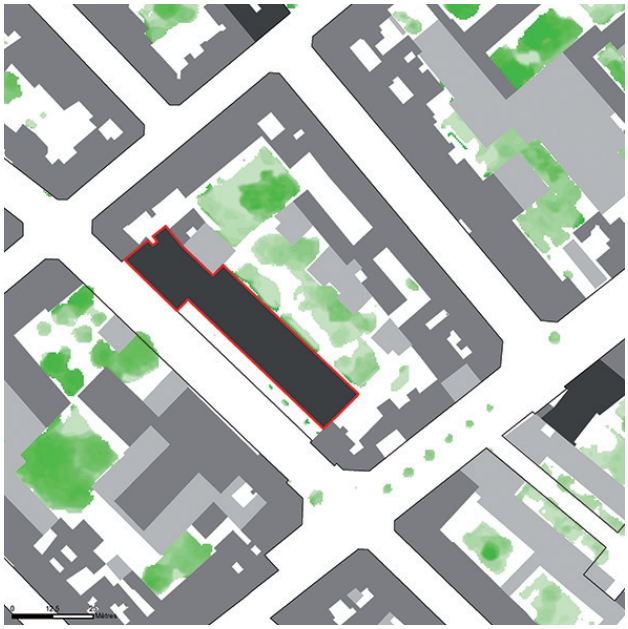
L'exposition solaire des bâtiments est dépendante du contexte urbain, elle est déterminante pour évaluer le confort d'été des logements. Les bâtiments orientés Est-Ouest peuvent être particulièrement exposés à la surchauffe estivale, si c'est le cas, on recherchera à identifier si les bâtiments alentour forment des masques ou si l'horizon est dégagé. Le cas des logements mono-orientés Est ou Ouest peuvent être très problématiques en l'absence de masques solaires.

L'usage du sol au sein de l'îlot conditionne de façon indirecte la manière dont seront posées les questions relatives à la thermique d'hiver et d'été. Ainsi la présence d'une trame végétale variée aura un effet bénéfique en été. Les arbres, lorsqu'ils sont bien positionnés, sont capables de créer des ombres dans les logements des premiers étages. La présence de gazon dans les espaces libres à l'intérieur de l'îlot aura un effet rafraîchissant grâce à l'évapotranspiration et créera un effet local de fraîcheur par rapport aux tissus urbains environnants si ceux-ci sont minéralisés. De façon générale, les espaces libres dans les îlots de type « plan libre » sont très végétalisés c'est un de leurs atouts. De nombreux cas se rencontrent avec des parkings asphaltés à ciel ouvert, leur mutation peut être envisagée au profit de sols végétalisés et perméables afin de restreindre l'effet « îlot de chaleur » qu'ils peuvent engendrer.

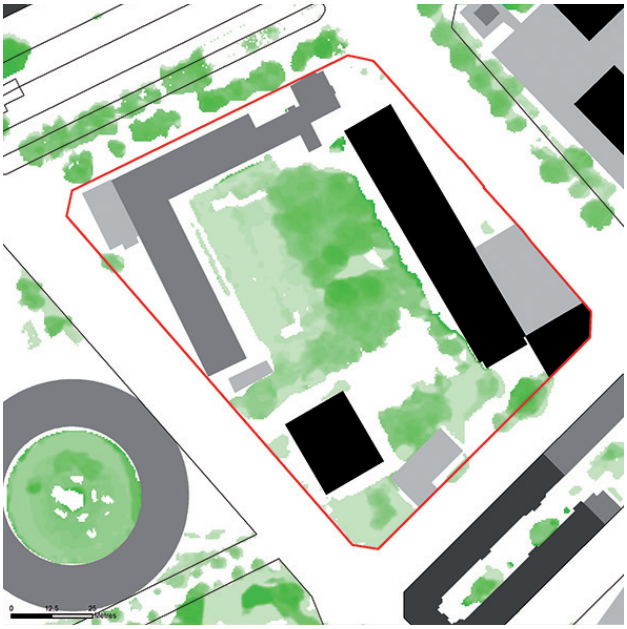
Prise en compte du fonctionnement du bâtiment

L'enquête de terrain et les entretiens des gardiens et occupants font remonter les éventuelles difficultés d'usage des bâtiments. En général les questions d'accessibilité se posent à ce moment-là : accessibilité des locaux poubelles, des ascenseurs, etc. Ces défauts d'accessibilité peuvent se manifester par des trajets atypiques empruntés par les habitants au sein des ensembles en réponse à un problème de conception. Exemples : un problème de conception des halls d'entrée qui encourage les habitants à emprunter les trémies de parking comme entrée principale, un problème de localisation des locaux poubelles en sous-sol qui incite les occupants à déposer leurs ordures dans la benne du bâtiment voisin, etc. Tous ces problèmes qui relèvent de dysfonctionnements du bâtiment face aux usages actuels des habitants sont à identifier en premier lieu.

Contexte urbain : bâtiments insérés dans les tissus existants et îlots de type plan libre



Rue Pernety (75014). Bâtiments insérés dans un îlot ancien. Le bâtiment est en retrait afin d'être à plus de 6 m du centre de la voie. Le bâtiment s'insère en appliquant la mitoyenneté.



Boulevard Vincent Auriol (75013). Bâtiments formant îlot dont l'emprise au sol est de type « plan libre ».

Hauteur du bâti

- < 3 m
- de 3 à 9 m
- de 9 à 24 m
- de 24 à 36 m
- > 36 m

Hauteur de végétation

20 m

1 m

Incidence de l'isolation thermique sur les problèmes acoustiques

Une évaluation de la gêne occasionnée par les transmissions des bruits entre appartements peut être menée. Certaines situations s'avéreront critiques, comme c'est souvent le cas pour les planchers poutrelles-hourdis. L'isolation phonique peut se révéler une thématique importante dans le projet de réhabilitation. Notons que pour les logements actuellement en simples vitrages, la perception des bruits intérieurs peut être sous-évaluée dans le diagnostic initial car les bruits extérieurs amoindrissent la perception des bruits intérieurs. Lors de la réhabilitation, le changement des simples vitrages pour des doubles vitrages diminuera fortement la perception des bruits extérieurs et exacerbera les bruits intérieurs qui sont souvent mal supportés par les occupants. Ainsi un projet de réhabilitation pourra révéler a posteriori un problème d'isolation phonique qui n'aura pas été détecté lors du diagnostic initial.

Amiante

Le diagnostic de l'amiante est nécessaire. L'usage de l'amiante a été généralisé après-guerre, on la retrouvera de façon récurrente dans les revêtements de sol ou même dans les panneaux d'isolation de façade. Notons que les opérations de réhabilitations antérieures comme les « Palulos » ont pu aggraver la présence de l'amiante notamment lorsque des panneaux de fibro-ciment ont été utilisés à des fins d'isolation thermique.

Contexte urbain : micros climats

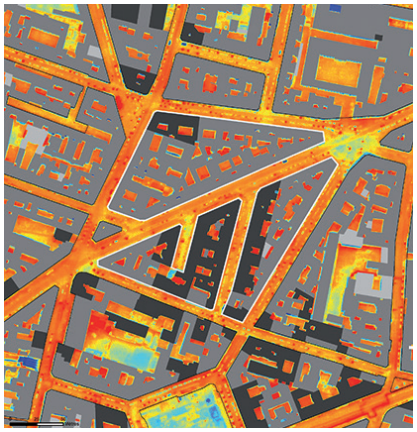
Hauteur du bâti

- < 3 m
- de 3 à 9 m
- de 9 à 24 m
- de 24 à 36 m
- > 36 m

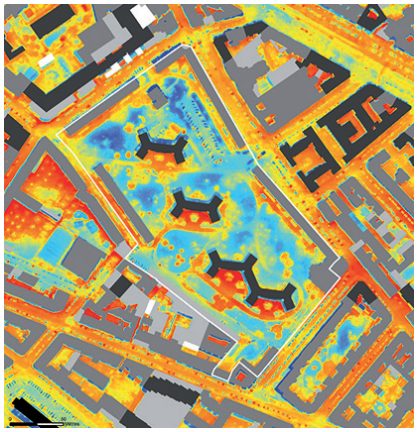
Hauteur de végétation

20 m

1 m



Rue de Maubeuge (75009). Tissus anciens. Les îlots sont peu végétalisés, les prospects intérieurs sont très étroits le Rafraîchissement nocturne se fait mal car la voûte céleste est peu visible. C'est un avantage en hiver car, ainsi, la ville ancienne se protège bien du rayonnement froid, mais c'est inconvénient en été car la chaleur accumulée en journée a du mal à s'évacuer.

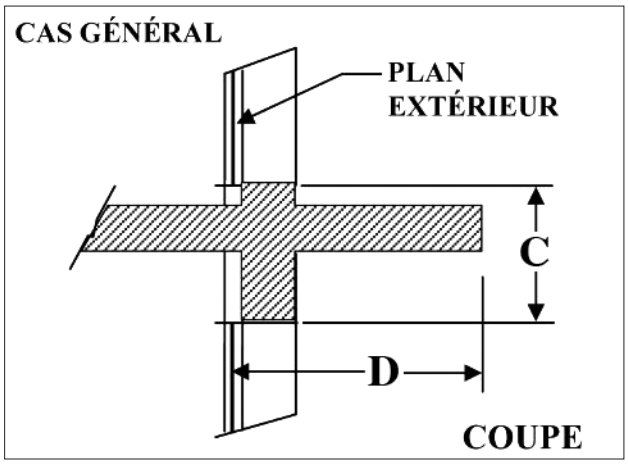


Square Georges Contenot (75012). Tissus modernes en plan libre.
Le prospect large permet un Rafraîchissement nocturne efficace de l'îlot. C'est un avantage en été, mais un inconvénient en hiver.

Thermographies d'hiver faisant apparaître des zones urbaines « chaudes » et des zones urbaines « froides ». Le cliché estival n'est pas montré ici mais il fait apparaître le même type de contraste. Seul change le rôle des arbres qui, en été, rafraîchissent l'atmosphère alors qu'en hiver ils n'influencent pas le climat.
(NB : ils sont vus comme des corps « chauds » en thermographie hivernale en raison de l'eau qu'ils contiennent).

Sécurité incendie

La question de la conformité des distances d'évacuation à l'intérieur du bâtiment doit être posée. De plus la question de la propagation des incendies par la façade entre les étages pose le problème du respect de la règle dite du « C+D ». Beaucoup de bâtiments ne répondent pas à cette norme. Les dispositifs, tels les isolations thermiques extérieures, ne doivent pas aggraver une situation existante en augmentant la combustibilité de la façade, ce qui peut être le cas si l'on emploie des matériaux particulièrement inflammables comme les dérivés du pétrole (polystyrènes entre autres).



Une distance verticale minimum entre étage doit être respectée afin de contraindre la propagation des flammes. D'après l'arrêté du 24 mai 2010 publié au Journal Officiel de la République Française n° 0154.

Qualité architecturale

Le diagnostic initial doit comprendre une analyse de la qualité architecturale de l'édifice. Le rythme des opérations de réhabilitations s'est fortement accéléré ces dernières années depuis la parution de la loi Grenelle 1 de 2008 qui prévoyait la réhabilitation des 800 000 logements sociaux en France dont les consommations étaient supérieures à 230 kWh/m²/an afin de les ramener sous 150 kWh/m²/an. Si l'objectif d'économie d'énergie est bien sûr une priorité (le panorama des pathologies thermiques que nous avons élaboré dans ce document le montre), à l'échelle nationale, beaucoup d'opérations ont été menées hâtivement sans prise en compte de la qualité architecturale des édifices qui est souvent jugée de prime abord comme sans intérêt.

S'il existe aujourd'hui un label « XXe » siècle protégeant un certain nombre d'édifices remarquables, cet inventaire n'est pas exhaustif et chaque maître d'œuvre devra développer sa propre expertise au cas par cas. De façon générale le maître d'œuvre devra adopter l'une ou l'autre des deux postures :

- « Préserver une architecture existante » : la réhabilitation se fait avec le souci d'une amélioration de l'existant mais sans modification de l'écriture architecturale et avec comme contrainte la préservation de la cohérence globale de l'édifice lorsque des éléments de seconds œuvres doivent être remplacés. **Dans ce cas l'isolation ne peut être traitée par l'extérieur**. La performance thermique pourra être nettement améliorée sans pour autant atteindre les meilleurs niveaux de performance.
- « Réhabiliter avec le parti pris de la réécriture architecturale » : c'est le cas le plus courant. Dans ce cas la démarche doit être pleinement assumée, et la réhabilitation doit être l'occasion d'une réelle requalification du bâtiment. **Le bâtiment existant devient alors le support de la production d'une architecture nouvelle**. Les marges de manœuvres

Rue du Moulinet (75013). Paris Habitat.
Bâtiment des années 1950 ne respectant pas la règle du « C+D ». En cas de réhabilitation, le maître d'œuvre devra intégrer à son programme la réduction des baies verticales s'il souhaite se conformer à la règle du « C+D ».

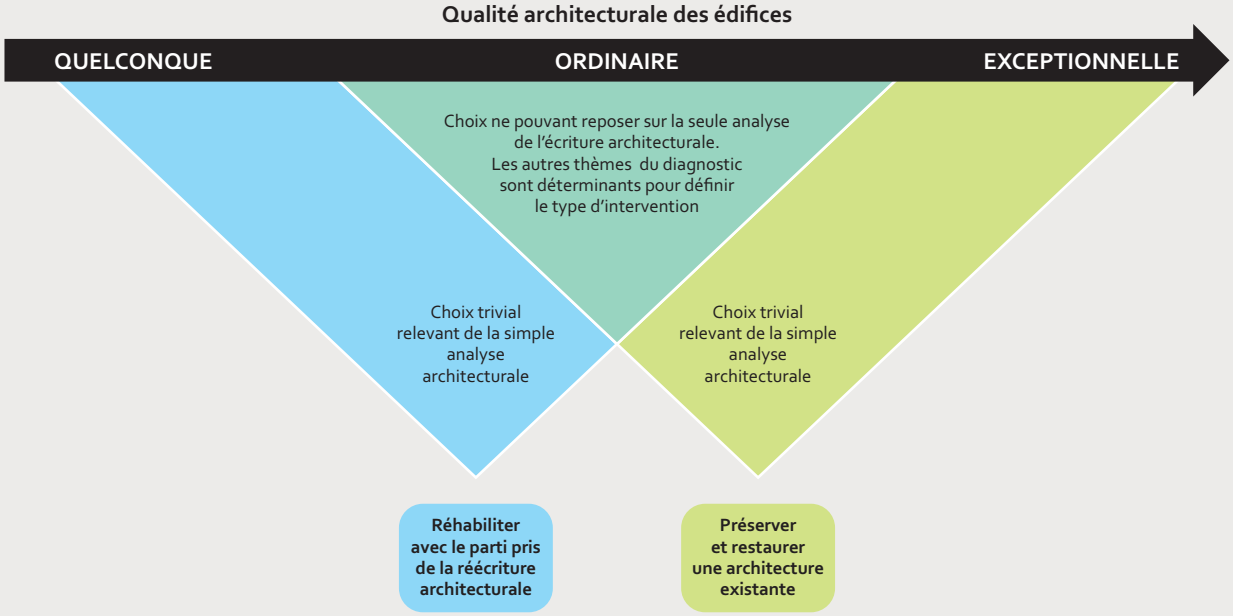
Rue Nationale (75013). RIVP.
Bâtiment en cours de réhabilitation. L'isolation thermique prévoit une alternance de deux types d'isolants afin de limiter la combustibilité de la façade. Les hauteurs d'étages sont majoritairement isolées par du polystyrène graphité (en gris foncé sur la photo) à la combustibilité élevée. Au droit des planchers une bande isolante en laine de roche (en marron sur la photo) est employée pour limiter la propagation du feu entre étages en cas d'incendie.

sont nombreuses : isolation extérieure, épaississement de la façade par double peau, création de murs trombes, double mur, etc. Dans ce cas des objectifs de performance énergétique élevés pourront être visés.

Si les bâtiments d'« architecture exceptionnelle » relèvent d'une intervention patrimoniale visant à préserver et restaurer le bâtiment, les bâtiments d' « architecture ordinaire » doivent faire l'objet une évaluation au cas par cas. Si l'analyse architecturale seule ne permet pas, de façon triviale, d'adopter l'une ou l'autre des deux postures, les autres thèmes du diagnostic interviendront dans la définition du programme, et notamment l'importance des pathologies thermiques à résoudre qui pourra faire pencher la balance en faveur de l'une ou l'autre des deux postures.

Qualité architecturale des édifices et types d'intervention

Qualité architecturale des édifices



Types d'intervention

4.1.2 Éléments relevant explicitement de la thermique du bâtiment qui serviront à définir les choix en matière de réhabilitation

Ponts thermiques

La performance thermique d'un édifice est fortement tributaire des choix des techniques constructives. En effet pour la génération de ces bâtiments, qui ont peu ou pas été isolés, les techniques constructives engendrent des problèmes thermiques variés auxquels il faut apporter des mesures correctives. La période de la reconstruction est le moment où le « pont thermique » apparaît de façon systématique dans l'habitat, ce qui crée des problèmes inédits et produit parfois des configurations insolubles en réhabilitation. Il est impossible de lister de façon exhaustive les situations de ponts thermiques rencontrées. On peut signaler quelques cas ultra-récurrents concernant :

- **Les structures porteuses** : Elles sont généralement composites, on trouvera couramment dans un même programme le recours à différentes techniques, précédemment listées dans la première partie de l'étude : ossature, coffrage de panneaux, panneaux préfabriqués lourds, etc. Toutes ces techniques ont leurs particularités et génèrent, selon leur mise en œuvre des problèmes thermiques plus ou moins complexes. Le coffrage tunnel peut générer des problèmes de ponts thermiques beaucoup plus importants que les traditionnels poteaux-poutres. En revanche les lourds refends porteurs produits par le coffrage tunnel sont des masses à forte inertie que l'on pourra valoriser dans la recherche du confort d'été, à l'inverse des structures poteaux-poutres qui sont sans inertie. Le goût pour la structure apparente a l'inconvénient d'être producteur de ponts thermiques mais il est aussi responsable de la dégradation et de la corrosion des ferraillages du béton armé. Un examen attentif est là aussi nécessaire, et si le projet ambitionne de préserver l'architecture existante, il faut que la carbonatation du béton et les fers corrodés soient traités.

- **Les joints** : Les modules préfabriqués lourds et légers posent des problèmes récurrents au niveau des joints, c'est leur principale faiblesse. On veillera en particulier à recenser les problèmes d'infiltration, il faut pour cela investiguer toutes les faces du bâtiment, en particulier les orientations Ouest et Sud qui sont les plus sensibles à la pluie à Paris. Les problèmes doivent être appréciés au cas par cas, les modules de préfabrication lourde ou légère ne généreront pas les mêmes pathologies, mais les modules de préfabrication légère, qui se sont révélés les pires à l'usage, ont l'avantage d'être facilement démontables et donc de permettre au maître d'œuvre de proposer une requalification complète sans intervention sur le gros œuvre (cf. fiche exemple Bois le Prêtre), c'est un atout.

- **Les balcons** : La présence de balcons rend l'isolation extérieure complexe à mettre en œuvre sur un bâtiment. Avec des balcons, le pont thermique du plancher est rarement traitable, et l'isolation extérieure, de par l'épaississement de la façade qu'elle opère, fait perdre de la place pour les usages du balcon. Bien sûr, tout est question de proportions. Si les balcons occupent une place minime dans la composition du bâtiment, l'isolation extérieure garde son sens, si par contre les balcons sont filants à tous les étages, l'isolation extérieure n'a aucun sens.

- **Les loggias** : Les ponts thermiques qu'elles génèrent sont parmi les plus sévères car les loggias sont souvent associées à des refends de type coffrage tunnel. Comme nous l'avons vu, ces ponts thermiques sont particulièrement importants. La solution la plus courante est de renoncer au traitement ponctuel des ponts thermiques en proposant une fermeture des loggias.

- **Les baies vitrées** : si les baies occupent une place très importante, l'intérêt de l'isolation (intérieure ou extérieure) décroît. Le cas critique étant la conjonction de balcons filants avec grandes baies vitrées, ici l'isolation thermique ne peut plus être envisagée.

- **Isolation thermique préexistante** : Les bâtiments de la reconstruction ne sont pas exempts d'isolation thermique, mais cette isolation est souvent partielle et a pu mal vieillir. Les modules de préfabrication lourds ou légers comprenaient souvent des épaisseurs d'isolants. Avec le temps leur pouvoir isolant a pu se perdre (notamment en raison des infiltrations mentionnées plus haut), ils devront être remplacés ou abandonnés au profit d'un nouveau système d'isolation (cas le plus courant). Les années 1950 ont popularisé l'emploi de la contre-cloison comme dispositif visant à modérer l'effet de paroi froide. Ce dispositif peut être intéressant aujourd'hui quand le maître d'œuvre opte pour une solution d'isolation intérieure, en effet l'épaisseur réservée à la contre cloison dépasse parfois les 10 cm ce qui permet d'intervenir par l'intérieur sans forcément démonter la contre cloison en remplissant le vide d'air par un isolant approprié. Le démontage complet de la contre-cloison au profit d'un dispositif neuf d'isolation est aussi envisageable mais il est plus complexe à réaliser et se prête mal à l'intervention en milieu occupé. Enfin beaucoup de façades de bâtiments ont été conçues à l'aide de bétons légers (pouzzolane, perlite, vermiculite, etc.) incorporés dans des panneaux préfabriqués. Ces matériaux au pouvoir isolant ont sûrement mieux vieilli que les polystyrènes employés dans les modules préfabriqués. Durant les premiers moments de la reconstruction, les bâtiments de type « MRU » étaient considérés comme des « HBM améliorées », un des points d'amélioration était l'intégration de bétons légers derrière lesquels on retrouvait l'ossature porteuse. Le niveau de performance thermique était alors relativement élevé pour l'époque (du niveau de ce qu'on atteindra avec la première réglementation thermique de 1974). Malheureusement ce niveau d'exigence vis-à-vis du confort thermique disparaît rapidement à mesure que l'industrialisation s'accélère dans les années 1950.

- **La pierre** : Enfin il faut mentionner le cas de la pierre et notamment celui de la pierre agrafée. La pierre a été utilisée tout au long de la période soit sous forme de pierre massive servant de coffrage perdu pour une ossature en béton armé, soit sous la forme de plaques de pierre déposées en fond de moule qui sont donc collées lors de la fabrication en usine de modules préfabriqués ou bien sous forme de pierre agra-

Exemples d'amélioration de la performance thermique des façades

	Solution technique adoptée par le maître d'œuvre		Choix architectural retenu par le maître d'œuvre
Rue de Romainville (75019)	ITE Isolation thermique extérieure	Cas simple d'une façade « sans accident ». L'isolation thermique extérieure est simple à mettre en œuvre. Une réduction des baies est à attendre avec le retournement de l'isolant en tableau.	Réhabiliter avec le parti pris de la réécriture architecturale
Rue Censier (75005)	~~ITE~~ ITI Isolation thermique intérieure	Les balcons filants sur tous les étages rendent trop complexe l'isolation extérieure. La présence d'une contre-cloison intérieure récupérable plaide en faveur d'une isolation intérieure, les ponts thermiques des planchers ne seront pas traités.	Préserver et restaurer une architecture existante
? (75013)	ITE	L'isolation extérieure peut être employée ici. On ne traitera pas les ponts thermiques des balcons.	Réhabiliter avec le parti pris de la réécriture architecturale
Avenue de Flandre (75019)	ITE DOUBLE PEAU	Façade employant des modules préfabriqués. Les démontages de modules sont aisés. Si la solution traditionnelle consiste à remplacer les modules existants par des modules conformes aux performances actuelles, un projet plus ambitieux peut voir le jour impliquant par exemple un épaississement du bâtiment.	Réhabiliter avec le parti pris de la réécriture architecturale
Rue de Vaugirard (75006)	~~ITE~~ ~~ITI~~	La façade est presque totalement transparente. En l'absence de parois opaques, les isolations intérieure et extérieure perdent leur sens. C'est le changement des baies qui apportera le plus de gain thermique. Les ponts thermiques des loggias sont a priori insolubles, à moins d'opter pour leur fermeture.	Réhabiliter avec le parti pris de la réécriture architecturale Préserver et restaurer une architecture existante
Avenue Montaigne (75008)	Correction thermique extérieure ITI	L'isolation extérieure classique est proscrite ici en raison de la forme du bâtiment qui se prête mal à un épaississement de sa façade (ouverture des baies rendue impossible à certains endroits). La pierre agrafée en façade peut être restaurée et le vide d'air comblé par un isolant, si l'épaisseur d'isolant est insuffisante on aura alors une simple correction thermique qui pourra être complétée d'une faible isolation intérieure.	Préserver et restaurer une architecture existante

fée, c'est-à-dire un parement de pierre attaché à la façade par des agrafes ménageant un vide d'air entre la pierre et le mur de façade. Le cas de la pierre agrafée est intéressant car d'un point de vue fonctionnel il ressemble au bardage qui est mis en œuvre actuellement lors d'opérations d'isolation extérieure. Comme dans le cas de la contre cloison, le vide d'air entre la pierre et le mur peut être mis à profit et rempli d'un isolant quelconque. Cette technique semble vraisemblablement adaptée aux bâtiments patrimoniaux pour lesquels un complément d'isolation est recherché sans modification d'aspect.

Systèmes de production et distribution de chaleur (chauffage, eau chaude sanitaire)

Le diagnostic thermique comprend impérativement un volet « système » qui inclut notamment la production et la distribution de la chaleur.

- **Chauffage collectif** : Dans les ensembles de la reconstruction, le chauffage est très majoritairement collectif, les niveaux de chauffage sont généralement élevés dans les appartements afin de « compenser » les pathologies thermiques comme les ponts thermiques ou les parois froides des grandes baies. Les systèmes collectifs sont facturés non pas proportionnellement à la consommation des logements mais selon leur surface ce qui induit des comportements énergétiquement peu responsables de la part des occupants. Tout programme de travaux doit comprendre un volet ambitieux sur les systèmes et notamment sur l'individualisation des charges, qui devra être effective d'après la loi dès 2017. Dans les programmes de réhabilitation, l'individualisation des charges de chauffage doit être recherchée, et les gaspillages propres au réseau de distribution doivent être repérés, ils peuvent être conséquents dans le cas de groupes de plusieurs bâtiments de logements branchés sur un mini-réseau propre à l'îlot. Parmi les 8 opérations de réhabilitation étudiées, aucune n'envisage l'individualisation des charges de chauffage.

- **Eau chaude sanitaire** : Une des sources de surconsommation des logements est liée à l'eau chaude sanitaire qui est délivrée via un système de bouclage, ce bouclage est continu afin d'éviter les risques de légionelle. Cette circulation permanente de l'eau chaude donne lieu à des consommations très élevées d'énergie du fait de la simple circulation du fluide. Ces consommations augmentent fortement à mesure que les logements sont éloignés de la chaufferie (ce qui peut être le cas lorsqu'une chaufferie dessert plusieurs bâtiments). Ce système de bouclage devrait être fortement remis en question dans la recherche de la performance énergétique. Une possible amélioration consiste à utiliser des « Modules Thermiques d'Appartements », qui sont des échangeurs à plaques permettant la production d'ECS dans le logement en utilisant le réseau primaire de chauffage. Dans ce cas le réseau de bouclage existant devient inutile et le comptage est réalisé de façon individuelle pour le chauffage et bien sûr pour l'eau chaude sanitaire. Si l'individualisation du comptage de l'ECS (Eau Chaude Sanitaire) n'est pas possible via cette solution alors l'ECS devrait quand même individualisée sous forme de ballon électrique d'appartement, des gains substantiels sur les factures sont attendus.

Ventilation

La ventilation est un autre sujet essentiel du diagnostic thermique. Tout comme la question des systèmes, nous nous contenterons de quelques généralités tant la diversité des situations rencontrées est grande. Les bâtiments de l'après-guerre sont regroupables en plusieurs catégories. Les bâtiments de la première génération sont ventilés de façon naturelle grâce à des percements de façade et à l'ouverture manuelle des ouvrants par les occupants. Les bâtiments de la seconde génération sont ventilés par des conduits « shunt » qui permettent de rassembler dans un seul conduit les évacuations de plusieurs appartements. À partir de ce moment certaines pièces humides deviennent aveugles. Puis vers la fin des années 1960, la ventilation mécanique contrôlée (VMC) fait son apparition, l'air intérieur du logement est alors « aspiré » de façon continue, le logement est mis en dépression. Les conduits shunt sont souvent reconvertis en VMC dans les opérations de réhabilitations. Un point de vigilance est à noter, les débits hygiéniques sont souvent faibles et en été ils sont insuffisants à rafraîchir le logement. Le tirage thermique naturel qui existait avec le conduit shunt peut être intéressant en été et disparaître avec l'arrivée de la VMC. Il faut donc être vigilant sur ce point pour éviter que la « passoire thermique » en hiver ne se transforme en « étuve » en été. Il y a un risque et il faut donc étudier cette question, d'autant que le calcul réglementaire n'impose rien à ce propos, il tendra même à favoriser les débits d'air les plus faibles ce qui n'est pas très bon en été. La question de l'utilisation d'une « ventilation hybride » (ou « naturelle assistée ») peut être posée, son fonctionnement basse pression permet théoriquement de s'adapter assez bien avec les conduits shunt existants. La phase de diagnostic et les enquêtes auprès des habitants devront permettre d'évaluer le degré d'acceptabilité des ventilations mécaniques par les habitants. On sait que son degré d'acceptabilité a été très faible dans l'habitat, et en particulier dans le logement social. Si le projet prévoit l'installation d'une ventilation à haut rendement comme la ventilation double flux, il faut s'assurer que les occupants s'en saisiront et intégreront son fonctionnement dans leurs pratiques de l'habitat. Si ce n'est pas le cas la plus-value énergétique sera nulle et le coût de l'opération sera notablement alourdi.

Confort d'été

Le confort d'été est le sujet de la thermique du bâtiment qui n'a quasiment aucune existence réglementaire. Il est pourtant essentiel lors des réhabilitations. Les ensembles des trente glorieuses sont conçus comme de véritables capteurs solaires. La lumière une fois dans le logement se transforme en chaleur qui doit être évacuée si on veut éviter les problèmes de surchauffe en été.

- La première précaution à prendre concerne les occultations. Ces dernières doivent exister, et être extérieures (persiennes métalliques, volets, jalousies, etc...).
- La deuxième précaution consiste à s'assurer de la capacité offerte aux occupants de surventiler leur logement la nuit en été. La configuration du logement traversant est très intéressante, la configuration mono-orientée est médiocre. Le

système de ventilation joue aussi : la ventilation naturelle est supérieure aux systèmes mécaniques.

- Enfin la capacité qu'a le bâtiment à emmagasiner du froid, en été, durant la nuit, est primordiale pour assurer le confort tout au long de la journée. Ainsi les structures massives, dalles pleines et refends, sont supérieures aux systèmes à ossature. Notons que dans le neuf il est courant de mettre un isolant de part et d'autre du refend porteur lorsque celui-ci marque la séparation entre deux logements voisins. Cette pratique s'est répandue pour éviter qu'en hiver le logement le plus chauffé ne serve de chauffage à l'autre puisque l'énergie transite naturellement de l'ambiance la plus chaude vers la plus fraîche (ce que certains appellent le « vol de calories »). En été par contre l'inertie du refend porteur est condamnée par l'isolation qui court sur les deux faces, on ne peut donc pas appliquer la logique de Rafraîchissement passif de l'habitat, par circulation de l'air et stockage du frais dans la masse du mur. Le recours à la climatisation sera dans ce cas la seule solution. Si cette pratique est malheureusement courante dans le neuf, elle ne doit pas se généraliser à l'habitat existant de l'après-guerre, car cet habitat est particulièrement sensible au risque de surchauffe.

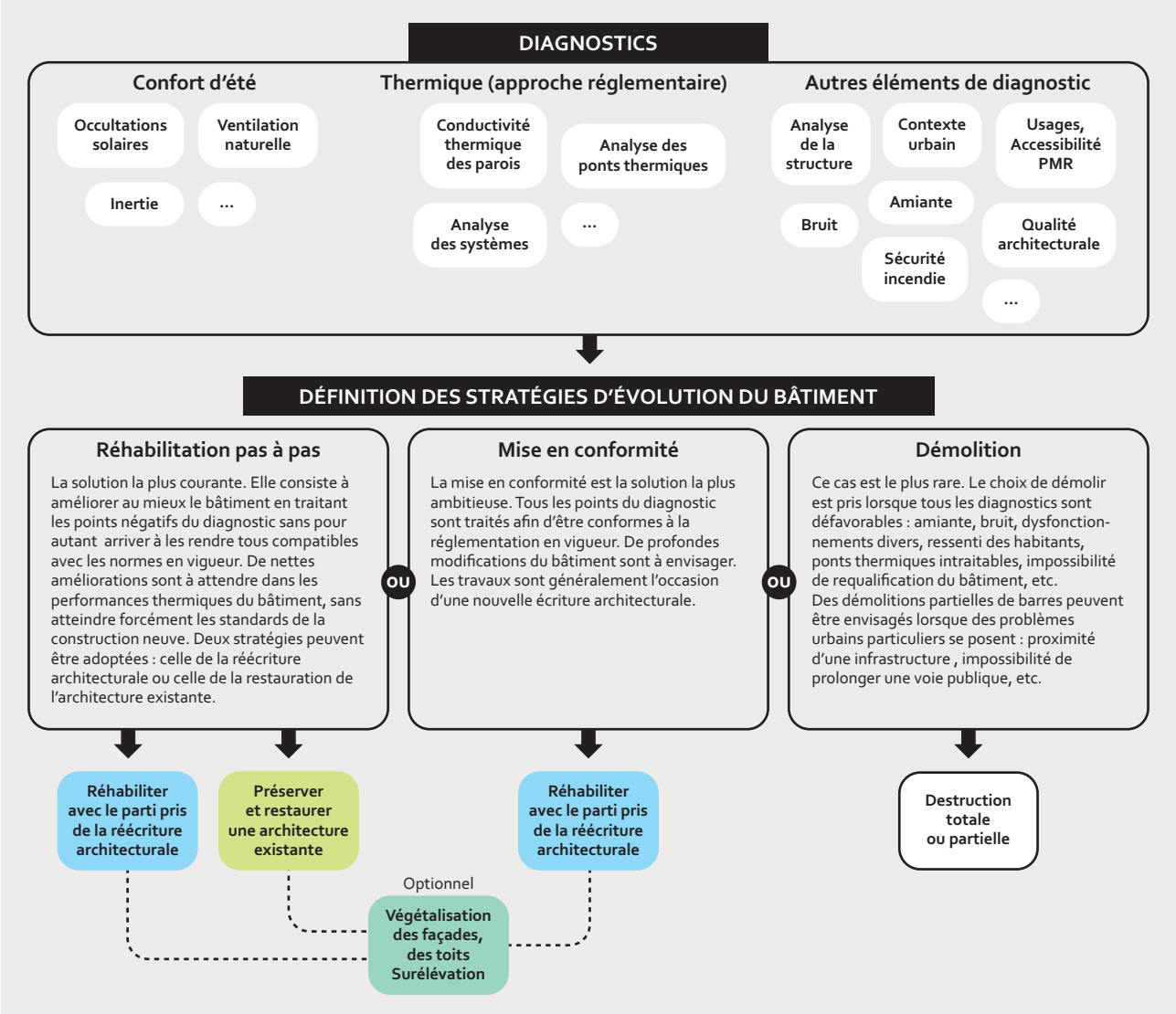
4.2 Rôle du maître d'œuvre

Le rôle du maître d'œuvre est d'avoir une vision globale de tous les éléments de diagnostic mis à sa disposition. Il définit les grandes lignes du projet selon les contraintes économiques, techniques et financières du projet et les priorités du maître d'ouvrage. Parmi les nombreux éléments de diagnostic des choix sont à faire car bien des thématiques peuvent se révéler mutuellement insolubles. Certains compromis permettront l'élaboration du projet global.

4.2.1 Stratégie d'intervention

On distingue 3 types de grandes stratégies :

- La stratégie la plus ambitieuse est celle de **la mise en conformité** : ici, une restructuration globale de l'édifice est généralement requise, elle suppose un bâtiment vide et elle est peu compatible avec la préservation de l'architecture existante.
- La solution de la **réhabilitation « pas à pas »** est la plus courante : une série de thématiques sont identifiées comme prioritaires pour le maître d'œuvre, elles constituent la base du projet, elles permettent d'améliorer globalement le bâtiment et d'accéder à des performances énergétiques raisonnables sans pouvoir toujours aboutir au niveau des standards

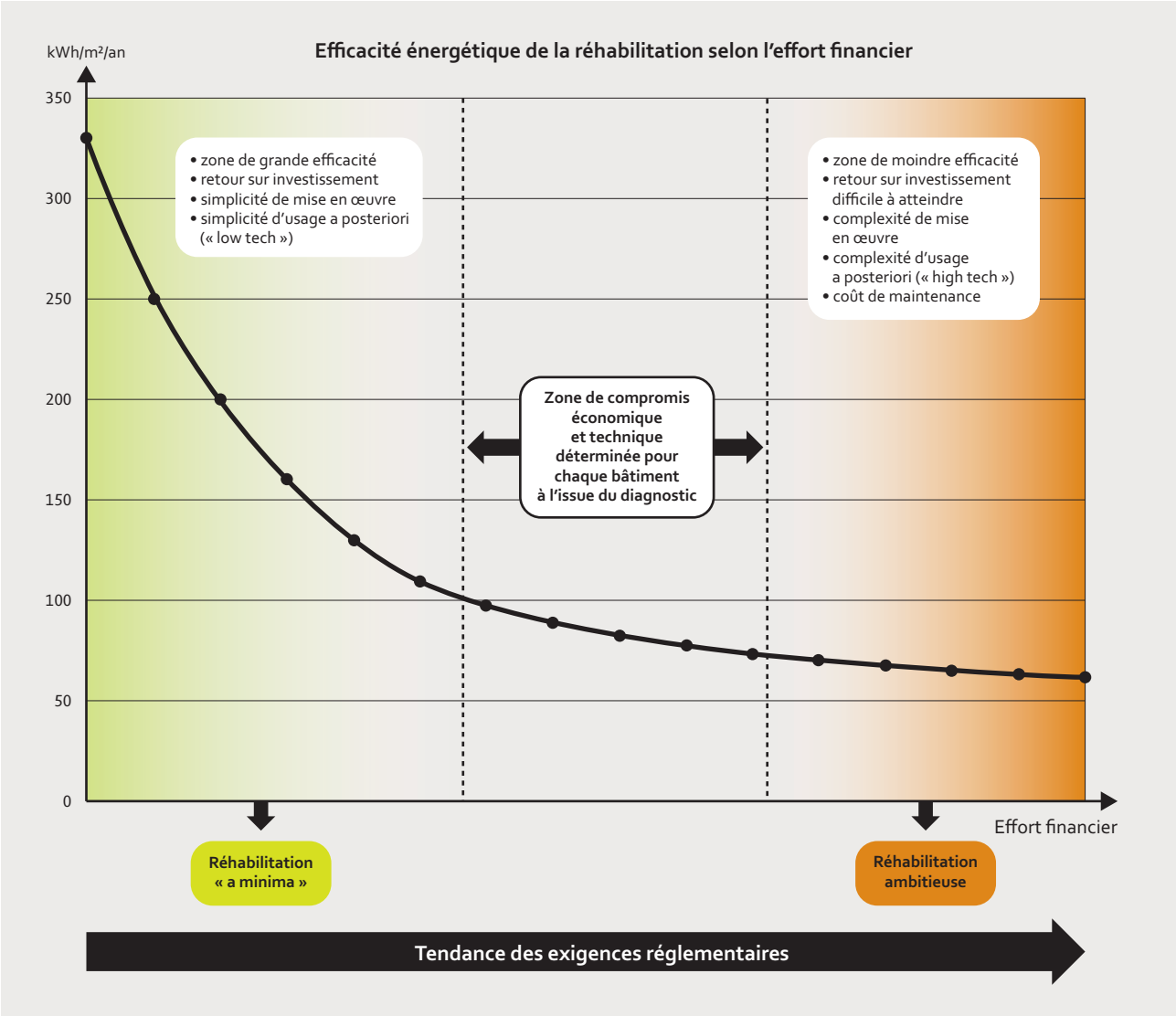


actuels, la préservation de l'architecture existante est dans ce cas envisageable si elle est souhaitée par le maître d'œuvre.
- Enfin le recours à la démolition est envisagé dans les cas extrêmes où trop d'éléments du diagnostic semblent insolubles et où la remise à niveau du bâtiment est presque impossible dans le contexte économique et technique du projet. Le choix de la démolition est rare.

4.2.2 Des diagnostics à l'élaboration du projet

Le rôle du maître d'œuvre s'inscrit dans la recherche d'un compromis. Il doit articuler des thématiques relevant de spécialités diverses afin de forger un projet global cohérent. Le maître d'œuvre doit aussi asseoir son jugement de façon autonome sans être captif des enseignements des différents diagnostiqueurs. Il doit avoir sa propre analyse des diagnostics dont il fait la synthèse. Il est parfois imprudent de favoriser l'hyper-sophistication ou la haute performance. Les bâtiments les plus simples à gérer sont aussi les plus pérennes et les moins coûteux. Ainsi pour reprendre l'exemple de la thermique du bâtiment, les solutions techniques qui seront proposées au maître d'œuvre n'ont pas toutes les mêmes chances de réussite.

On cite souvent en exemple la courbe d'efficacité énergétique en fonction de l'effort financier. Cette courbe n'a qu'une valeur qualitative, elle est à adapter à chaque projet, mais sa tendance, que l'on retrouve à peu près tout le temps est extrêmement intéressante. Le gain en matière d'économie d'énergie a une tendance fortement asymptotique. Les premières mesures de réhabilitation s'avèrent toujours très fructueuses car le passage d'un bâtiment non isolé à un bâtiment faiblement isolé change complètement la donne : c'est la première partie de la courbe, ce moment où chaque euro investi trouve une contrepartie efficace en termes d'économie d'énergie. À l'inverse la zone de droite, celle de la haute performance énergétique est une zone relativement coûteuse où les euros investis peuvent ne jamais être récupérés tout au long de la durée de vie des équipements et où la performance énergétique est sujette à une participation active des occupants, parfois illusoire, notamment quand il ne s'agit pas de propriétaires occupants. Le rôle du maître d'œuvre est, pour chaque projet, d'envisager cette zone de compromis entre la petite réhabilitation et la forte ambition énergétique. Cette zone dépend de chaque projet et est fortement contrainte par tous les éléments de diagnostics, même ceux ne relevant pas strictement du diagnostic thermique.



5/ De la réhabilitation à l'adaptation au changement climatique

Nécessité de l'adaptation

Les programmes de réhabilitation traduisent de façon concrète les légitimes aspirations actuelles en matière de transition énergétique. Ces réponses relèvent souvent d'une approche performantielle des problèmes, mais leur adaptabilité à un contexte climatique en forte évolution n'est pas garantie.
Les ensembles bâtis de l'après-guerre ont une qualité majeure : ils sont adaptables. La simplicité de leur conception d'origine fait qu'aujourd'hui il est possible de les réhabiliter dans des conditions économiques et techniques acceptables. Ils sont peu performants mais facilement adaptables. Les bâtiments neufs actuellement produits sont à l'inverse de ce paradigme, ils sont très performants et mais peu adaptables. Leur faible adaptabilité tient au postulat à l'origine de leur conception : une parfaite étanchéité à l'air et aux calories qui dimensionne totalement les projets et sur laquelle il sera difficile de revenir à postériori.
La prise en compte du changement climatique dans les nouveaux programmes de réhabilitation invite à opérer un glissement dans notre grille d'appréciation. Ce n'est plus seulement la performance qui est nécessaire mais l'adaptabilité. La vulnérabilité des programmes provient généralement de leur manque d'adaptabilité à long terme.
L'adaptabilité rime souvent avec « low-tech » (par opposition au « high tech »). Les systèmes techniques complexes nécessitent une mise en œuvre parfaite, un suivi et une maintenance parfaite. Ces présupposés en font des systèmes fragiles. Le concept d' « obsolescence programmée » a d'ailleurs émergé ces dernières années pour qualifier cette fragilité plus ou moins intentionnelle des dispositifs qui envahissent le bâtiment neuf aujourd'hui.
Dans la perspective du changement climatique, l'adaptation des ensembles bâtis de l'après-guerre est un exercice dans lequel on bénéficie d'une grande souplesse. Ces bâtiments ont été conçus simplement, les espaces non bâtis sont généreux et les sous-sols sont omni présents. L'adaptabilité de ces ensembles est donc excellente et sont pour les maîtres d'ouvrage qui le souhaitent de véritables terrains d'expérimentations.

Energies renouvelables et alternatives

Les énergies renouvelables sont aujourd'hui très intégrées aux différents programmes de réhabilitation. Les dispositifs les plus plébiscités sont les panneaux solaires ou les pompes géothermiques. Néanmoins ils ne sont pas les seuls à présenter un intérêt pour les bâtiments de l'après-guerre. Lorsqu'une modification de la façade est consentie dans le programme de réhabilitation, une réflexion poussée peut être conduite sur l'intégration du solaire comme moteur du projet. Par exemple, en présence de façades orientée au sud, la conception de mur trombe ou de double-peau peut aboutir à des résultats très intéressants tant sur le plan de l'isolation thermique que sur celui de la ventilation naturelle par tirage thermique. Ces dispositifs permettent d'échapper au très classique tryptique : laine de roche/double vitrage/VMC qui constitue l'essentiel des projets produits en France aujourd'hui.

Mutualisation à l'échelle de l'ilot

Si le concept de « bâtiment à énergie positive » semble faire son chemin pour l'habitat individuel en France, dans un contexte urbain dense, l'atteinte de la vertu énergétique suppose d'adopter une échelle de projet allant au-delà de la seule parcelle foncière. C'est souvent l'îlot qui s'impose naturellement comme l'échelle la plus cohérente en ville à laquelle peut être menée une réflexion sur la mutualisation des usages énergétiques. La diversité des usages de l'énergie se manifeste bien à cette échelle dans les tissus parisiens. A l'échelle de l'îlot, les modes de mutualisation énergétique trouvent tout leur sens.Mais, aujourd'hui, l'îlot ne possède aucune existence réglementaire en tant que telle, ce qui suppose des montages administratifs et juridiques expérimentaux et inédits. Dans le contexte des ensembles bâtis après-guerre, les parcelles et les ilots tendent à se confondre ce qui facilite la mise en œuvre opérationnelle de projets de mutualisation énergétique.

Ilot de chaleur urbain et zonage pluvial

Les épisodes caniculaires sont amplifiés en ville par le phénomène dit d'îlot de chaleur urbain. Ce phénomène est lié à la forme urbaine et à la grande minéralité des matériaux. L'intervention sur les sols minéraux pour les désimperméabiliser et y apporter de la végétation conduit à une correction appréciable de l'îlot de chaleur. Cette intervention apporte aussi une solution à la question du drainage des eaux de pluies, très fortement canalisées vers les égouts et qui peuvent être partiellement retenues ou infiltrées dans des sols perméables. Ainsi l'eau s'évapore et procure un rafraîchissement local de l'air ambiant.

La thématique d'adaptation au changement climatique couvre un large spectre de disciplines qui peuvent devenir des propositions pour le projet de réhabilitation. Chacune d'entre elle participe de l'adaptation de la Ville au changement climatique. S'il est difficile d'établir une liste exhaustive, quelques-unes de ces propositions sont présentées ci-dessous. Elles ont vocation à être combinées.

Boucle locale énergie
Il existe en ville une temporalité de l'énergie. Quand certains immeubles se chauffent d'autres ont besoin d'être refroidis. Ces besoins complémentaires se rencontrent en mi saison et en hiver, quand certains bâtiments, les grands magasins, les immeubles de bureaux se climatisent alors que leurs voisins utilisent le chauffage. La création de boucles locales d'énergie - des réseaux de faibles dimensions - permet d'échanger l'énergie entre ces différents types de bâtiments.

Murs productifs
Paris compte un grand nombre de murs pignons, sans fenêtre. Quand ils sont bien orientés, ils peuvent être équipés pour capter l'énergie solaire et participer à l'indépendance énergétique du bâtiment. Un dispositif ancien consiste à placer une baie vitrée sur l'ensemble de son côté extérieur : c'est le mur trombe. En hiver, il joue le rôle de serre et aide au réchauffement des logements. En été, il crée une aspiration d'air (cheminée thermique) permettant de les rafraîchir.

Isolation thermique
Aujourd'hui à Paris, le chauffage des bâtiments représente 60% de l'énergie qu'ils consomment. L'isolation thermique est donc la première mesure à prendre pour réduire ces dépenses. Elle peut être mise en œuvre à l'intérieur des logements ou à l'extérieur. Cette seconde option - la plus efficace - suppose que la façade n'ait pas de réelle valeur patrimoniale, un cas fréquent dans les cours parisiennes des tissus anciens.

Modification de la façade
Pour certains types de bâtiments, la recherche d'économies d'énergie peut faciliter la transformation complète de la façade. Les bâtiments des années 50 et 60 construits après la guerre se prêtent généralement bien à cet exercice car ils sont composés d'assemblages simples de grands modules qu'il suffit de démonter pour donner une nouvelle vie à la façade, l'épaissir et accroître les surfaces de logements tout en réduisant les consommations d'énergie.

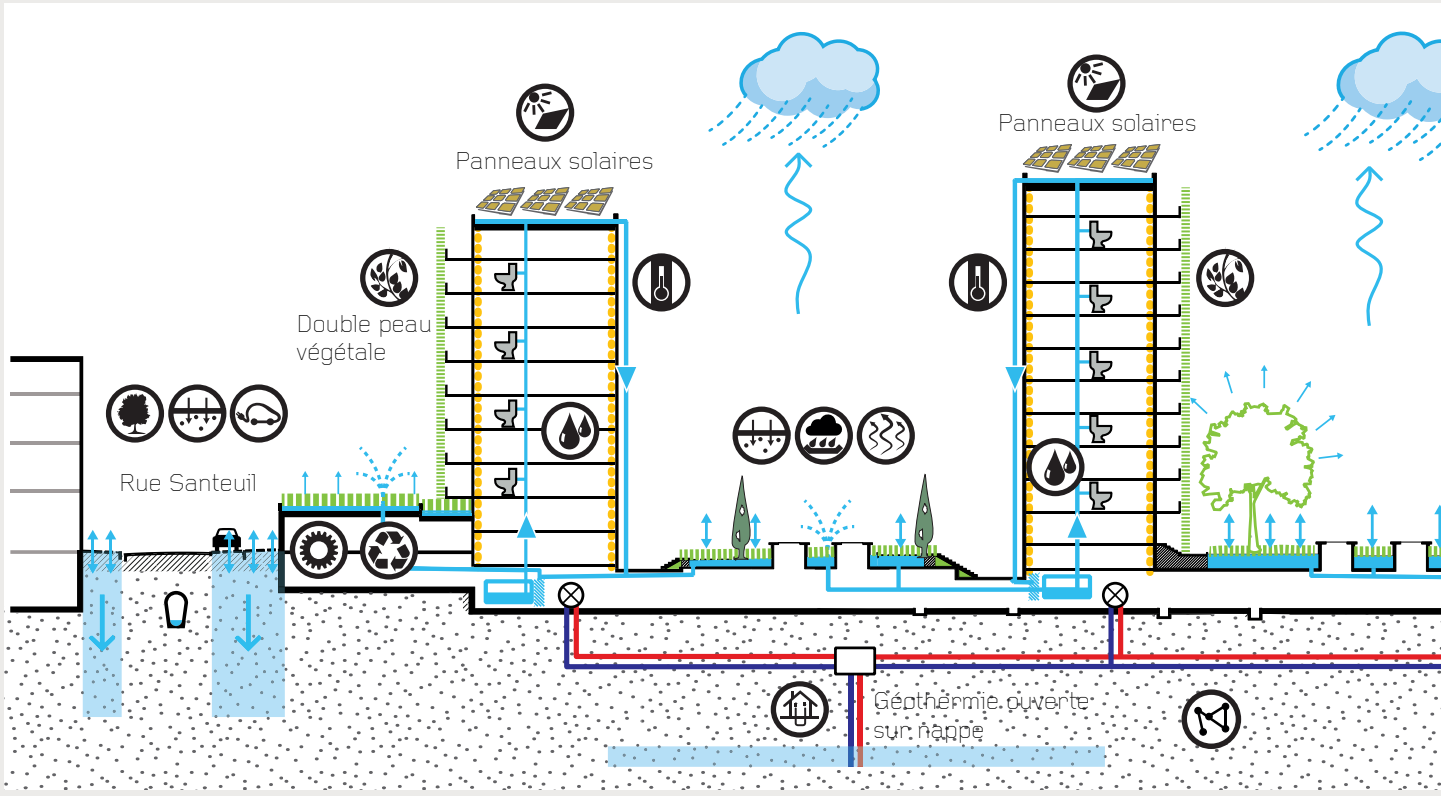
Géothermie
La température du sous-sol augmente avec la profondeur. La géothermie valorise cette énergie qui peut alimenter les bâtiments pour leurs besoins de chauffage et de rafraîchissement. A Paris, la géothermie dite « ouverte » offre le plus grand potentiel. Elle pompe l'eau chaude du sous-sol (jusqu'à 200m), en extrait les calories avant de la réinjecter dans la même nappe.

Eolienne urbaine
Le caractère turbulent des masses d'air en ville n'est pas favorable pour la production d'électricité via les éoliennes. Néanmoins, dans les lieux suffisamment hauts et bien exposés, elles peuvent participer à l'indépendance énergétique du territoire soit pour une production ponctuelle d'électricité soit pour remonter de l'eau de pluie stockée en pied d'immeuble.

Panneaux solaires
L'énergie solaire permet de produire de l'eau chaude et de l'électricité. Son développement participe à l'indépendance énergétique de la ville. Les panneaux sont montés sur des supports puis inclinés face au sud sur les toits plats et intégrés dans la pente des toitures inclinées. Seules celles exposées au soleil sont intéressantes. Généralement, la quantité de panneaux solaires installée est dimensionnée selon les besoins des occupants du bâtiment. Pour les immeubles à très grandes surfaces de toitures, la totalité de l'espace peut être consacrée à la production solaire. L'énergie produite a alors vocation à être redistribuée aux alentours ou sur le réseau d'électricité. On parle de centrales solaires.

Chauffage urbain
Paris et certaines communes de la métropole ont un réseau de chauffage urbain dans lequel circule de la vapeur d'eau. Ce réseau alimente en chaleur l'équivalent de 500 000 logements en chauffage et eau chaude. L'eau qui circule dans ce réseau sous la forme de vapeur est chauffée pour moitié par l'énergie dégagée par l'incinération des ordures ménagères et l'autre moitié vient du charbon, du gaz et du fioul. Le verdissement de ce réseau par une augmentation de la part d'énergie apportée par des énergies renouvelables et sans carbone comme la biomasse est un objectif majeur.

Eaux grises
Les eaux grises sont les eaux usées des bâtiments (vaisselle, douches, lave-linge). La performance énergétique des bâtiments suppose d'endiguer les gaspillages à tous les niveaux. Ainsi cette eau grise souvent chaude déversée dans les égouts équivaut à rejeter de l'énergie en pure perte. La valorisation des eaux grises consiste à récupérer les calories avant le départ à l'égout par un échangeur thermique très simple en lien avec l'arrivée d'eau installée dans l'immeuble.



Ventilation Naturelle
Dans les logements, la simple ouverture des fenêtres suffit généralement à créer des courants d'air dont les occupants bénéficient pour se rafraîchir sans le recours à de la climatisation. C'est particulièrement vrai dans les logements anciens qui profitent de la circulation spontanée de l'air entre cour et rue. Ce mécanisme de ventilation naturelle est précieux dans la recherche de l'adaptation au changement climatique. Les cours et les courettes qui le permettent doivent être préservées et développées. Les dispositifs techniques (ventilations mécaniques, climatiseurs) rejettent de l'air chaud dans les cours et sont consommateurs d'énergie.

Terrasses accessibles
Les toitures terrasses aujourd'hui sont généralement inaccessibles, réservées à l'installation d'équipements techniques, comme les gaines de ventilations mécaniques. Les rendre accessibles et confortables s'avère bénéfique à la fois pendant les moments de canicule (ce sont des espaces plus frais) mais aussi pour accueillir de l'agriculture ou plus simplement de la végétation et des espacés partagés. Si les toits sont en légère pente, leur accessibilité peut être réalisée en superstructure grâce à une construction légère, un « deck » en bois.

Surélévation
Certains bâtiments se prêtent à des extensions verticales, notamment lorsqu'ils ont été édifiés entre des immeubles les dépassant nettement en hauteur. Les surélévations accroissent la surface habitable d'un bâtiment et constituent une source de revenu pour la copropriété souhaitant financer des travaux de rénovation et d'économies d'énergie.

Végétalisation du bâti (toits, murs)
Lors des périodes de canicule, Paris connaît des épisodes de surchauffe dus, entre autres, à son caractère fortement minéral qui retient la chaleur. La végétalisation des bâtiments (toits et murs) rafraichît la ville notamment grâce à la transpiration des végétaux.

Arbres d'alignement
La présence d'arbres dans les rues rafraîchit l'air ambiant grâce à la transpiration des végétaux et augmente les zones ombragées. La plantation de nouveaux arbres d'alignement s'inscrit dans la stratégie d'adaptation au changement climatique de Paris.

Evaporation
L'eau liquide répandue sur la chaussée ou les trottoirs s'évapore peu à peu, et se transforme en vapeur d'eau. Cette évaporation dégage de la fraîcheur. Ce mécanisme permet de lutter efficacement contre les fortes chaleurs de l'été en ville.

Récupération eau de pluie
A Paris, l'eau de pluie est majoritairement renvoyée vers les égouts alors qu'il s'agit d'une eau relativement propre. Sa récupération et son stockage peuvent s'avérer stratégiques dans une logique de préservation de la ressource. Ainsi, tous les usages qui ne nécessitent pas une qualité d'eau potable, comme les sanitaires, l'arrosage, le nettoyage, pourraient être assurés par de l'eau pluie récupérée. Le réseau d'eau non potable fourni l'eau pour le nettoyage des rues.

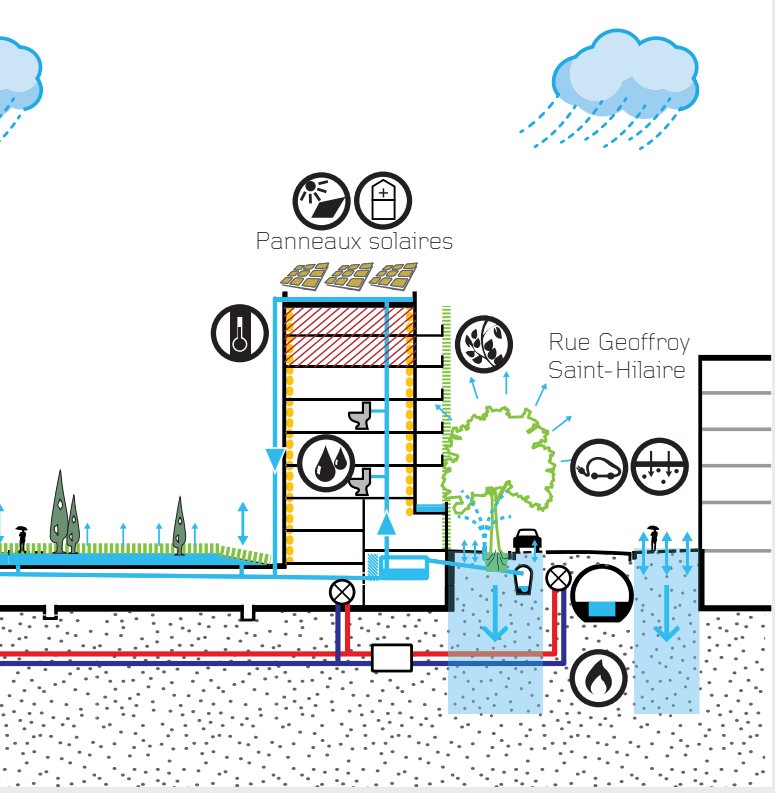
Sols perméables
L'asphalte et le bitume ont conquis l'espace public parisien au cours du XXe siècle en raison de leurs bonnes propriétés mécaniques et la simplicité de leur mise en œuvre. Mais ces matériaux présentent deux inconvénients : ils retiennent la chaleur et contribuent à l'inconfort de la ville en été ; revêtements imperméables, ils redirigent les eaux de pluie dans les égouts, ce qui en période de fortes précipitations conduit à leur saturation et à la dégradation des rejets dans la Seine. L'emploi de matériaux plus perméables permet de retrouver un cycle de l'eau plus naturel en infiltrant l'eau de pluie au plus près de son point de chute et en réduisant les rejets en égout. La perméabilité du sol favorise aussi l'évaporation de l'eau et participe au rafraîchissement de la ville. La circulation de l'eau dans l'espace public permet de retenir les poussières et améliore la qualité de l'air.

Nouvelles mobilités
L'adaptation au changement climatique suppose de réduire l'usage des combustibles fossiles. Le développement des mobilités électriques et des mobilités partagées offre aux usagers d'être moins dépendants de l'énergie carbonée et d'être moins exposés aux coûts d'entretien des véhicules.

Recyclage, réemploi
La réduction des émissions de carbone d'une ville comme Paris passe par la maîtrise des consommations des matières premières. Nombre d'objets n'ayant plus d'utilité peuvent être récupérés dans des lieux dédiés puis réparés. Sur l'espace public l'installation de composteurs autorise la valorisation des matières fermentescibles et la production d'engrais.

Fabrique de quartier
L'utilisation commune des modes de production réduit l'empreinte carbone de l'activité. Dans ce but, la mutualisation des espaces de travail, la mise en commun des outils, du matériel informatique, par exemple, sont nécessaires.

Agriculture urbaine
Paris dépend fortement des approvisionnements extérieurs pour son alimentation. Or, il est possible de redonner un caractère agricole à nombre de ses espaces comme certaines terrasses, cours et espaces publics. Au-delà de leur moindre impact carbone, ces cultures vivrières sont aussi sources d'emploi et de création de lien social.



COUPE ÎLOT CENSIER

Entre 1961 et 1964, dans le cadre des programmes de rénovation urbaine de l'après-guerre, de nombreux quartiers insalubres sont démolis et remplacés par des ensembles dits d'architecture moderne composés de barres et de tours. L'Ilot Censier a été réalisé sur ce modèle et à cette époque (architecte Henry Pottier). Une dalle plantée de parterres et de quelques arbres à grand développement couvre le sous-sol occupé par un parking. Aux logements, majoritairement gérés par Paris Habitat, s'ajoutent une crèche, un garage et l'université Paris 3.
La coupe représente de façon schématique l'intégration possible de divers dispositifs relevant de l'adaptation au changement climatique : dispositifs d'économie d'énergie, surélévation, rétention d'eau dans le jardin sur dalle, double peau végétale s'appuyant sur les balcons existants, réseau de mutualisation énergétique à l'échelle de l'îlot, traitement des sols permettant l'infiltration, etc.

Remarques suite aux études de cas

Une situation parisienne spécifique

L'étude de la situation parisienne révèle un panorama assez nuancé dans lequel on retrouve une grande variété de bâtiments aux performances thermiques diverses. Le statut particulier de Paris l'a peu exposé aux balbutiements désastreux des chantiers expérimentaux de l'après-guerre qui ont produit en masse des logements aux caractéristiques constructives et thermiques souvent médiocres.
Dans Paris, ont cohabités deux systèmes de production du logement : d'une part, les immeubles de standing qui sont la prolongation de l'immeuble bourgeois de la fin du xixe siècle, d'autre part la logique de l'habitat subventionné de type HLM qui s'aligna quelque peu sur les standards de la construction en France de cette époque.
Ainsi, dans le cas du bâti parisien, on aborde la réhabilitation en distinguant deux catégories de bâtiments:

- l'immeuble de standing dont la conception initiale a pu produire de nombreuses pathologies thermiques qu'il conviendra de corriger et de traiter dans des opérations de réhabilitations dans le respect de la qualité architecturale des édifices si elle est remarquable ;
- les logements HLM dans leur grande variété qui implique la prise en compte à la fois les pathologies thermiques et les multiples problèmes d'usage qui existent tels que: les problèmes d'accessibilité et les dysfonctionnements liés à l'évolution des modes de vie qui peuvent rendre ces bâtiments inadaptés.

Les bâtiments de l'après-guerre sont les plus énergivores et les moins respectés lors des réhabilitations thermiques.
Les bâtiments construits entre 1945 et 1974 ont été conçus à une époque où l'on pensait que la capacité de réguler climatiquement les locaux (chauffage et climatisation) permettait de s'affranchir des contraintes climatiques et n'influençait plus la forme architecturale.
Aujourd'hui le contexte énergétique est aux antipodes de ce monde de l'après-guerre. La contrainte forte qui pèse sur le climat et la dépendance accrue de la France vis-à-vis des importations d'énergie fossile incitent à rénover en priorité ces bâtiments qui nous apparaissent au xxie siècle comme des ovnis énergétiques. **Il y a là un enjeu important alors que ces bâtiments, désignés comme cibles prioritaires depuis la promulgation des lois «grenelle 1» de 2008, souffrent d'une image négative, qui a légitimé beaucoup d'opérations de réhabilitations hâtives et mal conçues. Ils sont à reconsidérer.**

La réhabilitation progressive de l'habitat est souvent plébiscitée lors de l'intervention en milieu occupé. La mise en conformité globale du bâtiment est pratiquée lorsque le bâtiment est inoccupé.
Dans les opérations analysées, la réhabilitation progressive a été généralement retenue.
Au-delà de l'amélioration de la performance énergétique du bâti, **l'amélioration de la qualité de l'espace du logement reste la clé de la réussite des projets**. Les bâtiments de l'après-guerre ont souffert d'une trop grande normalisation du logement, les projets de réhabilitation peuvent être l'occasion d'une certaine libération de l'espace de l'appartement et d'une nouvelle appropriation des espaces intérieurs et extérieurs par les habitants.
La réussite d'une opération de réhabilitation ne se résume pas à la superposition plus ou moins savante de dispositifs techniques d'économie d'énergie, elle n'est effective que si elle se traduit par une amélioration concrète dans laquelle l'occupant est activement impliqué. À l'inverse, quand l'habitant a l'impression de subir les évolutions du bâtiment, les objectifs de performance énergétique ne seront pas intégrés dans sa pratique quotidienne des lieux et il sera alors beaucoup plus difficile de les atteindre quelle que soit l'ambition du projet.
Lorsque les bâtiments sont inoccupés ou peuvent bénéficier d'opérations tiroirs de relogement, la mise en conformité globale est souvent préférée, ce qui suppose généralement la modification complète du second d'œuvre et une réaffectation globale des surfaces.

Les priorités retenues dans les programmes de réhabilitation vont devoir évoluer.
Le surinvestissement dans la requalification des façades, en raison de leur grande visibilité, se fait souvent au détriment de la requalification des systèmes de chauffage qui sont l'un des plus gros postes de dépense énergétique du bâtiment. **L'individualisation voire la refonte totale d'un système de chauffage collectif est pourtant très efficace pour faire chuter réellement la facture énergétique**. (Malheureusement ces travaux sont généralement le parent pauvre des opérations de réhabilitations car invisibles.)
Ainsi nombre d'opérations de réhabilitation souffrent de ce déséquilibre entre interventions «visibles» et interventions «invisibles» comme celles portant sur les systèmes de chauffage ou de ventilation. Ce déséquilibre se traduit après coup, souvent, par des économies d'énergie décevantes par rapport aux estimations de la conception.
À l'avenir, la recherche de la performance devrait laisser place à la recherche de l'adaptabilité. Dans un contexte de climat évoluant tout au long du xxie siècle, là où la «performance» correspond à une réponse technique pertinente à un moment donné, l'«adaptabilité» correspond à la recherche de solutions évolutives qui se révèlent robustes à long terme.

Synthèse des bonnes pratiques

La réhabilitation thermique d'un bâtiment est généralement l'occasion d'une réhabilitation globale qui s'élabore sur la base de multiples diagnostics permettant la prise en compte de toutes les pathologies et dysfonctionnements liés au bâtiment. Notamment, on peut citer les points suivants :

❶ La compréhension des usages est nécessaire en amont de toute intervention.
L'utilisation des espaces extérieurs, les cheminements piétons ainsi que les modes d'habiter renseignent précisément sur l'appropriation du site par les occupants et indiquent des pistes à suivre pour améliorer la situation existante, en particulier si des dysfonctionnements sont identifiés.

❷ Des réhabilitations à penser au cas par cas.
Les stratégies de réhabilitations à réaliser aujourd'hui dans le stock bâti sont à aborder sur la base d'un diagnostic initial. Chaque bâtiment se révélera alors comme un cas unique qui nécessitera de mettre en place une méthode de réhabilitation «sur mesure» qui valorisera les points forts du bâtiment, s'il en a, et qui tentera de résoudre les défauts, voire les aberrations, du programme initial.

❸ La prise en compte du confort d'été est dans tous les cas nécessaire.
Elle est effectuée à l'initiative des maîtres d'œuvre et d'ouvrage car elle ne relève pas de l'application d'un quelconque cadre réglementaire (la réglementation thermique aborde très peu ce sujet). Elle est essentielle dans un contexte de changement climatique surtout en ville avec la problématique particulière de la surchauffe estivale du milieu urbain (phénomène dit d'« îlot de chaleur urbain »). La prise en compte de la thermique d'été se traduit à la fois dans la réhabilitation du bâtiment (restauration des occultations, etc.) et dans l'aménagement des espaces extérieurs.

❹ La lutte contre Ilot de chaleur urbain : importance de la végétalisation et de sols poreux dans les espaces non bâtis, récupération et utilisation de l'eau de pluie sur place.
La prise en compte du changement climatique et de son effet cumulé avec l'îlot de chaleur urbain parisien incite à intervenir sur les espaces non bâtis. La surchauffe estivale peut être tempérée par un abandon progressif de matériaux minéraux imperméables – dans les cours, les jardins et les parkings de surface – au profit de matériaux de sol perméables permettant de rafraîchir l'air ambiant par évaporation et infiltration de l'eau. Développer des systèmes de plantations multistrates végétales entre les bâtiments permet de produire des zones ombragées et de renforcer la fraîcheur de l'air via l'évapotranspiration diurne des végétaux.

❺ Les questions d'acoustiques, notamment les bruits intérieurs sont un sujet de préoccupation.
Il est probable que les projets d'amélioration des performances thermiques auront tendance à exacerber les bruits intérieurs. Ce problème est aussi à identifier en amont.

❻ La prise en compte de la qualité architecturale de l'édifice est déterminante dans la conduite du projet.
Deux types de postures sont à retenir :
- la préservation et restauration d'une architecture existante, sans intervention sur la façade ;
- la requalification de la façade qui devient le support d'une nouvelle architecture.

Le positionnement en faveur de l'une ou l'autre des deux postures doit être clair et affirmé. Les positions intermédiaires, celles que l'on qualifiera de « pastiches », produisent des opérations dans lesquelles l'isolation extérieure, produit généralement une mauvaise imitation de l'architecture antérieure du bâtiment.

❼ La rénovation des systèmes de chauffage est un point essentiel des projets de réhabilitation.

Les bâtiments de l'après-guerre ont souvent adopté des niveaux de chauffage trop élevés et mal maîtrisés. Une réflexion sur l'individualisation des charges est à mener systématiquement.

❽ La distribution d'eau chaude sanitaire est l'un des gros postes de consommation énergétique du bâtiment, les pertes de bouclage doivent être quantifiées et traitées.

❾ La ventilation des logements est un sujet incontournable de la réhabilitation thermique.

Les solutions théoriquement les plus performantes d'un point de vue énergétique, comme la ventilation double flux, se révèlent souvent peu intéressantes à l'usage. Elles nécessitent une maintenance attentive et une participation active des occupants, qui sont souvent illusoires. Les solutions de ventilations mécaniques aux débits légèrement plus importants peuvent se révéler plus intéressantes à l'usage pour assurer la salubrité des logements et prévenir les moisissures. Les conduits existants peuvent être réemployés pour de nouveaux systèmes mécaniques.

❿ La mutualisation énergétique à l'échelle de l'îlot.

L'échelle du bâtiment, souvent considérée comme seule pertinente dans les projets de réhabilitation, est peu efficiente en ville. Le développement de réseaux d'échanges énergétiques propre aux îlots permet de penser l'efficacité énergétique à une échelle plus large, de mutualiser et d'échanger avec ses voisins.

Annexes

Fiches d'analyse de 8 opérations de réhabilitation

p. 57 **25-31 rue Boussingault/72-76 rue Vergniaud/78-84 rue Brillat-Savarin, 75013,**
construit en 1959, copropriété privée

p. 63 **5-9 boulevard du Bois Le Prêtre/6 rue Pierre Rebière, 75017,**
construit en 1961, propriétaire Paris-Habitat

p. 69 **65-71 rue Curial/2-10 rue G. Tessier/234-254 rue de Crimée, 75019,**
construit en 1966, propriétaire Paris-Habitat

p. 75 **1-11 quai de Metz/48t-52 quai de la Marne/33-35 rue de Thionville, 75019,**
construit en 1967, propriétaire I3F

p. 81 **19-25 rue Mathis/26-34 rue Archereau, 75019,**
construit en 1967, propriétaire Siemp

p. 87 **10-14 rue Julien Lacroix/76-96 rue des Couronnes/21-25 rue d'Eupatoria, 75020,**
construit en 1967, propriétaire Paris-Habitat

p. 93 **55-57 rue Brillat-Savarin/26 rue de Rungis/49-53 rue Auguste Lançon, 75013,**
construit en 1971, propriétaire Gécina / G7

p. 99 **27-27 bis rue de la Glacière, 75013,**
construit en 1974, propriétaire Arcade / Antin Résidences

25- 31 rue Boussingault/72-76 rue Vergniaud/ 78-84 rue Brillat-Savarin, 75013

Résidence des Prés de Montsouris : 176 logements

Copropriété privée

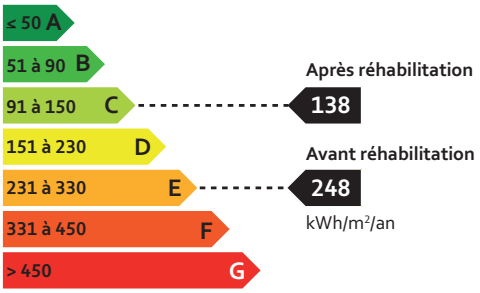
Travaux effectués

Isolation thermique extérieure : enduit sur laine de roche et briquette sur polyuréthane.

Pas de traitement des ponts thermiques des balcons.

Récriture architecturale.

Énergie



Chauffage + ECS
Après réhabilitation : consommations estimées par le calcul
Avant réhabilitation : consommations estimées par le calcul
Source : Prebat

Contexte urbain et données architecturales

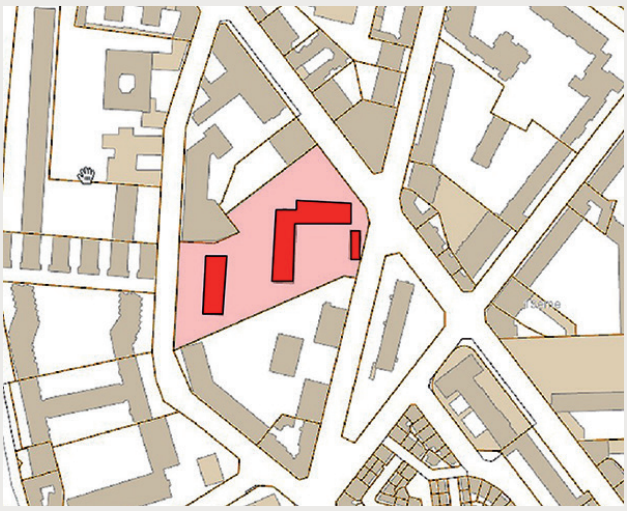
Situé au sud du quartier de la Butte aux Cailles, dans un secteur qui a fait l'objet d'une rénovation urbaine aprés guerre.
La résidence du 25-31 rue Boussingault accueille 176 logements et a été construite en 1959 par J. Rivet et H. Lassen arch. Incluse dans l'Opération Programmée d'Amélioration Thermique des Bâtiments du 13e arrondissement (OPATB 13E) engagée en 2010, la résidence a été réhabilitée par l'agence IDF architecture et la maîtrise d'ouvrage assurée par le syndicat des copropriétaires. Le dossier relatif aux travaux réalisés est en cours d'instruction pour obtenir le LABEL CERQUAL.

Caractéristiques architecturales
La parcelle traversante de 6 625 m², est occupée par trois bâtiments de 10 étages implantés sans mitoyenneté en cœur d'îlot et en retrait d'alignement sur rue. Le plan-masse libre dégage 5 000 m² d'espace libre privé protégé au PLU (EVP).

Les trois immeubles avec des caractéristiques similaires

- Façade avec structure apparente, poteaux et voile de refend, définissant une série de travées verticales de 2,6 m de large dans lesquelles s'insèrent soit des ouvertures horizontales sur allèges, soit des portes-fenêtres toute hauteur ouvrant sur un balcon.
- Plan des étages courants identiques distribués par deux cages d'escalier : deux bâtiments avec 6 appartements par étage dont 2 traversants et un bâtiment avec 4 appartements traversants. Les séjours sont équipés de balcons.
- La production du chauffage et de l'Eau Chaude Sanitaire est collective et centralisée en sous-station CPCU.

Situation



Plan-masse

État avant travaux (novembre 2013)

L'état général du bâti est moyen, faute de travaux d'envergure, excepté les travaux d'isolations phoniques, thermiques et d'étanchéité des toitures terrasses en 2011, (Source : rapport « Projet Compact », octobre 2014, Recherche PREBAT).

Les façades non isolées et présence dominante de surfaces vitrée

- Les façades sans isolation présentent d'importantes surfaces vitrées. Les parties pleines se limitent aux allèges constituées de panneaux en béton armé de 24 cm d'épaisseur se réduisant au droit des extrémités des dalles de plancher. Les poteaux apparents s'élèvent sans interruption sur les 10 étages.
- La majorité des fenêtres, équipées de volets roulants ont un simple vitrage encadré par des châssis métalliques, ainsi que les ensembles vitrés des 6 cages d'escalier.
- Les balcons accessibles par des portes-fenêtres sont coulés en continuité avec les dalles de planchers radiants.

L'obsolescence de la sous-station du CPCU

La sous-station (chaufferie), alimentée par le réseau du CPCU, répartit la chaleur nécessaire à l'ECS et au chauffage des appartements par planchers radiants. Mise en service en juin 1981, la sous-station initiale arrive en fin de cycle.

Ventilation Naturelle Réhabilitée (VNR)

Le système de ventilation comporte : VNR avec conduits shunt d'extraction dans les salles de bains aveugles et les cuisines, grilles d'aération en partie haute des fenêtres des pièces principales. Conduits d'extraction de fumées inutilisés dans les séjours et les chambres.

Diagnostic et amélioration des performances énergétiques

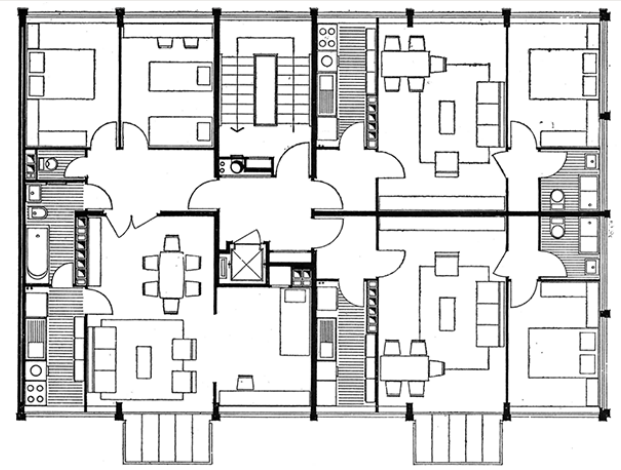
Les travaux visant à réduire les consommations d'énergie doivent faire passer la résidence de la classe E (248 KwEP/ m²) à la classe C (138 KwEP/ m²) représentant une économie d'énergie de 40 % (source ; rapport « Projet Compact », octobre 2014, Recherche PREBAT).

Le Diagnostic des Performances Énergétique de la résidence réalisé à l'hiver 2010- 2011 dans le cadre de l'OPATB 13 ° (rapport Pouget,) a permis de dresser un bilan thermique.

Importantes surfaces vitrées en façade

Les balcons au droit des séjours

Ossature apparente en façade



Plan d'étage courant (extrait),
appartement mono-orienté et à double orientation

Travaux d'amélioration des performances énergétiques

Coût des travaux : 1 864 240 euros
L'opération a bénéficié d'aides financières publiques de la Région IDF, la Ville de Paris, l'ANAH et l'ANAH handicap dans le cadre de l'OPATB 13E. 1 200 000 euros restant à la charge des copropriétaires.

Intervenants
Maîtrise d'ouvrage : Syndicat des copropriétaires, maîtrise d'œuvre : IDF Architecture,

Durée de l'opération
Début des travaux en novembre 2013, fin travaux prévue en décembre 2015.

Les travaux réalisés concernent l'isolation des façades, la rénovation de la sous-station CPCU, l'amélioration des systèmes de ventilation, la mise aux normes électriques des caves et la mise aux normes PMR, l'isolation du plancher haut des sous-sols de même que le remplacement des ensembles vitrés sur halls plus étanches que les ensembles d'origine.

Les façades

- Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) des façades par des panneaux de laine de roche d'une épaisseur de 6 à 20 cm recouverts d'un enduit. Une ITE spécifique, au rez-de-chaussée et sur une partie du premier étage par revêtement résistant aux chocs recouverts de plaquette de parement en silico-calcaire de 1 cm d'épaisseur.
- Remplacement de la majorité des fenêtres et portes-fenêtres par des châssis en PVC avec double vitrage. Nettoyage des fenêtres et des volets roulants maintenus. Réduction et remplacement des ensembles vitrés des cages d'escalier par de menuiseries standards à double vitrage en bois coupe-feu. Les portes d'accès et les panneaux vitrés des halls d'entrée sont remplacés.
- Les balcons ont été traités et repris en peinture mais non isolés car le rapport coût/efficacité trop élevé vis-à-vis de l'amélioration envisagée.
- Les éléments destinés au ruissellement des eaux pluviales et à leur évacuation sont vérifiés et rénovés avec une mise en place des bavettes d'appuis de fenêtres et des couvertines d'acrotère en aluminium laqué en protection de tous les appuis horizontaux.

La nouvelle sous station du CPCU et le renforcement de l'isolation des réseaux de distribution ECS en cave
La rénovation de la sous-station par Sermet, a consisté au montage en parallèle de l'existante (puissance 1400 kW + 700 kW) par une sous-station adaptée aux besoins thermiques après isolation (puissance 2x350 kW). Le basculement s'est effectué en 1 journée de coupure. Pour favoriser l'individualisation des consommations, le changement des canalisations d'eau chaude du chauffage au sol datant des années 60 n'a pas été retenu en raison d'un coût important.

Les systèmes de ventilation
Ramonage des conduits de fumée et de ventilation réutilisés pour l'extraction hybride des logements, Condamnation des entrées d'air parasites dans les cuisines, pose de bouches d'extraction hygro-réglables dans les pièces humides, Implantation en toiture terrasses d'extracteurs de la ventilation naturelle hygroréglable VNR.

ITE spécifique au rez-de-chaussée

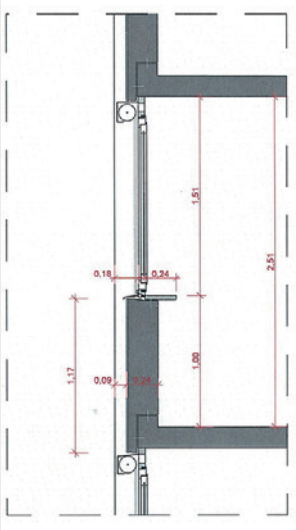
ITE spécifique au rez-de-chaussée

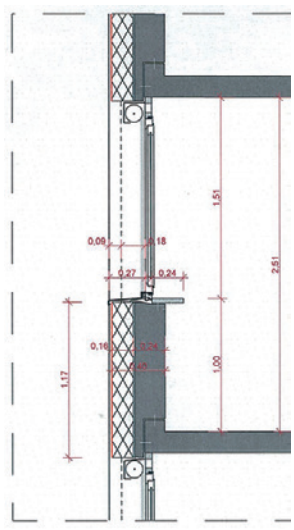
Premiers éléments d'économies d'énergie
Durant l'hiver 2014, l'ITE déjà réalisée a permis de réaliser des économies d'énergie avec la réduction des écarts de température : 15° température extérieure /21° en moyenne dans les appartements.(source : conseil syndical).

La consommation d'énergie pour le chauffage divisée par 3, la facture globale est réduite de moitié, les besoins énergétiques pour l'ECS restant inchangés.

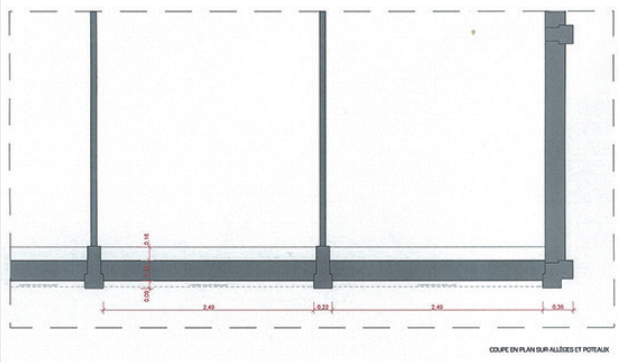
En 2014, la dépense affectée au poste CPCU (chauffage et ECS) s'élève à 114 000 euros. Pour l'année 2015, la copropriété a provisionné 94 000 euros pour ce même poste.

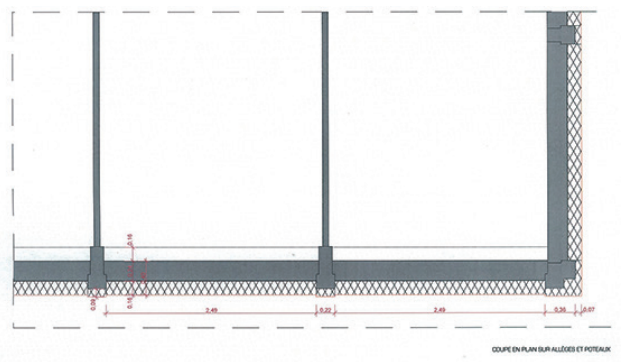
Lorsque les températures extérieures dépassent 11°, l'arrêt automatique de la sous-station permet une réduction de la période de chauffage de l'ordre d'un à deux mois environ selon les conditions climatiques.


Coupe, avant travaux

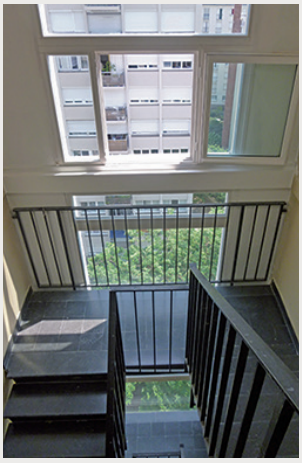

Coupe, après travaux

Réduction de l'épaisseur de l'isolant sur les faces latérales des poteaux


Plan, avant travaux


Plan, après travaux

Réduction des saillies de la structure apparente


Avant et après travaux. Réduction de la largeur des baies des cages d'escalier obligatoire pour la mise en conformité incendie des façades.

Éléments d'analyse des travaux

Les façades

Absence de traitement des balcons
Les balcons n'ont pas fait l'objet d'une ITE, opération délicate et onéreuse pour ce type de construction. Les dalles des balcons non isolés en continuité avec les planchers radiants sont énergivores.

Maintien des anciennes fenêtres des propriétaires bailleurs
Le changement des fenêtres des logements est à la charge de chaque propriétaire. Sur les 750 fenêtres des 6 façades de la résidence, une quarantaine de fenêtres des appartements des propriétaires n'a pas été remplacée.

Expression architecturale des façades modifiée
L'application systématique d'un enduit sur les allèges et les poteaux a estompé l'apparence de la structure. Toutefois la modénature a été conservée en accord avec les services de l'architecture de la ville. Une différence de teinte a d'ailleurs été appliquée entre les allèles et les poteaux. La réduction de la largeur des baies verticales des cages d'escaliers et le remplacement des panneaux vitrés par des châssis en bois spécifiques coupe-feu intégrant le classement Uw et Sw, ont réduit la transparence initiale des travées. L'isolation du rez-de-chaussée avec une ITE spécifique introduit le registre : le soubassement, anachronique pour ce type d'immeuble résidentiel des années 1960.

Défauts des matériaux de revêtement de l'ITE du rez-de-chaussée
Les plaquettes de parement mises en œuvre à la corde présentent des défauts d'aspect et de planéité. La pose de panneaux préfabriqués offrant un aspect de finition plus régulier n'a pas été retenue pour des raisons de recyclage de ce type de produit du fait de la composition assemblée en panneaux de polyuréthanne et plaquettes terre cuite incrustées.

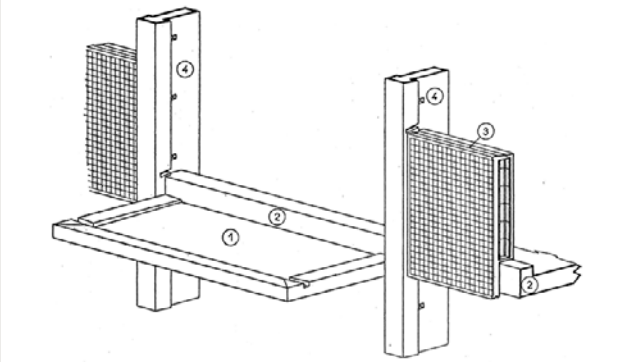
Réduction de l'épaisseur de l'isolant sur les tableaux et les linteaux des baies
Les nouveaux châssis en PVC ont les mêmes dimensions que les anciens châssis pour ne pas réduire l'éclairage naturel des appartements. Des nouveaux châssis avec des dormants plus larges auraient permis de poser un isolant plus épais sur les faces latérales des poteaux mais au détriment de la qualité de l'éclairage naturel. Cela aurait conduit à des différences d'aspect et une incohérence entre les menuiseries des différents logements.

Rénovation de la sous-station CPCU

La production d'ECS en mode instantané permet d'éviter un stockage en réservoir susceptible d'être contaminés par des bactéries de type Légionelle. La suppression des réservoirs d'eau chaude a permis un gain d'espace important dans le local de la chaufferie.

Ventilation Mécanique Contrôlée

La suppression des bouches d'extraction en façades avec la création de la VMC, permet de réduire les déperditions, de faciliter la pose de l'ITE et d'éviter les salissures du ruissellement des eaux pluviales au droit des bouches. La mise en place d'une ventilation hybride a permis un renouvellement d'air sanitaire conforme aux besoins et une économie d'énergie conséquente.



Balcons coulés en continuité avec les planchers chauffants

Synthèse

La réhabilitation thermique consiste essentiellement en une amélioration de la performance thermique de la façade. L'isolation thermique produit une certaine simplification de l'expression architecturale.
L'effort de réhabilitation ne propose pas de réelles améliorations des systèmes de chauffage et de production d'ECS, la question de l'individualisation des consommations n'est pas abordée.

Absence d'isolation des balcons

Maintien des anciennes fenêtres des propriétaires bailleurs

5-9 Bd du Bois Le Prêtre/6 rue Pierre Rebière, 75017

Tour Bois Le Prêtre : 100 logements sociaux

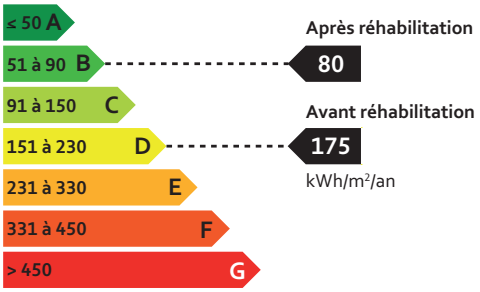
Propriétaire : Paris Habitat

Travaux effectués

Seule la structure porteuse du bâtiment d'origine est conservée, elle devient le support d'un nouveau projet d'architecture.

Modules préfabriqués rapportés sur la façade créant des jardins d'hiver et des balcons

Énergie



Chauffage + ECS
Après réhabilitation : consommations estimées par le calcul
Avant réhabilitation : consommations estimées par le calcul
Source : Agence Parisienne du Climat

Contexte urbain et données architecturales

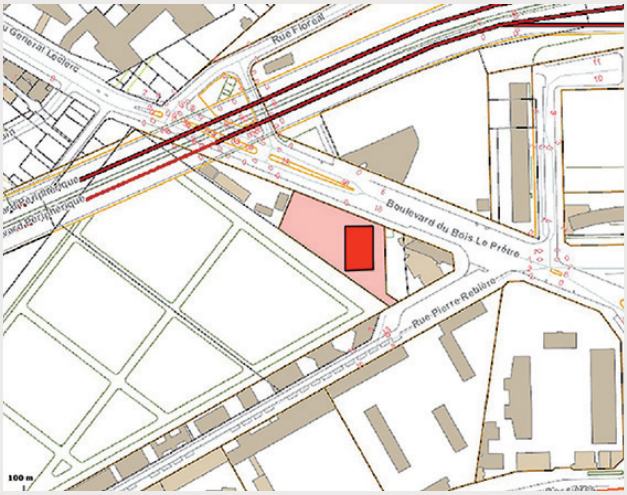
Au nord-ouest de Paris, entre la porte Pouchet et les Boulevards Périphériques, le secteur s'étend de la porte Pouchet à la porte des Poissonniers et a été bâti dans le cadre de la loi Lafay (1953) à partir de 1958. L'immeuble accueille 100 logements et a été construit de 1959 à 1961 par R. Lopez arch. L'opération de réhabilitation, réalisée à partir de 2005 dans le cadre du Grand Projet de Renouvellement Urbain de la Porte Pouchet par les architectes Fr. Druot et A. Lacaton & J.-Ph.Vassal, a reçu le prix de l'Equerre d'argent 2011.

Caractéristiques architecturales :
La parcelle traversante de 2754 m² est occupée par une tour de 17 étages culminant à 50 m de haut. L'immeuble, en retrait de l'alignement, est bordé au nord par un espace vert accessible au public de 1 400 m² environ.

L'immeuble réhabilité présente les caractéristiques suivantes :

- Façades légères, portées par une ossature de murs de refend et poutres en béton, agrémentées à chaque étage de jardins d'hiver systématiquement vitrés et prolongés par un balcon filant.
- Création de 1.000 m² Shab rapportée en extensions chauffées sur les pignons nord et sud.
- Quatre à huit logements mono orientés par étage courant avec une distribution des appartements en demi-niveaux par une cage centrale traversante éclairée naturellement aux deux extrémités nord et sud.
- Production du chauffage et de l'Eau Chaude Sanitaire collective et centralisée en sous-station CPCU.

Situation



Plan-masse

État avant travaux (août 2009)

L'état général du bâti est moyen malgré une réhabilitation de type Palulos réalisée en 1990 par le bureau d'étude TECTEAM : réfection des façades isolées par l'extérieur, mise aux normes de sécurité et rénovation des installations de chauffage.

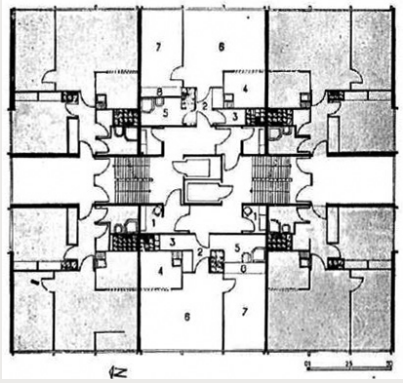
Isolation des façades moyennement performante.
La façade d'origine est conçue selon la technique dite la « préfabrication légère », avec les modules légers venant habiller la structure porteuse constituée de refends porteurs en béton armés. Les façades légères avec des allèges de panneaux préfabriqués, sont isolées par un bardage constitué de plaques de fibres amiantées sur isolants fixés sur ossature métallique. Les baies sont équipées de châssis en PVC à double vitrage. Les loggias d'origine sont fermées par du vitrage. Rénovées en 1990, les façades présentent des caractéristiques énergétiques moyennement performantes qui se traduisent par des consommations d'énergie primaire : 175 kWhEP/m²/an.

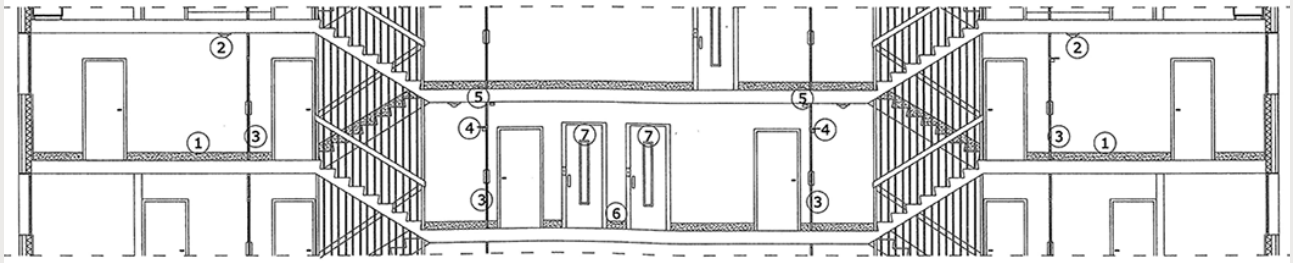
Obsolescence de la qualité d'usage des logements et des parties communes.
Des enquêtes auprès des locataires, menées à partir d'avril 2003, ont permis d'identifier les dysfonctionnements des logements. Les espaces intérieurs ont peu évolué depuis 1960 et présentent des difficultés d'adaptations aux modes d'occupations actuels : configurations des appartements limitées à 3 types : 2,3 et 6 pièces, majorité de logements inaccessibles aux PMR car à demi-niveau par rapport aux seuils des ascenseurs, nuisances phoniques favorisées par des façades légères, des murs de refend de béton de 16 cm d'épaisseur et dalle de plancher de 26 cm d'épaisseur. Les portes palières ne sont plus conformes à la réglementation incendie.
Avec la rénovation des années 1990, la composition d'origine des façades a été effacée et la tour a perdu sa qualité de repère architectural au sein de la ceinture verte. Dans le projet d'origine, « les architectes ont recherché, par le libre jeu de loggias aux divers étages, à provoquer une impression de légèreté, indispensable pour les immeubles de cette hauteur » (Source : Techniques et Architectures, n° spécial OPHLM, 1962).

Production de l'ECS individuelle
Production d'Eau Chaude Sanitaire individuelle par chauffe-eau gaz. Les installations électriques et les équipements sanitaires présentent des dysfonctionnements. (Source : Projet de délibération, 2007 DLH 301 exposé des motifs).
Estimation de la Performance Énergétique. L'étiquette énergétique pour les consommations en énergie primaire pour le chauffage et l'ECS initialement dans la classe D (175 KWhEP/m²/an) doit après travaux, passer dans la classe B (80 KWhEP/m²/an). Les émissions de gaz à effet de serre après travaux sont évaluées à 15,6 kgCO²/m²/an.

1939, R. Lopez, architecte

1990, réhabilitation de type Palulos, TECTEAM


1959, plan d'étage, séparation des distributions verticales


1990, coupe, réhabilitation, logement à demi-palier inaccessible au PMR

Travaux d'amélioration des performances énergétiques

Coût des travaux : 11 747 000 €HT
(soit : 117 000 €HT/logement)
L'opération a bénéficié d'aides financières publiques de l'État (Anru), la Région IDF, de la Ville de Paris et d'un prêt PALULOS. Le coût des travaux inclus des aménagements complémentaires destinés à améliorer la qualité de vie : logements accessibles aux PMR avec deux nouveaux ascenseurs de plain-pied, diversification de la taille des logements du T1 au T7, hall d'entrée réaménagé. La réhabilitation réalisée s'avère moins nocive sur le plan environnemental et moins coûteuse que l'opération de démolition-reconstruction de la tour envisagée et évaluée à 20 millions d'euros en 2005.

Intervenants
Maîtrise d'ouvrage : Paris Habitat, maîtrise d'œuvre : Fr. Druot, et A. Lacaton & J.-Ph. Vassal, architectes.

Durée de l'opération
Début des travaux août 2009, livraison août 2011.

Le projet de 2011 procède d'une refonte complète de la façade. Le projet profite de la relative simplicité de démontage des modules légers employés à l'origine pour les substituer à des modules en 3 dimensions, de 3 m de profondeur, qui procèdent de l'extension du bâtiment, ces nouveaux modules sont empilés les uns sur les autres, la cohésion d'ensemble étant assurée par une structure métallique. Les nouveaux espaces créés sont considérés comme des jardins d'hiver, c'est-à-dire des espaces habitables de façon intermittente selon les conditions climatiques extérieures, l'extension est de 45 m² en moyenne par logement.
Dans cette réhabilitation, plusieurs objectifs sont recherchés : l'augmentation des surfaces des logements, la pénétration de la lumière dans les locaux, l'amélioration des vues vers l'environnement, la performance thermique du bâtiment et une nouvelle expression architecturale.

Évolution des modes d'habiter
Ce qui distingue ce bâtiment réhabilité d'un bâtiment classique aux grandes baies vitrées (qui ont été couramment produites durant les 30 glorieuses), c'est le caractère variable de l'usage des espaces nouvellement créés. Ces espaces sont habitables à certains moments de la journée et pas à d'autres. Ces nouveaux espaces peuvent être considérés, du strict point de vue de la thermique, comme une couche isolante de grande dimension rendue accessible aux occupants. Ce dispositif permet de réaliser un bâtiment aux performances thermiques élevées sans employer de matériaux d'isolation thermique. Son intérêt est aussi de responsabiliser les occupants vis-à-vis du confort thermique, c'est à eux de gérer la performance thermique de leur logement

Façade est, après réhabilitation

Façade ouest, après réhabilitation

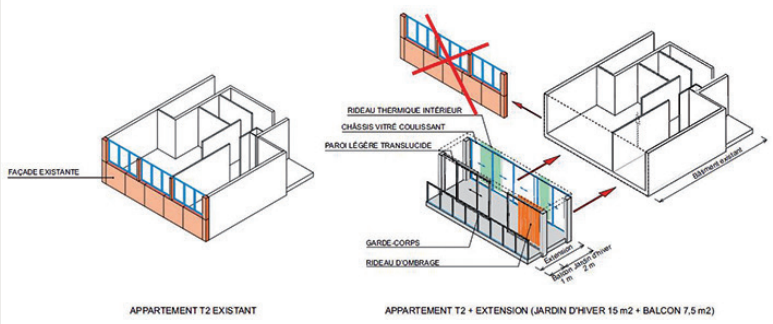
par ouverture et fermeture des baies intérieures et extérieures. Ceci peut être compris comme un dispositif à usages multiples selon la position de chaque élément : la baie extérieure peut être ouverte ou fermée (2 possibilités), la baie intérieure peut être ouverte ou fermée (2 possibilités), le store réfléchissant intérieur peut être baissé ou relevé (2 possibilités). Ainsi en été, quand le soleil donne sur la façade le store doit être baissé et toutes les baies fermées, plus tard en fin de journée le store devra être relevé et les baies ouvertes. Ici l'objectif est de considérer le jardin d'hiver comme un réservoir d'air chaud ou froid que l'on vide à loisir selon les conditions extérieures.

La sous-station du CPCU pour le chauffage et de l'ECS

- L'alimentation par le réseau de chaleur CPCU est maintenue avec révision et adaptation des installations : ajout auxiliaire d'appoint et ballons de stockage. La production de l'eau de chauffage est régulée pour livrer une température de 19 degrés maximum dans les logements. Les radiateurs sont équipés de robinets thermostatiques.
- Mise en place de la production de l'Eau Chaude collective centralisée en sous-station avec l'ajout d'un deuxième échangeur.

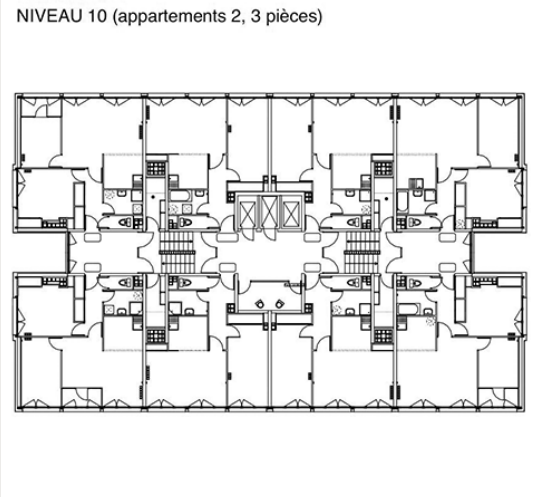
Le système de ventilation

Révision et renforcement du système de VMC pour les cuisines et les pièces d'eau par caisson d'extraction en toiture.

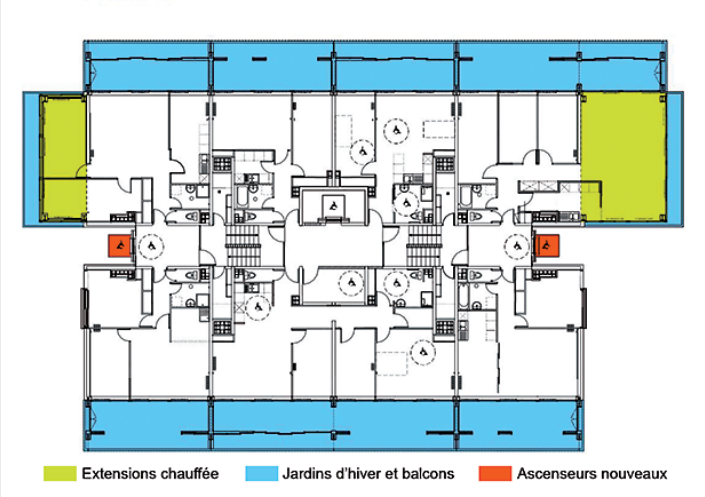


Mise en œuvre par l'extérieur des jardins d'hiver

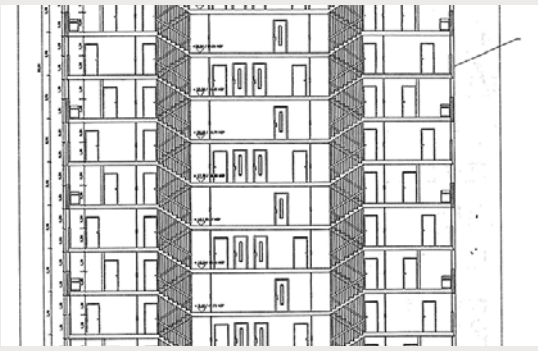
Jardin d'hiver et balcon



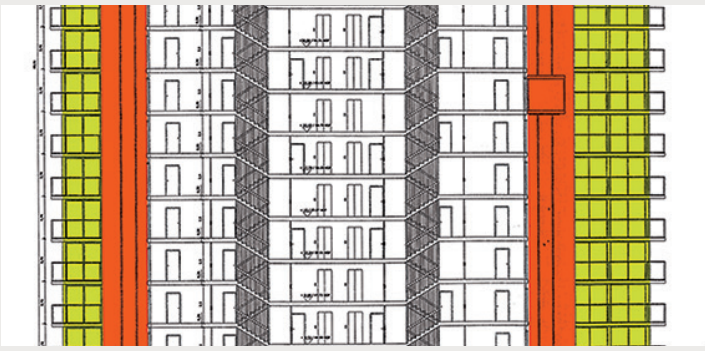
Avant travaux



Après travaux



Avant travaux



Après travaux

Éléments d'analyse des travaux

Les façades

Expression architecturale des façades modifiées
L'implantation de la tour en retrait de l'alignement permet l'adjonction en façade de jardins d'hiver sur toute la périphérie et la hauteur de la tour entraînant une modification de sa volumétrie et son aspect. Cette nouvelle enveloppe transparente offre à la tour une dimension de signal architectural dans le paysage urbain et apparaît comme l'opération majeure du renouveau du quartier de la porte Pouchet.

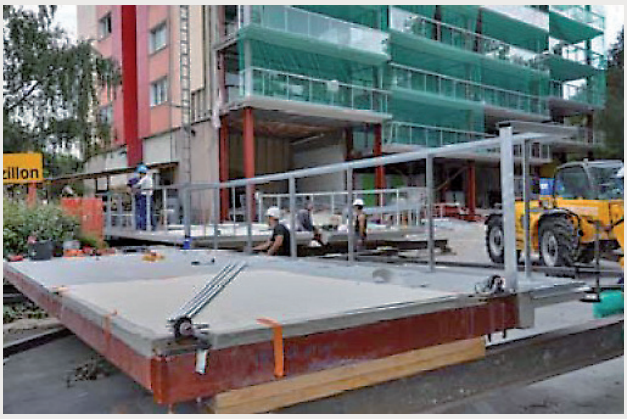
Apprentissage de l'occupation du jardin d'hiver
L'occupation des jardins d'hiver nécessite un apprentissage de son usage et peut parfois apparaître comme complexe pour les locataires. Un des risques encouru est que les espaces nouvellement créés ne se transforment en extensions permanentes du logement. Dans ce cas, les habitants ne profiteront pas de la plus-value énergétique du projet. On voit sur certains clichés que les jardins d'hiver ont tendance à rapidement être investis comme des pièces standards avec des étagères et des bibelots (cf. photo coupe loggia). Dans ce cas l'inertie apportée par les meubles compromet le fonctionnement du jardin d'hiver puisque le chaud ne peut plus s'évacuer aussi bien qu'on le souhaite en été notamment sur la façade ouest.

La concertation avec les habitants, facteur de réussite du projet
Menée dès 2003, en amont du projet, la concertation associant Paris Habitat et les habitants a permis d'orienter les éléments du programme et le cahier des charges du concours organisé en 2005. Une seconde phase de concertation avec l'équipe de maîtrise d'œuvre a permis de préparer et d'organiser les travaux en milieu occupé. L'adjonction par l'extérieur des jardins d'hiver, modules préfabriqués mis en place en filière sèche à l'aide d'une seule grue a permis de : maintenir les habitants dans la tour, d'éviter de créer des ponts thermiques avec les dalles de planchers existantes et de développer les procédés de préfabrication de façades légères renouant avec l'innovation architecturale de l'époque de la construction de la tour.

Synthèse

La réhabilitation thermique propose une amélioration de la qualité des logements par épaississement de la façade.
Des gains d'économies d'énergie sont attendus grâce à la mise en place de jardins d'hiver.
L'originalité de l'opération consiste en la substitution de panneaux légers de façade par de nouveaux modules préfabriqués de grandes dimensions pensés spécifiquement pour le projet.
La totalité du programme est réalisée en milieu occupé.
La question de l'individualisation des consommations n'est pas abordée.

Superposition des jardins d'hiver


Module préfabriqué en 3 dimensions d'un jardin d'hiver

Lumière naturelle conservée aux extrémités des paliers

Épais rideaux à l'intérieur des appartements

Voilage thermique à l'extérieur

65-71 rue Curial/2-10 rue G. Tessier/ 234-254 rue de Crimée, 75019

Cité Michelet : 1777 logements sociaux

Propriétaire : Paris Habitat

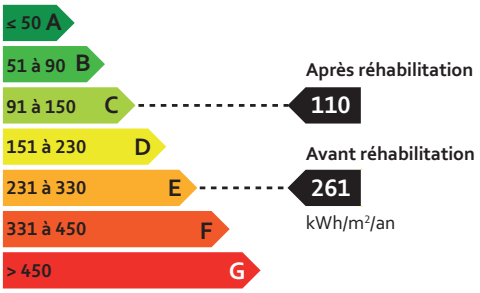
Travaux effectués

Isolation thermique extérieure (bardage sur isolant).

Modification mineure de l'écriture architecturale d'origine (épaississement).

Pas de traitement des ponts thermiques des balcons

Énergie



Chauffage + ECS
Après réhabilitation : consommations estimées par le calcul (ThC-ex)
Avant réhabilitation : consommations estimées par le calcul (ThC-ex)
Source : Pouget Consultants

Contexte urbain et données architecturales

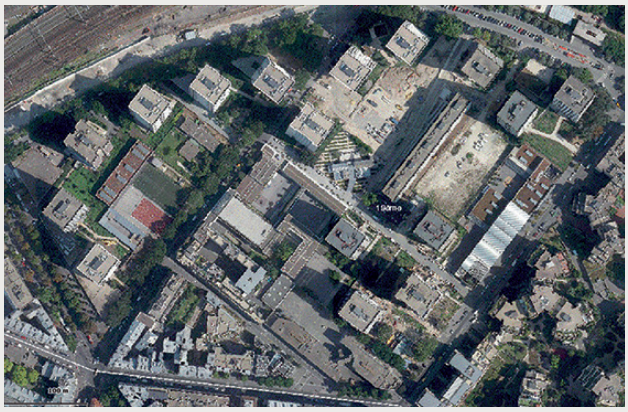
Au nord-est de Paris, à proximité de la porte d'Aubervilliers, le secteur délimité par les rues de Crimée, G. Tessier, Curial, Cambrai et le passage Wattieaux, anciennement occupé par une usine à goudron, a fait l'objet d'une rénovation urbaine à partir de 1960. Répartie sur cinq parcelles, la cité Ed. Michelet regroupe 1777 logements et a été construite entre 1969 et 1971 par André N. Coquet architecte en chef de l'opération. Classée Site Politique de la Ville en 1995, l'opération conduite de 2009 à 2013 par le groupe Arcane SARL d'Architecture et Ingénierie, a été intégrée au Grand Projet de Renouvellement Urbain (GPRU) en 2002. Cette opération de rénovation thermique est l'une des plus importantes réalisées à Paris.

Caractéristiques architecturales

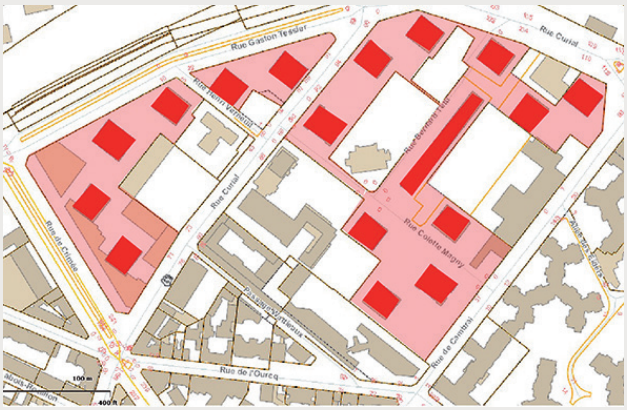
Répertoriée comme le seul « Grand ensemble de Paris », la cité se compose de 16 tours de 18 étages de 22 par 25 m de côté et d'une barre de 9 étages implantées selon un plan global de positionnement des tours en quinconce.

Chaque tour présente les mêmes caractéristiques

- Façades parcourues par des loggias dessinant des Grecques imbriquées. Les lignes brisées définies par les loggias offrent une identité forte à l'ensemble de la Cité, à l'exception de la barre dépourvue de loggia. La structure est composée de poutres et de voile de refend et de façades en béton de 18 cm à 25 cm d'épaisseur.
- Le plan des étages courants avec les circulations verticales et les fluides regroupés dans un noyau central, présente une grande diversité de type de logement : du T1 au T6.
- Production du chauffage et de l'Eau Chaude Sanitaire collective et centralisée en sous-station CPCU.



Situation



Plan-masse

État avant travaux

L'état général du bâti est moyen malgré des travaux de réhabilitation réalisés dans les années 1990. Les installations gaz et électrique et les équipements sanitaires sont vétustes (Sources : *programme de travaux*, Paris-Habitat-2009, *Etude Thermique RT existant*, Paris-Habitat-Pouget- Consultant, 2011).

Les façades faiblement isolées par l'intérieur

- En façade, les dalles de planchers de 16 cm se prolongent à l'extérieur pour former les planchers des loggias. En fond de loggia, les allèges et trumeaux, se composent de deux panneaux de particules de bois (Glasal) d'1 cm d'épaisseur chacun remplis de 2 cm de laine de roche amiantée. Les murs pignons et le retour des balcons sont constitués de 20 cm de béton avec isolation en polystyrène sous enduit plâtre. Le revêtement de façade composé de carreaux de patte de verre est dégradé et les lisses métalliques se désolidarisent des allèges des balcons. La toiture terrasse est isolée par du polyuréthane de 5 cm d'épaisseur.
- Les menuiseries extérieures, fenêtres et portes-fenêtres en PVC double vitrage, sont équipées de volets roulants avec coffre à l'intérieur.

La sous-station du CPCU

En sous-sol de chaque tour, une sous-station alimentée par le réseau CPCU, produit de la chaleur par un échangeur à plaque. Les logements sont équipés de radiateurs de type « acier plié » d'origine équipés de robinets manuels. L'ECS, produite par le CPCU, dispose d'un ballon de stockage de 300 litres.

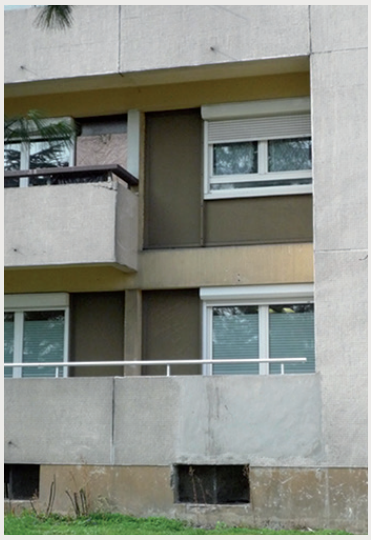
Ventilation Mécanique Contrôlée

Dans les pièces d'eau, la VMC est de type simple flux à « noyau ». Les bouches d'extraction à réglage fixe : le débit est réglable manuellement par l'occupant avec un débit d'air d'extraction minimal.

Estimation de la Performance Énergétique

Estimation selon les tours, l'étiquette énergétique pour les consommations en énergie primaire pour le chauffage et l'ECS initialement dans la classe E (261 à 267 kWhEP/ m²/an) doit après travaux, passer dans la classe C (104 à 112 kWhEP/ m²/an). Les consommations avant travaux sont de l'ordre de 230 à 256 kWh/m²SHON/an avec un gain de 130 à 150 kWh/m²SHON/an.

Les lignes brisées des loggias et l'alternance des zones noires et blanches offrent une identité forte à la cité



Revêtements des bétons des façades dégradés

Éclatement des bétons des garde-corps

En fond de loggia, panneau menuisé en glasal sur âme isolante

Travaux d'amélioration des performances énergétiques

Coût total des travaux : 66,57 m€HT
(soit : 37 4 000 €HT/logement) Coût : inférieur à 700 €/m²
L'opération a bénéficié d'aides financières publiques de l'État(Anru), de la Ville de Paris et de prêts de la CDC. Le coût des travaux inclut les aménagements de rénovation du quartier visant à l'amélioration de la qualité de vie des résidents conformément aux objectifs définis au GPRU selon trois axes :
- **Désenclaver la Cité par la diversification des fonctions urbaines.**
- **Restructurer les implantations des équipements publics.**
- **Résidentialiser et réhabiliter le patrimoine de Paris Habitat.**

Intervenants
Maîtrise d'ouvrage : Paris Habitat, maîtrise d'œuvre : Groupe Arcane SARL d'Architecture et Ingénierie.

Durée de l'opération
Début des travaux fin 2009, livraison 2013.

Les principaux travaux concernent le ravalement et l'isolation par l'extérieur des façades et des toitures terrasses, la réhabilitation des logements et l'amélioration des systèmes de ventilations.

Les façades et les toitures terrasses
- L'Isolation Thermique par l'Extérieur conserve l'expression architecturale des façades. La couleur et l'alternance des plaques minérales émaillées reprennent celles des panneaux de patte de verre des façades d'origine. Concernant les façades et les murs pignons, l'ITE est assurée par un bardage à lame d'air ventilée constitué de panneaux de laine minérale de 16 cm d'épaisseur protégés par des plaques noires et blanches minérales fixées sur ossature aluminium. En fond de loggia, l'isolant est protégé par des plaques de particules de bois (1 cm). Les planchers des balcons ne sont pas isolés. L'ITE spécifique du rez-de-chaussée est constituée de plaques minérales non poreuses de 2,1 cm d'épaisseur,anti-graffiti et antichoc.
- L'isolation de la toiture terrasse est constituée par des panneaux de mousse en polyuréthane de 10 cm et celle des planchers haut du premier sous-sol par un flocage de fibres minérales de 10 cm d'épaisseur.
- Les fenêtres et portes fenêtres en PVC double vitrage sont conservées. Les nouveaux coffres extérieurs des volets roulants permettent de retourner une couche de laine de verre de 8 cm d'épaisseur en sous face du linteau.

Avec l'ITE, l'expression architecturale des façades a été conservée après réhabilitation

Façade en cours de travaux, bardage aluminium avec laine de roche protégée par des plaques minérales

Façade après réhabilitation

Chauffage et Eau Chaude Sanitaire (ECS) collective en sous-station du CPCU

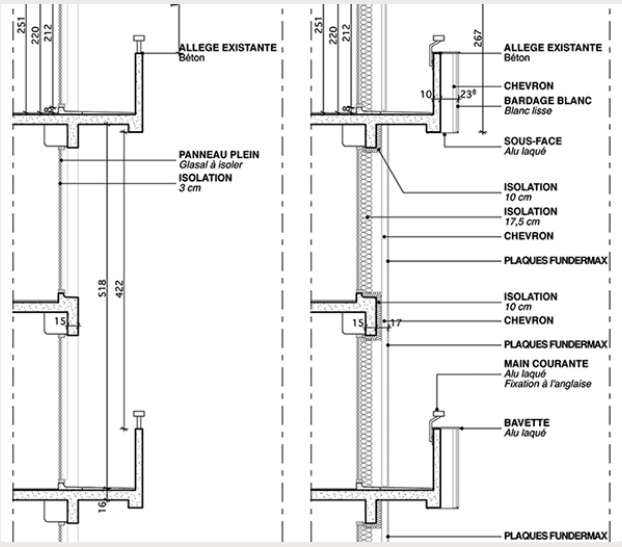
Les installations techniques de la sous-station sont vérifiées et remplacées si nécessaire. Les pompes existantes sont remplacées par des pompes à débit variable avec arrêt. Les têtes de robinet manuelles sont maintenues sur les radiateurs.

Ventilation Mécanique Contrôlée

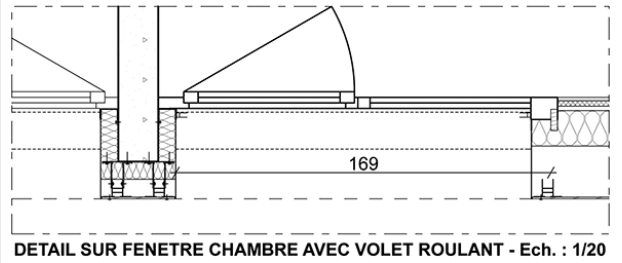
Travaux importants sur VMC : l'intégralité des moteurs situés en terrasse ont été remplacés et couplés à des bouches de VMC dans chaque logement de type hygro B.

Réhabilitation des logements et dans les parties communes

- Travaux dans les logements : réfection de l'installation électrique et mise en conformité de l'installation gaz, remplacement des appareils sanitaires, adaptation aux PMR de 5 % des logements.
- Travaux dans les parties communes liés à la sécurité incendie : création de sas pour les ascenseurs au 1° sous-sol, remplacement des portes des escaliers et des portes palières par des portes coupe-feu...

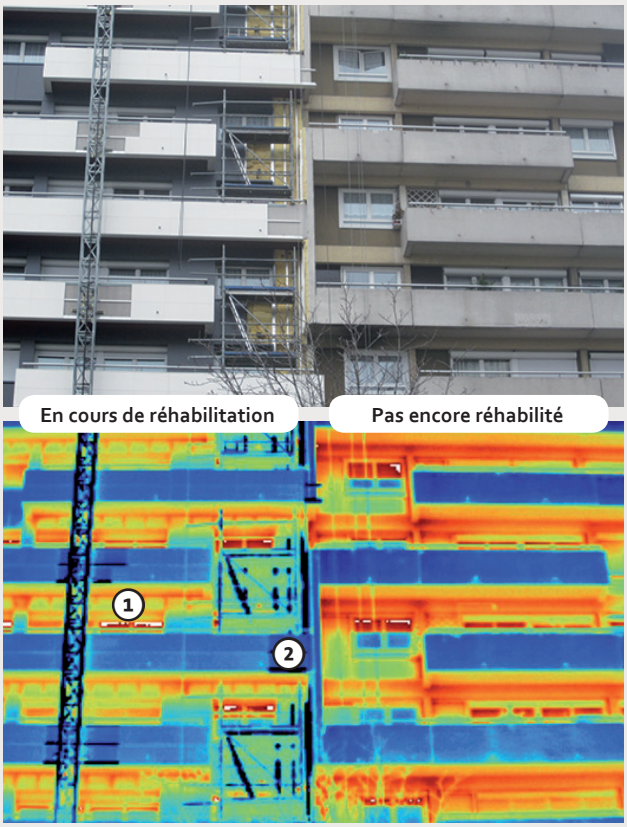


Absence de traitement des dalles des bacons, avant et après travaux



Après travaux

Bardage aluminium avec laine de roche protégée par des plaques minérales



Thermographie de la façade en cours de réhabilitation (pose du bardage)

❶ Sur la paroi verticale, le bardage est appliqué sur l'ossature initialement apparente, ce qui traite efficacement les ponts thermiques. En revanche, les joints des plaques de parement occasionnent des ponts thermiques (c'est ce que laisse penser le quadrillage qui apparaît en thermographie). Notons que les sous faces des balcons ne sont pas isolées.

❷ La pâte de verre n'est pas encore totalement recouverte à cet endroit. Elle apparaît comme « plus froide » et donc « plus performante » que le nouveau parement qui en train d'être posé. Il s'agit d'une erreur d'interprétation liée au caractère fortement réfléchissant de la pâte de verre pour laquelle l'échelle colorimétrique ne peut être interprétée ici (tout comme les tasseaux métalliques horizontaux qui apparaissent en « noir »).

Éléments d'analyse des travaux

Les façades

Expression architecturale des façades inchangée
L'Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) s'accommode mal de volumétries complexes et sa mise en œuvre avec une surépaisseur de plus de 20 cm, se traduit souvent par une modification volumétrique de la façade d'origine. Dans le cas de la cité Michelet, l'ordre de grandeur des lignes brisées définies par les loggias est important et la surépaisseur de l'ITE est sans effet pour un observateur situé à une distance au-delà d'une cinquantaine de mètres. L'absence d'isolation des balcons contribue à préserver les proportions des volumétries d'origine.
Le maître d'œuvre se positionne habilement entre la recherche de performance énergétique et la conservation de l'échelle urbaine et de l'expression architecturale de chaque bâtiment. Le choix des couleurs contrastées vient souligner le dessin des façades.

Matériaux d'isolation du rez-de-chaussée pérennes
Le bardage en rez-de-chaussée n'est pas métallique mais en CAREA plus épais pour limiter les dégradations. Ponctuellement des barreaudages métalliques ont été installés pour protéger certains locaux associatifs.

Ventilation Mécanique

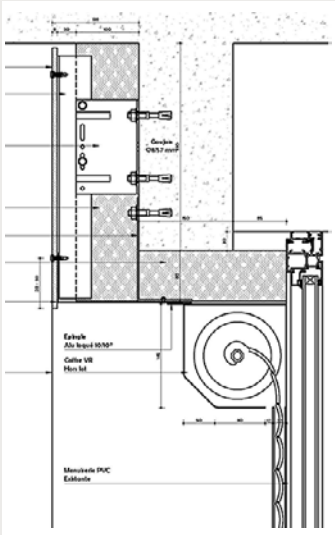
L'amélioration du système de ventilation est obtenue par des interventions mineures.

Synthèse

Opération de réhabilitation thermique de grande échelle (1 700 logements) s'inscrivant dans un projet global d'amélioration d'un quartier en zone GPRU.
Maintien de l'expression architecturale singulière de l'ensemble des tours.
L'effort de réhabilitation ne propose pas de réelles améliorations des systèmes de chauffage et de production d'ECS, la question de l'individualisation des consommations n'est pas abordée.

Volumétries complexes des loggias

Volumétries complexes des loggias


Coupe, coffres des volets roulants

Coffre des volets élevant les réglettes de ventilation

Salissures des façades par les fientes des pigeons

1-11 quai de Metz/48t-52 quai de la Marne/ 33-35 rue de Thionville, 75019

187 logements intermédiaires ILM non conventionnés

Propriétaire : Immobilière 3F

Travaux effectués

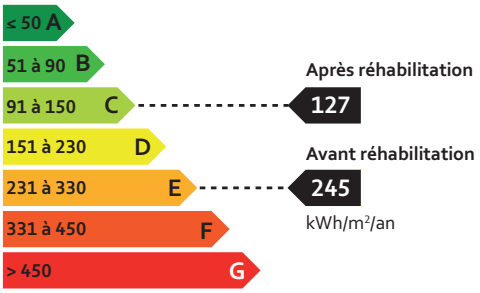
Isolation thermique extérieure :
enduit sur polystyrène et bardage imitation « bois » sur laine de verre.

Difficulté de mise en œuvre de l'isolation au niveau des saillies.

Pas de traitement des ponts thermiques des loggias, ni des linteaux.

Récriture architecturale.

Énergie



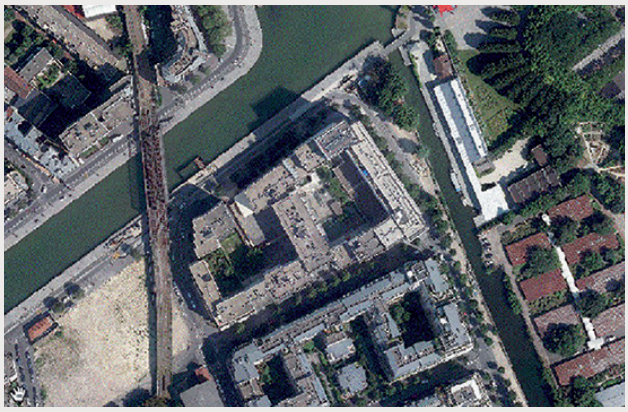
Chauffage + ECS
Après réhabilitation : consommations estimées par le calcul
Avant réhabilitation : consommations estimées par le calcul
Source : Cerqual Patrimoine

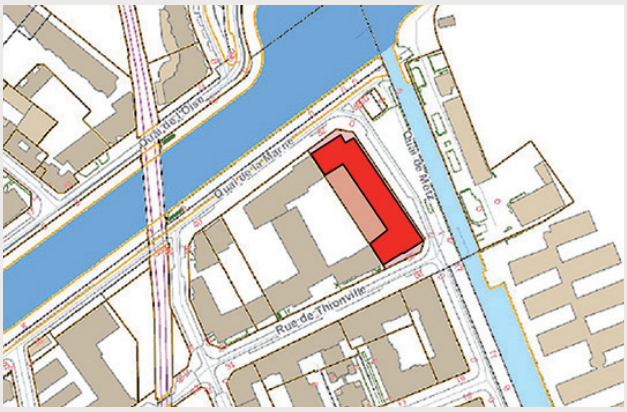
Contexte urbain et données architecturales

En bordure du canal de l'Ourcq au nord-est de Paris, le secteur, anciennement industriel, a fait l'objet d'une rénovation urbaine importante après guerre. À l'angle des quais de Metz et de la Marne face au parc de la Villette, le bâtiment construit en 1967 par Jean SEBAG arch. accueille 187 logements non conventionnés. L'opération a été menée de 2010 à 2012 par l'Atelier Yann Brunel, architecte et a obtenu la certification Patrimoine Habitat & Environnement.

Caractéristiques architecturales
La parcelle d'angle de 2 380 m², est occupée par 2 corps de bâtiments à l'alignement de trois voies. Le premier à l'angle du quai de Metz et de la rue de Thionville s'élève sur 8 étages, le second à l'angle des quais de Metz et de la Marne s'élève sur 13 étages et deux niveaux de sous-sol. Le rez-de-chaussée, occupé en grande partie par des parkings couverts, présente 320 m² d'espaces libres.

Les deux immeubles avec des caractéristiques similaires
- Façades déterminées par le rythme des poteaux, voiles de refend et poutres définissent des ouvertures en bandes horizontales interrompues ponctuellement par des panneaux en béton.
- 22 appartements par étage dont 2 traversants, desservis par deux cages d'escalier. Loggia sur 8 niveaux à l'angle de la rue de Thionville.
- La production collective du chauffage et de l'E.C.S. est alimentée par le réseau gaz.


Situation



Plan-masse

État avant travaux (novembre 2010)

L'état général du bâti est moyen, avec deux campagnes de réhabilitation en 2000 et 2006 (Source : Estimation de la Performance Énergétique, Cerqual Patrimoine, octobre 2011). Une opération de modernisation de la chaufferie a été réalisée en 2010 en prévision des travaux d'isolation. Une chaudière sans condenseur a été remplacée à neuf par une chaudière à condensation fonctionnant en base. La seconde chaudière, déjà équipée d'un condenseur, a été rénovée et fonctionne en appoint.

Façades non isolées avec de nombreuses baies horizontales

- Allèges non isolées et continues en béton armé de 24 cm d'épaisseur recouvertes d'une peinture épaisse de protection au ruissellement des eaux pluviale. Les poteaux et les poutres du rez-de-chaussée apparents.
- Toitures terrasses des bâtiments isolées.
- Fenêtres à double vitrage sur châssis PVC sans volet roulant.
- Loggias à l'angle de la rue de Thionville ouvertes, loggias à l'angle des quais de Metz et de la Marne vitrées.

Chaufferie au gaz en bon état

La chaufferie alimentée par le réseau du gaz, produit la chaleur nécessaire à l'ECS et aux planchers chauffants des appartements. Les deux chaudières gaz avec condenseur, installées entre 1988 et 2000 sont en bon état.

Ventilation Mécanique Contrôlée

La ventilation mécanique des pièces d'eau.

Estimation de la Performance Énergétique (EPE)

L'EPE, réalisée en octobre 2011 par l'entreprise Cerqual Patrimoine a permis d'évaluer les économies d'énergie potentielles selon les travaux envisagés. L'étiquette énergétique pour les consommations en énergie primaire pour le chauffage et l'ECS actuellement dans la classe E (245 KWhEP/m²/an) doit après travaux, passer dans la classe C (127 KWhEP/m²/an). Les émissions de gaz à effet de serre doivent diminuer de 39 % passant de 57 à 35 kgCO²/m². an.

Bâtiment d'angle face au parc de la Villette

Façade sur cour du bâtiment d'angle

Loggias ouvertes sur la rue de Thionville

Loggias fermées sur le quai de Metz

Travaux d'amélioration des performances énergétiques

Coût total des travaux : 3 580 000 euros
L'opération n'a pas bénéficié de subvention financière publique. Le coût total inclus des travaux complémentaires destinés à améliorer la sécurité incendie et la qualité de vie : réfection des parties communes, aménagement des rez-de-chaussée et espaces libres privés en contact avec l'espace public.

Intervenants
Maîtrise d'ouvrage : Immobilière 3F, maîtrise d'œuvre : atelier Yann Brunel, architecte

Durée de l'opération
Début des travaux novembre 2010, fin des travaux 2012.

Les principaux travaux réalisés concernent l'Isolation Thermique Extérieure des façades, l'isolation et la végétalisation de la toiture terrasse sur cour, la pose de volets roulants et l'optimisation du réseau de distribution du chauffage.

Les façades

- Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) de l'ensemble des étages par des panneaux de polystyrènes d'une épaisseur de 10 cm recouverts d'un enduit. Isolation en laine de verre couverte par un bardage de panneaux de bois compact des façades à l'angle des deux quais. Isolation Thermique par l'Intérieur des 2 loges de gardien à rez-de-chaussée et du local d'activité.
- Isolation et végétalisation de la toiture terrasse de 500 m² du parking au niveau rez-de-chaussée côté cour par une végétalisation extensive compatible avec la portance de la dalle.
- Pose de volets roulants extérieurs sur les linteaux des fenêtres des pièces principales.

Traitement spécifique du bâtiment d'angle

Façade sur cour du bâtiment d'angle

Absence d'isolation des loggias ouvertes

Le réseau de distribution du chauffage

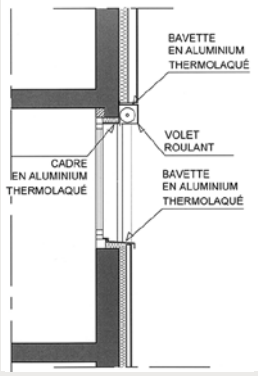
- Rénovation du calorifugeage des conduits de distribution.
- Installation de vannes d'équilibrage par logement pour optimiser le fonctionnement des planchers chauffants.

Le système de ventilation

Amélioration de la VMC par le remplacement des moteurs des caissons d'extraction en toiture terrasse. Remplacement des bouches d'extraction à l'intérieur des logements par des systèmes hygroréglables.

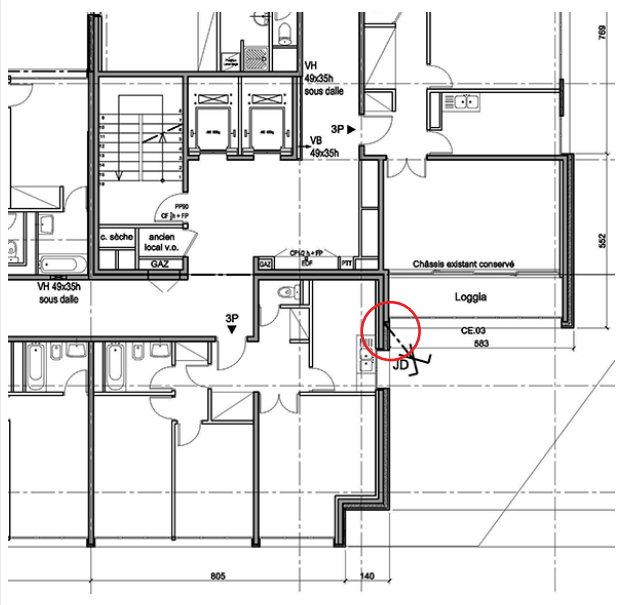
Données sur les économies réelles d'énergie

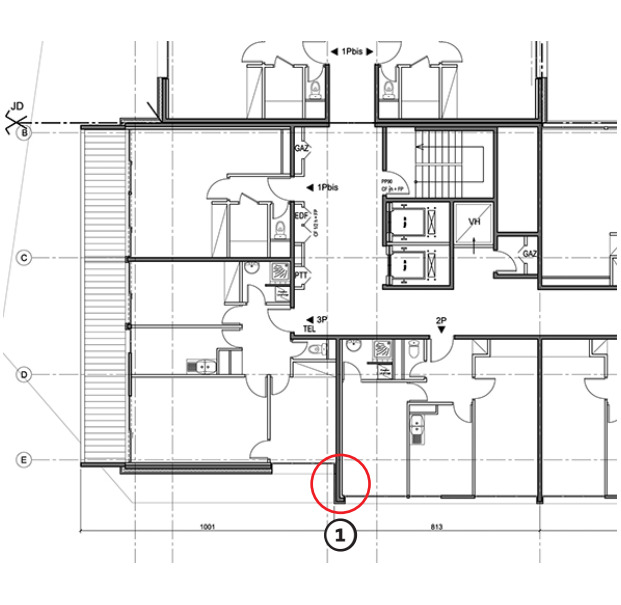
Une baisse de l'ordre de 25% de la consommation réelle avant / après travaux, et une baisse de l'ordre de 20% sur les charges de chauffage ont été réalisées. En l'absence de renégociation du contrat de l'exploitant chauffage sur cette période, le prix du MWh de gaz est donc quasiment constant, hors évolutions de TVA. Il n'y a pas eu de variation de la consommation ni du coût de l'ECS.



Coupe, coffre des volets roulants fixés sur linteaux

	2011	2012	2013	2014
Etude de l'impact sur la consommation réelle				
MWh consommés (brut)	821	1079	892	678
DJU	1677	2046	2233	1709
MWh consommés (ramené à un hiver standard de 2279 DJU)	1116	1202	910	904
Ratio MWh annuel par logement (189 logements)	6,0	6,4	4,9	4,8
Ratio kWh annuel par m² (9108 m²)	122,5	132,0	99,9	99,3
Etude de l'impact sur le niveau de charges				
Montant charges chauffages	46 469,21 €	60 001,36 €	59 448,63 €	39 946,05 €
dont régularisation de charges	3 929,79 €	2 138,24 €	10 246,15 €	3 074,23 €
DJU	1677	2046	2233	1709
Montant payé (ramené à un hiver standard de 2279 DJU)	63 150,46 €	66 834,36 €	60 673,28 €	53 269,19 €
Ratio annuel par logement (189 logements)	334,13 €	353,62 €	321,02 €	281,85 €
Ratio annuel par m² (9108 m²)	6,93 €	7,34 €	6,66 €	5,85 €
Ratio annuel par m² (9108 m²) hors régularisation de charges	6,35 €	7,08 €	5,51 €	5,40 €





Réduction de l'épaisseur de l'isolant sur les murs perpendiculaires aux baies existantes

Éléments d'analyse des travaux

Les façades

Réduction de l'épaisseur de l'isolant sur les pans de mur perpendiculaires aux baies existantes
L'encadrement des baies à l'angle de la rue de Thionville est partiellement occulté par l'ITE posé sur le mur en retour de façades des étages en saillie sur le quai de Metz ❶.
Les loggias, ouvertes sur la rue de Thionville, n'ont pas fait l'objet d'un traitement particulier maintenant les ponts thermiques entre les dalles des loggias en continuité avec les planchers radiants.

Expression architecturale des façades modifiée
Une ITE spécifique de panneaux de bois recouvre les façades à l'angle des voies, pour signaler la verticalité des volumétries en vis-à-vis du parc. Le revêtement grés Céram des allèges est recouvert par l'enduit monochrome de l'ITE. L'absence de modénature initiale a facilité l'application de l'ITE.

ITI du rez-de-chaussée à l'abri des dégradations
L'ITI des locaux à rez-de-chaussée génère des ressauts importants entre les plans de façades inchangés du rez-de-chaussée et ceux des étages mis en saillie par l'ITE. La suppression des grilles délimitant l'espace privé expose les façades à rez-de-chaussée à des dégradations et génère des espaces résiduels.

Végétalisation de la toiture des parkings pour le confort thermique d'été
La végétalisation de la toiture terrasse du parking initialement jonchée de détritus entraîne un changement des comportements des résidents et offre un apport de fraîcheur en été.

Coffres des volets roulants extérieurs
Les coffres des volets roulants posés sous les linteaux représentent un obstacle au ruissellement des eaux pluviales et sont difficilement accessibles en cas de réparation. Les façades isolées depuis 2012, ne présentent pas de trace d'humidité et de salissure.

L'alimentation au gaz maintenue malgré la présence du réseau du CPCU

L'alimentation de la chaufferie par le réseau du CPCU implanté au pied de l'immeuble quai de Metz n'a pas été retenue pour des raisons tarifaires

La mécanisation de la ventilation naturelle

La suppression des bouches de ventilation dans les murs de façade, a réduit les déperditions et facilité la pose de l'ITE.

Nouveaux caissons d'extraction en toiture

Espace privé résiduel non protégé

Synthèse

La réhabilitation thermique consiste essentiellement en une amélioration de la performance thermique de la façade. L'isolation thermique, qui provoque un épaississement général du bâtiment, entraîne une réduction des baies et induit des problèmes dans le traitement des volumétries en saillies. La fermeture des loggias est appliquée à certains endroits du bâtiment et pas à d'autres ce qui pose un problème de cohérence globale dans le traitement des ponts thermiques. L'effort de réhabilitation ne propose pas de réelles améliorations des systèmes de chauffage et de production d'ECS, la question de l'individualisation des consommations n'est pas abordée.

Multiplicité des plans de façades

Isolation Thermique par l'Intérieur du rez-de-chaussée à l'abri des dégradations

19-23 rue Mathis/30-34 rue Archereau, 75019

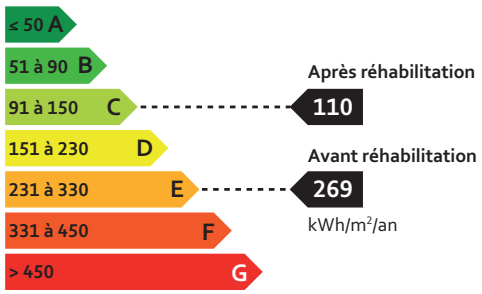
200 logements sociaux | **Propriétaire : SIEMP**

Travaux effectués

Isolation thermique extérieure (enduit sur isolant).

Disparition de l'ossature apparente qui est noyée dans l'isolant.

Énergie



Chauffage + ECS
Après réhabilitation : consommations théoriques
Avant réhabilitation : consommation réelles de 2009 corrigées du climat
Source : H3C

Contexte urbain et données architecturales

Délimité par l'avenue de Flandre et la rue d'Aubervilliers, au nord-est de Paris, le secteur a fait l'objet d'une rénovation urbaine importante après guerre. Les deux bâtiments construits en 1967 par J.P. Arnould architecte accueille 200 logements. La réhabilitation des bâtiments engagée fin 2009 en régie directe est l'une des premières opérations rénovation thermique réalisées par la SIEMP dans le cadre du Plan Climat de la Ville de Paris.

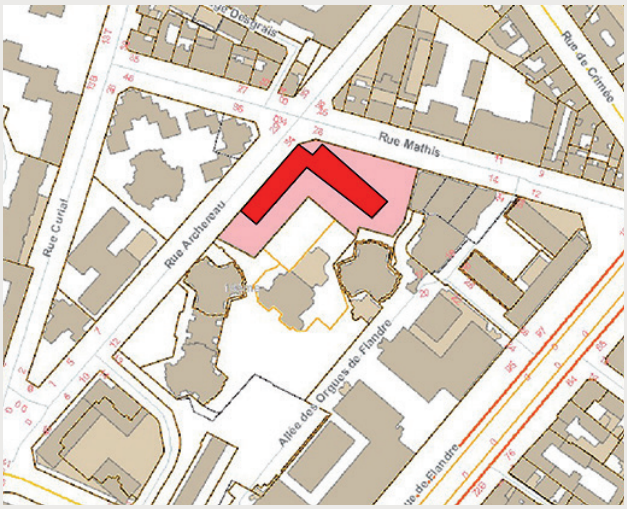
Caractéristiques architecturales

La parcelle d'angle de 3 960 m², est occupée par deux bâtiments accolés pour former un angle droit. Aligné sur la rue Archereau, le premier bâtiment s'élève sur 15 étages, le second, en retrait de l'alignement de la rue Mathis, s'élève sur 9 étages et deux niveaux de sous-sol. Les espaces libres totalisent une surface de 2 700 m².

Deux immeubles avec des caractéristiques similaires

- Des façades identiques composées par l'alternance régulière des baies, des poteaux, des trumeaux, rythmée par des bandeaux horizontaux au droit des planchers de chaque étage.
- Les étages courants identiques distribués par trois cages d'escalier : 8 appartements par étage dont 6 traversants, absence de balcon.
- Le chauffage collectif, alimenté par CPCU. La production d'Eau Chaude Sanitaire individuelle (Cumulus électrique).

Situation



Plan-masse

État avant travaux (février 2010)

L'état général du bâti est moyen. Cet ensemble n'a pas fait l'objet d'une rénovation complète depuis sa construction. Un entretien régulier a été effectué : ravalement, étanchéité, remplacement des fenêtres par des châssis PVC avec double vitrage en 1995. (Source : Diagnostic Énergétique bâtiment Mathis, H3C-énergie, octobre 2009).

Parties pleines des façades et les toitures terrasses non isolées

- Les parois pleines des façades sans isolation, pignons compris, totalisent 71 % des déperditions statiques de l'ensemble de logements. Les têtes des dalles de plancher apparents en façades supportent les allèges et les trumeaux constitués par des panneaux de béton armé de 25 cm d'épaisseur.
- Les toitures terrasses non isolées, dalles de béton armé de 15 cm d'épaisseur, représentent 12 % des déperditions.
- Les fenêtres et portes-fenêtres présentent des défauts d'étanchéité.
- Les halls d'entrées sont ouverts sur l'extérieur.
- Le plancher bas du rez-de-chaussée sur sous-sol non isolé.

Ancienneté de la sous-station du CPCU

La sous-station branchée au réseau du CPCU alimente via un réseau secondaire, les appartements chauffés par des radiateurs en fonte en bi-tube sur colonnes de distribution.

Ventilation naturelle

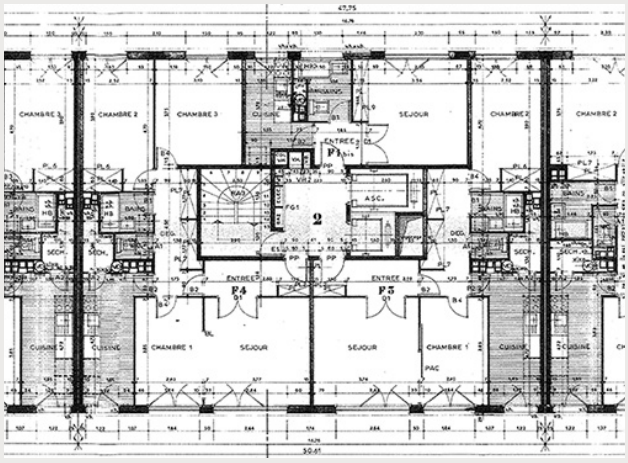
La ventilation naturelle est assurée par des prises d'air et des baies pour les pièces d'eau en façade, et par des bouches hautes sur conduits shunts pour les pièces d'eau aveugles. Les pièces principales possèdent des bouches auto réglable en partie hautes des ouvrants.

Diagnostic et amélioration des performances énergétiques

Le Diagnostic Énergétique des bâtiments, réalisé en octobre 2009 par l'entreprise H3C, a permis d'évaluer les économies d'énergie potentielles selon les travaux envisagés. L'étiquette énergétique pour les consommations réelles actuellement dans la classe E (269 KWhEP/ m². an) doit après travaux, passer dans la classe D (110 KWhEP/ m². an). Les consommations sont réduites de 59 % et les émissions de CO2 réduites de 42 %.

Façade rue Mathis, avant travaux

Façade rue Archereau, avant travaux



Plan d'étage courant, appartement mono-orienté et traversant

Ossature apparente en façade

Travaux d'amélioration des performances énergétiques

Coût total des travaux : 6 000 000 euros dont 1 100 000 € TTC pour l'ITE
L'opération a bénéficié d'une subvention de la Ville de Paris de 2 400 000 euros dans le cadre du Plan Climat- Energie. Le coût total de 6 millions d'euros, inclus des travaux complémentaires destinés à améliorer la qualité de vie : réfection des parties communes, des installations électriques et appareil sanitaires, des pièces d'eau…

Intervenants
Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre : SIEMP

Durée de l'opération
Début des travaux début 2010, fin des travaux de l'ITE au premier semestre 2012.

Les principaux travaux réalisés concernent l'Isolation Thermique Extérieure des façades, l'isolation des toitures terrasses, la rénovation de la sous-station CPCU, la production de l'ECS centralisée en sous-station et la mécanisation de la ventilation.

Les façades
- Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) de l'ensemble des façades par des panneaux de laine de roche d'une épaisseur de 11 à 16 cm recouverts d'un sous enduit armé et d'un enduit de finition.
- Isolation des toitures terrasses par des panneaux de polyuréthane d'une épaisseur de 16 cm et reprise de l'étanchéité.
- Réfection de l'étanchéité des fenêtres déjà en double vitrage.
- Création de sas pour les halls d'accès aux immeubles.

Renouvellement de la sous-station du CPCU et nouvelle production de l'ECS centralisée en sous-station
- Rénovation de l'ensemble des équipements de la sous-station du CPCU.
- Production de l'ECS en mode instantané avec 2 ballons tampons de stockage et création du réseau en bouclage de l'ECS à travers le niveau de sous-sol et les colonnes techniques existantes.

Façade rue Mathis, après travaux

Façade rue Archereau, après travaux

Systèmes de ventilation
Mise en place d'une VMC hygro dans les pièces d'eau aveugles et pose de 6 caissons d'extraction d'air en toiture.

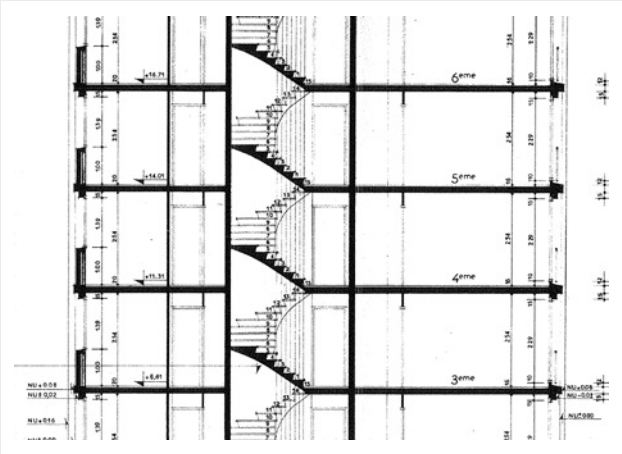
Premiers éléments d'économies d'énergie
L'étude réalisée par la société H3C en octobre 2009 a permis d'estimer les économies d'énergie potentielles après travaux.

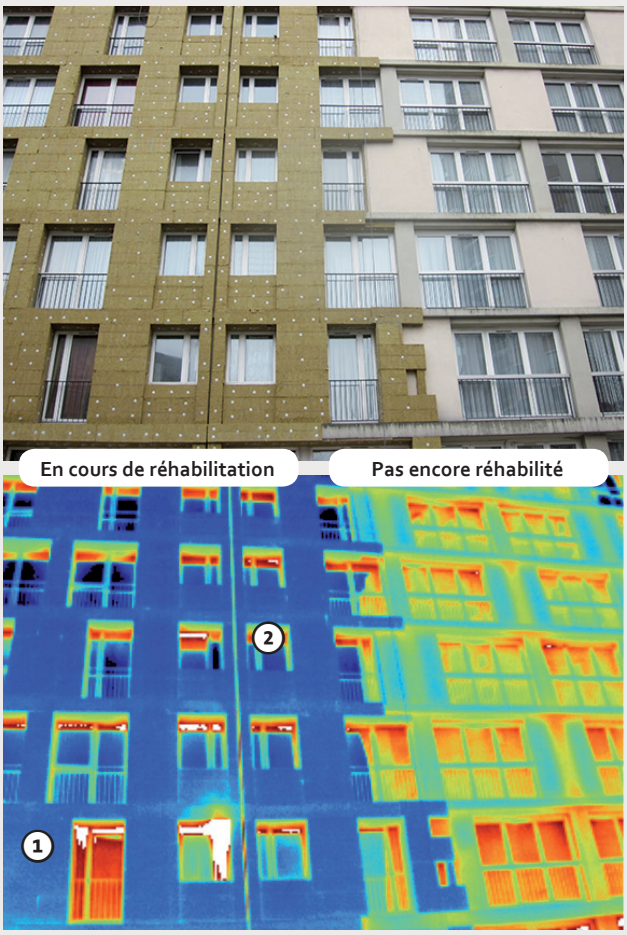
L'étiquette énergétique avant travaux, est dans la classe E (269 KwEP/ m². an). La mise en œuvre du scénario 3, l'étiquette doit passer dans la classe C (110 KwEP/ m². an). Les émissions de gaz à effet de serre doivent diminuer de 40 % passant de 36 à 21 kgCO^2/m² .an.
Avant et après travaux, la consommation d'énergie sur le poste chauffage, à DJU comparable, a diminué de 40 %.

Façade rue Archereau

Façade sud

Façade est sur cour


Coupe, ponts thermiques des allées de planchers



Thermographie de la façade en cours de réhabilitation
(pose de la laine de roche)

❶ Sur la partie gauche de l'image, de la laine de roche a été appliquée. On constate comme prévu une nette diminution de la déperdition des parois isolées (bleu foncé).
❷ Les défauts d'isolation comme les ponts thermiques (ici à la jonction dormant/linteau) ressortent de façon plus prononcée dans la partie nouvellement isolée du bâtiment. Il s'agit d'un phénomène de concentration des flux courant dans les opérations d'ITE qui doit attirer une certaine vigilance sur le renouvellement d'air des logements car sinon des moisissures peuvent apparaître à l'intérieur des logements au droit de ces ponts thermiques.

Éléments d'analyse des travaux

Les façades

Réduction de l'épaisseur de l'isolant sur les tableaux des fenêtres inchangées.
Le maintien des fenêtres avec double vitrage posées en 1995, entraîne une réduction de l'épaisseur de l'isolant sur les tableaux, 5 cm au lieu de 16 cm en façade. Le changement des fenêtres, estimé à 1 242 000 euros pour une économie financière sur consommation des énergies finales de 2 590 euros (38 MWh) n'a pas été retenu. (Source DPE, scénarios 4, entreprise H3C octobre 2009).

Expression architecturale des façades modifiée
L'application systématique de l'ITE pour supprimer les ponts thermiques des dalles de plancher en façade, a effacé la modénature de la structure initialement apparente. La pose de panneaux solaires thermiques et/ou photovoltaïques sur les 1 270 m² des toitures terrasse n'a pas été retenue du fait des ombres portées des IGH de l'avenue de Flandre.

ITE du rez-de-chaussée exposée aux dégradations
L'ITE réalisé sur les murs des locaux techniques et du logement du gardien présente des traces de dégradations dues à des chocs. Des traces de condensation sont observées sur les grilles de protection en sous face de l'épaisseur de l'ITE. Pour éviter les ponts thermique, les enseignes des locaux commerciaux sont directement fixées sur les devantures et les vitrines.

Nouvelle production collective de l'ECS et renouvellement de la sous-station du CPCU

La configuration des bâtiments avec 2 niveaux de sous-sol, des gaines techniques et des vide-ordures supprimés facilite l'installation du réseau de distribution de l'ECS en évitant de créer des nouvelles trémies ou percement en dalles de planchers. Les travaux liés à la distribution de l'ECS, dépose des cumulus et réfection des installations électriques entraînent la réhabilitation de la majorité des pièces d'eau.
La suppression des 3 réservoirs de 1 000 litres d'eau froide sanitaire a permis un gain d'espace dans la sous-station.

Nouvelle Ventilation Mécanique

La VMC avec la suppression des bouches de ventilation en façades, a réduit les déperditions et facilité la pose de l'ITE.

Disparition de la structure sous l'ITE

Synthèse

La réhabilitation thermique consiste essentiellement en une amélioration de la performance thermique de la façade et de la toiture terrasse.
L'isolation thermique produit une banalisation de l'expression architecturale.
L'utilisation d'un enduit sur isolant en RdC nécessiterait un traitement adapté contre les éventuelles dégradations.
L'effort de réhabilitation ne propose pas de réelles améliorations des systèmes de chauffage et de production d'ECS, la question de l'individualisation des consommations de chauffage n'est pas abordée. Des compteurs individuels pour l'ECS ont été posés.

Réduction de l'isolant sur les tableaux des fenêtres

Fermeture des halls d'accès

10-14 rue Julien Lacroix/76-96 rue des Couronnes/ 21-25 rue d'Eupatoria, 75020

111 logements dans un groupe de 322 logements sociaux

Propriétaire : Paris Habitat

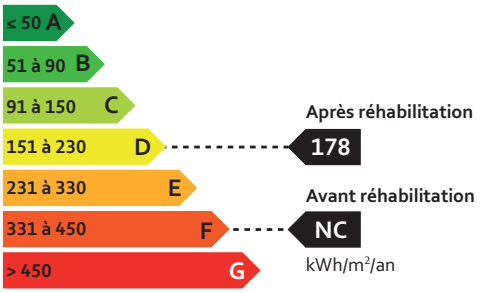
Travaux effectués

Isolation thermique extérieure (enduit sur isolant).

Modification mineure de l'écriture architecturale d'origine (épaississement).

Pas de traitement des ponts thermiques des balcons

Énergie



Chauffage + ECS
Après réhabilitation :
Consommations réelles de 2013
Source : Paris Habitat & Direction du Logement et l'Habitat de la Ville de Paris

Contexte urbain et données architecturales

À l'est de Paris, à proximité du boulevard de Belleville et de la rue Ménilmontant, le secteur est surplombé au nord par le parc de Belleville. La résidence du 10-14 Julien Lacroix accueille 322 logements sociaux répartis dans six bâtiments distincts et construits à partir de 1967. Il a fait l'objet d'une rénovation urbaine importante après guerre. L'opération concerne 111 logements regroupés dans les deux bâtiments 3 et 5, les autres immeubles ayant été réhabilités à partir de 2007. L'opération menée en régie directe, de 2010 à 2012 a bénéficié d'un financement Palulos.

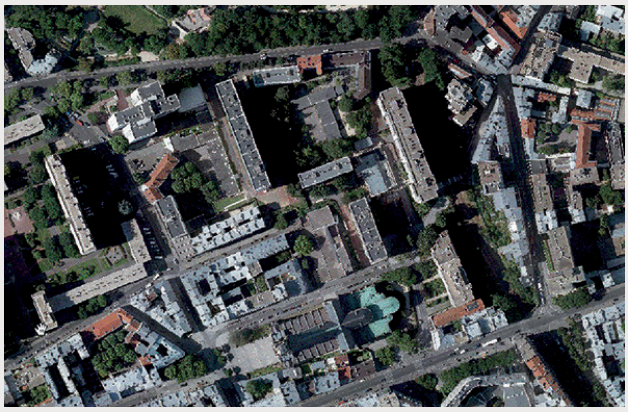
Caractéristiques architecturales

La parcelle traversante de 15 700 m², est occupée par une crèche municipale et six bâtiments. En retrait de l'alignement de la rue J. Lacroix, le bâtiment 3 de 8 étages sur un niveau de sous-sol, abrite 33 logements et s'adosse en mitoyenneté à l'école élémentaire Julien Lacroix.

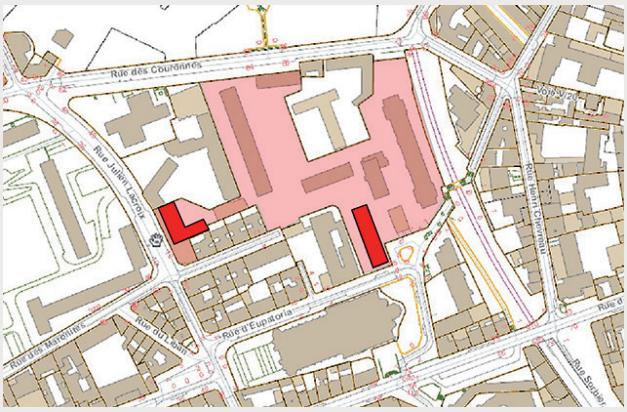
Implanté perpendiculairement à la rue d'Eupatoria et sans mitoyenneté, le second bâtiment 5 de 9 étages sur un niveau de sous-sol, abrite 78 logements.
Sur l'ensemble de la parcelle, les espaces libres totalisent 10 600 m².

Deux immeubles avec des caractéristiques similaires

- Façades identiques sans modénature percées par des baies de tailles différentes selon les pièces éclairées et balcon-loggia à partir du premier étage pour les séjours. Les murs pignons sont quasi aveugles.
- Le bâtiment 3 regroupe 4 appartements par étage distribués par une cage d'escalier. Le bâtiment 5 regroupe 8 appartements par étage desservis par 2 cages d'escalier.
- Le chauffage collectif est alimenté par le gaz. La production d'ECS est individuelle par cumulus électrique ou chauffe-eau gaz.



Situation



Plan-masse

État avant travaux (septembre 2010)

L'état général des façades, ravalées en 1996, est légèrement défraîchi. Les menuiseries sont en bon état donc conservées. (Source : Notice descriptive travaux, OPAC de Paris, septembre 2010).

Façades et toitures terrasses non isolées

- Les façades et les pignons en maçonnerie de 27 cm d'épaisseur ne sont pas isolés.
- Les toitures terrasses non isolées, présentent une étanchéité en mauvais état.
- Les fenêtres et portes-fenêtres en PVC avec double vitrage sont équipées de persiennes hétérogènes.
- Les planchers bas du premier étage couvrent les halls d'entrée ouverts.

Production collective de l'Eau Chaude Chauffage et individuelle de l'Eau Chaude Sanitaire

La production de l'Eau Chaude de Chauffage est assurée par la chaufferie gaz, située dans le bâtiment 78 rue des Couronne à 70 m des deux bâtiments ; les appartements chauffés par des radiateurs en fonte en bitube sur colonnes de distribution ; la production d'Eau Chaude Sanitaire est individuelle : Cumulus électrique ou chauffe-eau gaz.

Ventilation naturelle non mécanisée

La ventilation naturelle est assurée par des prises d'air en façades et des baies pour les pièces humides en façade, et par des bouches hautes sur conduits shunt pour les pièces d'eau aveugles. Les pièces principales possèdent des bouches auto réglables en partie hautes des ouvrants.

(Bât. 3) façade rue Julien Lacroix

(Bât. 3) façade sur cour

(Bât. 5) façade rue Eupatoria

Travaux d'amélioration des performances énergétiques

Coût total prévisionnel des travaux : 6 241 000 euros pour les 322 logements du groupe
(source : projet de délibération 2007 DLH 227-1, octobre 2007)
L'opération a bénéficié de subventions de la Région, du Département et de la Ville de Paris et d'un prêt PALULOS.
Le coût total de la réhabilitation des 322 logements inclut des travaux complémentaires destinés à améliorer les économies d'énergies et la qualité de vie : végétalisation et installation de panneaux solaires en toiture terrasse, accessibilité aux PMR, réfection des installations électriques et appareil sanitaires, etc.

Intervenants
Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre : Paris-Habitat

Durée de l'opération
Début des travaux septembre 2010, fin des travaux juillet 2012.

Les principaux travaux réalisés concernent l'Isolation Thermique Extérieure des façades, l'isolation des toitures terrasses, la production de l'ECS centralisée en chaufferie gaz.

Façades et toitures terrasses

- Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) de l'ensemble des façades par des plaques de polystyrène d'une épaisseur de 10 cm en section courante et de 3 cm d'épaisseur en tableau et en linteau des fenêtres conservées.
- Isolation des toitures terrasses par des panneaux de polyuréthane d'une épaisseur de 10 cm surfacés par des voiles de verre bitumé. Réfection de l'étanchéité et création de lanterneau de désenfumage au-dessus des 3 cages d'escalier des 2 bâtiments.
- Maintien de l'ensemble des fenêtres avec remplacement des persiennes au RDC et au premier étage. Les parties, en retrait des allèges de cuisines, sont ramenées au nu des façades par un remplissage de maçonnerie sous isolant.

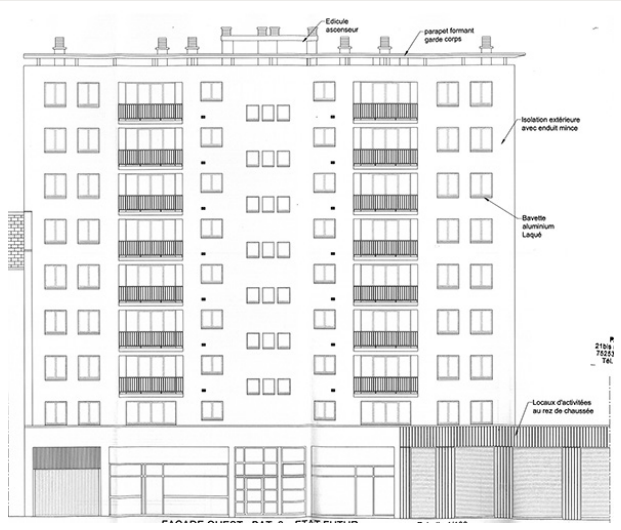
(Bât. 3) façade rue Julien Lacroix

(Bât. 5) façade rue Eupatoria

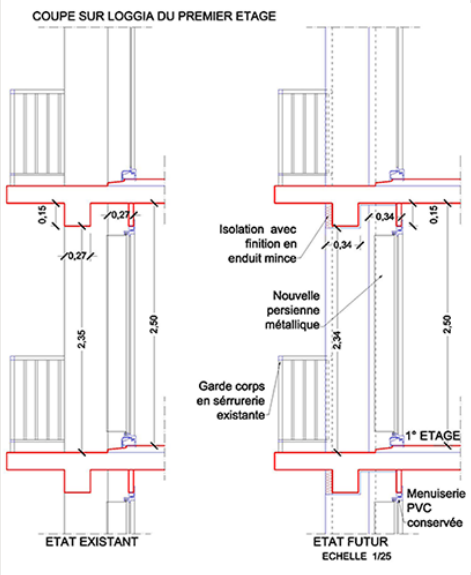
(Bât. 3) façade sur cour

Nouvelle production collective de l'ECS centralisée en chaufferie à gaz

Production collective de l'ECS et création du réseau en bouclage de l'ECS à travers les niveaux de sous-sol et les colonnes techniques existantes.

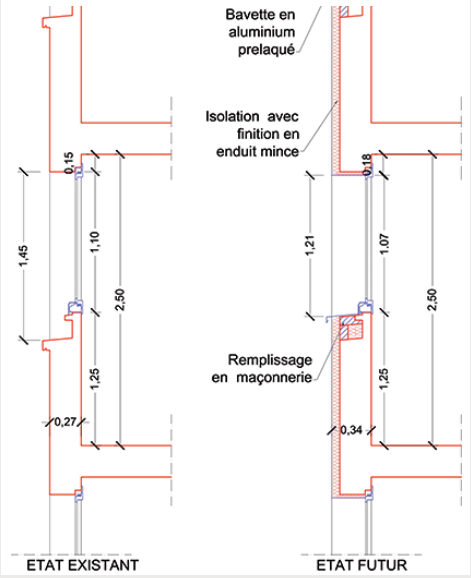


(Bât. 3) façade rue Julien Lacroix
Les locaux d'activité en rez-de-chaussée sont une contrainte pour l'installation des échafaudages



Coupe sur loggias, avant et après travaux

Absence d'ITE des balcons



Coupe sur allège de cuisine, avant et après travaux

Remplissage des appuis des fenêtres de cuisine

Éléments d'analyse des travaux

Les façades

Absence de traitement des balcons
Opération coûteuse et délicate, les balcons n'ont pas été isolés et constituent des ponts thermiques.

Réduction de l'épaisseur de l'isolant sur les tableaux des fenêtres inchangées
Le maintien des fenêtres posées en 1996 entraîne une moindre épaisseur de l'isolant autour des baies : 3 cm sur les tableaux et les linteaux au lieu de 10 cm en section courante de façade.

Expression architecturale des façades inchangée
L'enduit de l'ITE reproduit les teintes des enduits préexistants, en particulier celle plus soutenue du bandeau horizontal à chaque étage. Pour simplifier la pose de l'ITE, les allèges des cuisines ont été ramenées au nu du plan de façade.
L'isolation du mur mitoyen avec l'école du 16 Julien Lacroix a fait l'objet d'une attention particulière liée au maintien d'un conduit d'évacuation des fumées de la chaufferie de l'équipement scolaire.

Pose de l'ITE à rez-de-chaussée contrainte par la présence des locaux d'activité
L'occupation du RDC par des locaux d'activité a nécessité un renforcement de leur toiture pour implanter des échafaudages nécessaires à l'ITE des façades. Le mobilier d'éclairage et les gaines électriques posés sur l'ITE génèrent des ponts thermiques et des salissures.

Façades légèrement dégradées
Les façades isolées et planes présentent quelques de traces d'humidité et de salissure.

Synthèse

Opération de réhabilitation thermique dont la mise en œuvre se rapproche d'un ravalement.
La simplicité des volumétries du bâtiment le rend propice à l'isolation thermique sans complications particulières.
Dans ce projet, le rapport entre le coût du projet et l'efficacité de réduction des consommations est optimal.
L'effort de réhabilitation ne traite pas la question des systèmes de chauffage et d'ECS.

Isolation du mur mitoyen avec l'école élémentaire Julien Lacroix, avant et après travaux

Maintien des fenêtres d'origine dans les cages d'escalier

Salissure de l'enduit par le ruissellement de l'eau pluviale

55-57 rue Brillat-Savarin/26 rue de Rungis/ 49-53 rue Auguste Lançon, 75013

59 logements étudiants créés à la place de 1800 m² de bureaux

Propriétaire : Gecina/ G7

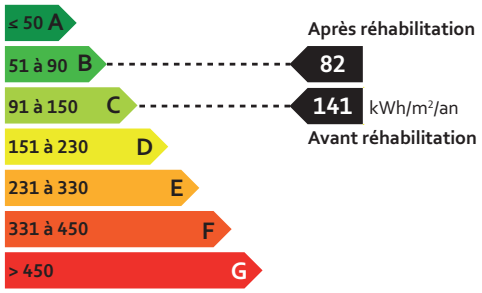
Travaux effectués

Seule la structure porteuse du bâtiment d'origine est conservée, elle devient le support d'un nouveau projet d'architecture.

Enduit sur isolant et blocs baies.

Disparition de végétalisation spontanée (vigne vierge) qui s'était développée sur le bâtiment.

Énergie



Chauffage + ECS
Après réhabilitation : consommations estimées par le calcul
Avant réhabilitation : consommations estimées par le calcul
Source : MANEXI

Contexte urbain et données architecturales

Au sud de Paris, à proximité du parc Montsouris et de la Cité Universitaire, le secteur a fait l'objet d'une rénovation urbaine importante après guerre. La parcelle est occupée par deux bâtiments distincts construits en 1971 par H.Vidal et Y.E Jenkins arch. accueillant 40 logements et un immeuble d'activités à l'angle des rues Brillat-Savarin et A. Lançon. L'opération, menée par Studio IX Architecture de 2014 à 2015, concerne la transformation de l'immeuble d'angle en une résidence étudiante de 59 studios. Les autres bâtiments de logements ont été réhabilités et isolés à partir de 2010.

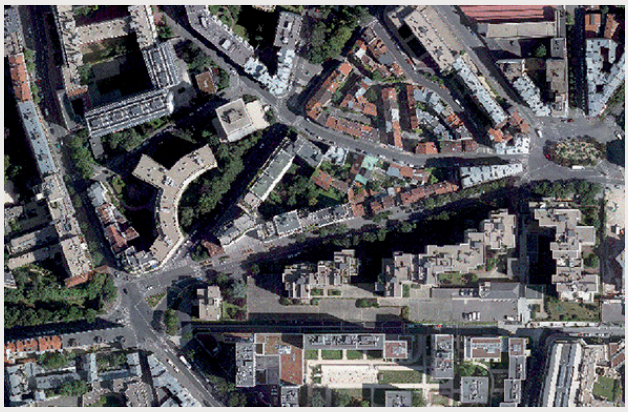
Caractéristiques architecturales

Au nord de la parcelle traversante de 2 080 m², le bâtiment d'angle de 6 étages s'implante en retrait de l'alignement et a été occupé par des activités tertiaires jusqu'en 2013. L'opération de transformation en résidence étudiante de 1 365 m² de Surface Habitable, a permis de réaliser des travaux d'amélioration des performances thermiques.

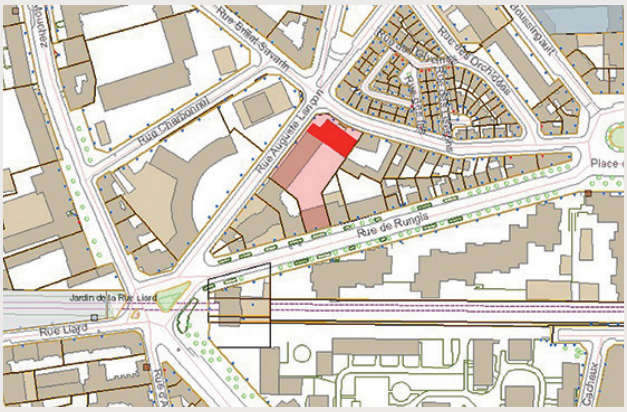
L'ensemble des jardins visibles depuis les rues totalise une surface de 1 000 m² environ.

L'immeuble d'angle réhabilité présente les caractéristiques suivantes

- Des façades, rythmées par la trame des poteaux, murs de refend et poutres, sont composées d'ouvertures en bandes horizontales. Le bâtiment élevé sur pilotis, présente un rez-de-chaussée traversant en grande partie ajouré sur une hauteur de 5 m.
- Une dizaine de chambres par étage desservies par 2 cages d'escalier. Loggias ouvertes sur A. Lançon.
- La production collective du chauffage et l'E.C.S. sont alimentés par le réseau du CPCU. Des panneaux solaires en toiture-terrasse complètent la production d'énergie.



Situation



Plan-masse

État avant travaux (février 2014)

L'état général du bâti est bon, (Source : étude de faisabilité des approvisionnements en énergie, bureau d'étude MANEXI-énergie et environnement, avril 2010).

Les façades légères non isolées avec des baies horizontales et premier étage sur pilotis

- Les façades légères de composition mixte avec panneaux bois et de béton de 10 cm d'épaisseur sur allège en fibro-ciment, présentent d'importantes surfaces vitrées. Les poteaux apparents, les sous faces du plancher bas du 1° niveau sur pilotis et les murs mitoyens aveugles ne sont pas isolés. Le mur mitoyen béton banché de 18 cm d'épaisseur n'est pas isolé.
- Les toitures terrasses en béton armé de 20 cm d'épaisseur sont isolées par des panneaux de polystyrène de 3 cm d'épaisseur, le plancher bas du premier étage sur pilotis n'est pas isolé.
- Les fenêtres avec des châssis en aluminium et double vitrage à lame d'air sont équipées de stores intérieurs.

La sous-station du CPCU en bon état

La sous-station (chaufferie) alimentée par le réseau du CPCU, produit la chaleur nécessaire à l'ECS et au chauffage des locaux tertiaires équipés de radiateurs en fonte. La sous-station a deux échangeurs et deux ballons de stockage destiné à la production de l'ECS.

Ventilation Mécanique Contrôlée

La ventilation mécanique hygroréglable des locaux tertiaires est assurée par des caissons d'extraction à vitesse fixe en toiture terrasse. L'unique pièce d'eau par niveau, est ventilée par des bouches basses apparentes en façade.

Estimation de la Performance Énergétique (EPE)

L'étude réalisée par MANEXI en avril 2010 a permis d'estimer les économies d'énergie potentielles après travaux. L'étiquette énergétique avant travaux, est dans la classe C (141 KwEP/ m². an) et devrait passer dans la classe B (82 KwEP/ m². an) avec un apport de 12 KwEP/ m². an dû aux panneaux solaires thermiques correspondant à 40 % des besoins en ECS. Les émissions de gaz à effet de serre doivent diminuer de 30 % passant de 22,4 à 16 kgCO^2/m² .an.

Façades à l'angle des rues Brillat-Savarin et Auguste Lançon

Façade sur cour

Façade rue Brillat-Savarin

Façade sur cour, détail de la végétation

Travaux d'amélioration des performances énergétiques

Coût total des travaux : 3 250 000 euros HT dont 140 000 euros pour l'ITE et 330 000 euros pour les fenêtres
L'opération n'a pas bénéficié de subvention financière publique. Le coût total inclus des travaux destinés à la mise en conformité avec la réglementation incendie et d'accessibilité aux PMR.

Intervenants
Maîtrise d'ouvrage : Gécina-GEC 7, maîtrise d'œuvre : Studio IX architecture,

Durée de l'opération
D'avril 2014 à août 2015.

Les principaux travaux réalisés concernent les aménagements intérieurs pour héberger les étudiants, la rénovation de l'enveloppe du bâtiment : Isolation Thermique Extérieure des façades et de la toiture terrasse, pose de nouvelles fenêtres, et l'amélioration de la production de l'ECS par l'apport d'énergie solaire.

Les aménagements intérieurs

- Reconfiguration des locaux de service et technique au sous-sol et création d'une cafétéria et d'un local vélo au RDC.
- Aménagement d'appartements et de chambres d'étudiant nécessitant cloisonnement, faux plafond, et trémie pour répartir l'eau, l'électricité et la ventilation destinées aux cuisines et salles de bains.

Les façades

- Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) des façades du rez-de-chaussée et de l'ensemble des étages par des panneaux de polystyrènes d'une épaisseur de 14 cm recouverts d'un enduit mince. Isolation mixte du mur mitoyen (ITE+ITI).
- Réfection de l'étanchéité et Isolation (13 cm) de la toiture terrasse équipée de panneaux solaire thermique totalisant 50 m². ITE de la sous face du plancher bas du R+1 par 13 cm d'isolant.
- Réduction des dimensions des baies par des panneaux sandwiches isolés et recouverts de persiennes inamovibles. Remplacement des fenêtres par de nouveaux châssis en aluminium avec double virage.
- Isolation du sas d'entrée par un hall clos et vitré avec des châssis aluminium.

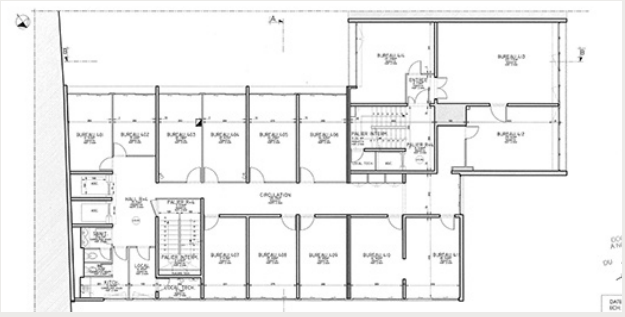
Façades à l'angle des rues Brillat-Savarin et Auguste Lançon

Façade sur cour, disparition de la végétation

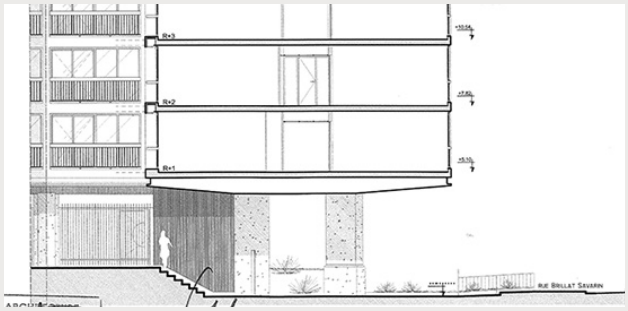
Isolation du hall d'entrée

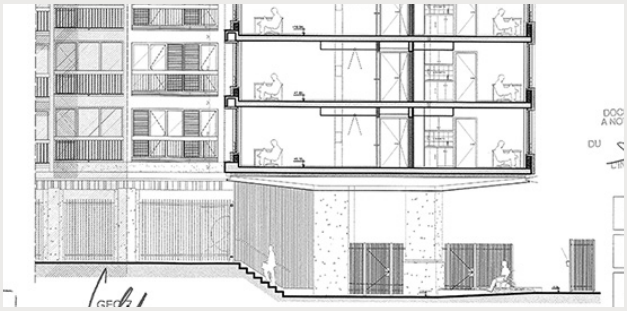
La sous-station du CPCU pour le chauffage et de l'ECS
Réseau de chaleur CPCU maintenu avec adaptation des installations face à l'augmentation de la consommation d'eau, auxiliaire d'appoint et ballons pour le solaire thermique, compteur d'eau par logement, robinets thermostatiques par radiateur en fonte.

Le système de ventilation
Renforcement du système de VMC hygroréglable B avec la création d'une colonne par logement et extraction par caissons en toiture terrasse.

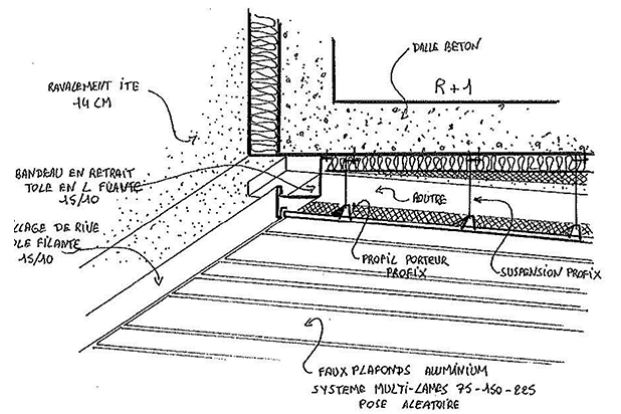

Plan d'étage courant, avant travaux

Plan d'étage courant, après travaux

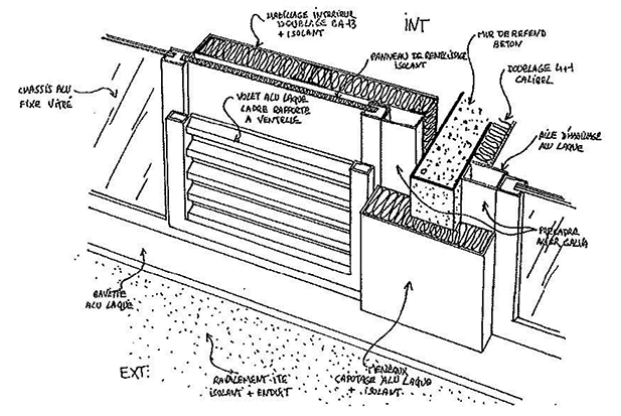

Coupe, avant travaux


Coupe, après travaux

Isolation du plancher sur pilotis



Persiennes fixes avec isolation intérieure



Éléments d'analyse des travaux

Le changement de destination de l'immeuble de bureau en résidence étudiante modifie les caractéristiques suivantes :

- Réduction de la dimension des espaces intérieurs à chauffer avec la création de studios de 20 m² en moyenne
- Augmentation de l'approvisionnement en eau et des sources d'humidité avec une salle de bain par logement
- Diminution de la dimension des baies pour préserver l'intimité des pièces de vie en façade,
- Modification de la temporalité de l'occupation des locaux par les étudiants présents principalement la nuit

Les façades

Réduction de la dimension des baies et le traitement des loggias
Les baies partiellement occultées par des panneaux sandwich isolés diffusent la chaleur des radiateurs attenants à la façade. À l'extérieur, les panneaux sont habillés par des persiennes inamovibles pour les raisons suivantes : les rails de guidage auraient compromis le ruissellement des eaux pluviales et les mouvements répétés des persiennes auraient altérés l'ITE.
Les loggias de faibles profondeurs ouvertes sur la rue Auguste Lançon ont leurs planchers isolés.

Expression architecturale des façades modifiée
L'ITE des façades et l'élargissement t des bandeaux filants entre les baies, se raccordent aux façades des logements en retour sur la rue Auguste Lançon. En l'absence d'un système d'ITE capable de supporter de la végétation verticale, la façade sur cour a perdu sa végétation préexistante.

Isolation du mur mitoyen à découvert avec l'accord de la copropriété voisine
L'isolation du mur mitoyen avec la parcelle 53 rue Brillât Savarin, a nécessité l'autorisation de la copropriété riveraine pour le débord de l'isolant en limite séparative et l'installation des échafaudages nécessaire à la pose.

ITE du rez-de-chaussée à l'abri des dégradations
Les locaux à rez-de-chaussée, isolés par l'extérieur, sont protégés par une clôture métallique en limite de parcelle et des jardins privés décoratifs. Le traitement du plancher bas du 1° niveau sur pilotis, isolé et protégé par une coque profilée en aluminium, facilite les transparences vers les jardins intérieurs. Les ponts thermiques liés à l'absence d'ITE des poteaux sont réduits par une surépaisseur de l'isolant au contact du plancher bas.

Panneaux solaires thermiques en toiture terrasse
La pose de panneaux solaire en toiture bénéficie des locaux disponibles en sous-sol pour implanter les installations auxiliaires et de la position de la chaufferie à la verticale des panneaux permettant de réduire le linéaire du réseau chaleur et les déperditions.

Augmentation de la production collective de l'ECS

L'augmentation des consommations d'eau n'a pas été compensée par une meilleure gestion des eaux pluviales. Le recueillement des eaux pluviales n'a pas été réalisé, les jardins intérieurs de 1 000 m² aménagés sur parking n'ont pas la capacité structurelle pour recevoir des bassins de rétention et de filtration.

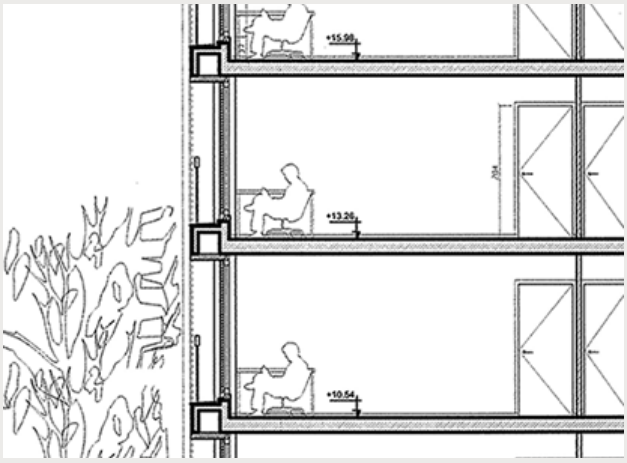
Nouvelle VMC

La suppression des bouches de ventilation en façade réduit les déperditions et facilité la pose de l'ITE.

Synthèse

Opération de transformation de bureaux en logements.
La réhabilitation thermique est une intervention lourde qui ne conserve du bâtiment existant que la structure porteuse existante.
La réécriture architecturale exprime le nouveau programme résidentiel.
La totalité des ponts thermiques sont traités, les systèmes de chauffage et d'ECS sont entièrement repensés.

Isolation des planchers des loggias



Coupe sur l'isolation des planchers des loggias

27- 27 bis rue de la Glacière, 75013

65 logements PLA-I créés à la place de 1900 m² de bureaux

Propriétaire : Arcade/Antin Résidence

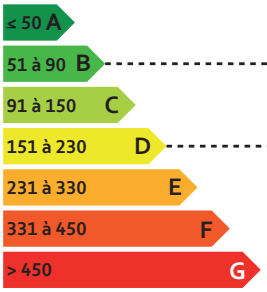
Travaux effectués

Seule la structure porteuse du bâtiment est conservée, elle devient le support d'un nouveau projet d'architecture.
Le bâtiment est agrandi sur cour.

Modules préfabriqués en aluminium employés en remplissage de la structure existante sur rue.

Enduit sur isolant (béton cellulaire) sur cour.

Énergie



Après réhabilitation
94

Avant réhabilitation
219

kWh/m²/an

Chauffage + ECS
Après réhabilitation : consommations estimées par le calcul (ThC-ex)
Avant réhabilitation : consommations estimées par le calcul (ThC-ex)
Source : N.C.

Contexte urbain et données architecturales

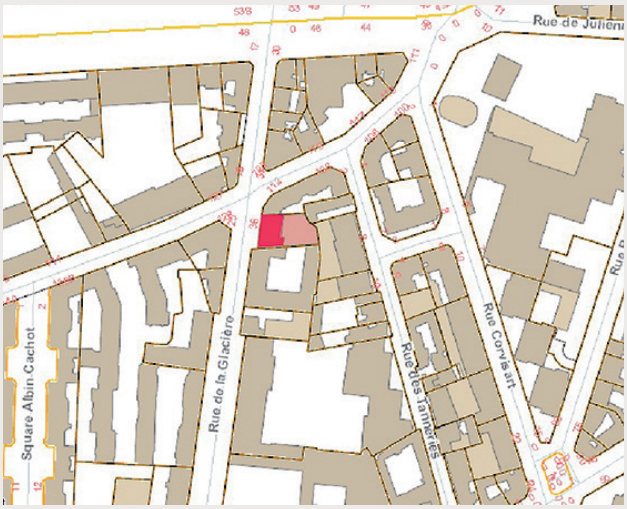
Au sud de Paris, à proximité de l'hôpital Broca, le secteur est constitué d'immeubles édifiés avant les années 50. Le bâtiment du 27-27 bis rue de la Glacière a été construit au début des années 1970 pour accueillir des activités tertiaires. L'opération concerne la transformation de l'immeuble d'activités en une résidence sociale de 65 studios destinés à des jeunes travailleurs, menée de 2012 à 2014 par Fernier et associés, société d'architecture.

Caractéristiques architecturales
La parcelle de 471 m², est en grande partie occupée par un bâtiment élevé de 7 étages et 2 niveaux de sous-sol, édifié en mitoyenneté des immeubles voisins.
Une cour sur dalle de 50 m² environ s'implante en fond de parcelle.

L'immeuble réhabilité présente les caractéristiques suivantes

- La façade sur rue, déterminée par la structure porteuse en poteaux-poutres, est composée d'une alternance de baies vitrées équipées de persiennes amovibles, de balcons et de bow-windows. La façade sur cour est un mur percé de baies de différentes dimensions.
- Une dizaine de studios de 20 m² environ par étage desservis par une cage d'escalier centrale.
- Production collective du chauffage, de l'E.C.S. alimentée par le réseau de gaz. Des pompes à chaleur en toiture terrasse complètent la production d'énergie.

Situation



Plan-masse

État avant travaux (octobre 2012)

L'état général du bâti est moyen. L'immeuble a fait l'objet d'un ravalement en 2001, suivi d'une occupation illégale.

Les façades légères non isolées avec des baies de grandes dimensions.

- La façade légère sur rue non isolée, quadrillée par les poteaux délimitant de larges fenêtres sur panneaux d'allège, présente d'importantes surfaces vitrées. La façade sur cour non isolée est percée régulièrement et revêtue de panneaux de pierre reconstituée.
- Les toitures terrasses en béton armé ne sont pas isolées.
- Les fenêtres sont à simple vitrage avec châssis en aluminium.

La chaufferie au gaz en sous-sol en bon état

La chaudière gaz produit la chaleur nécessaire aux locaux tertiaires et à l'ECS.

Ventilation Mécanique Contrôlée

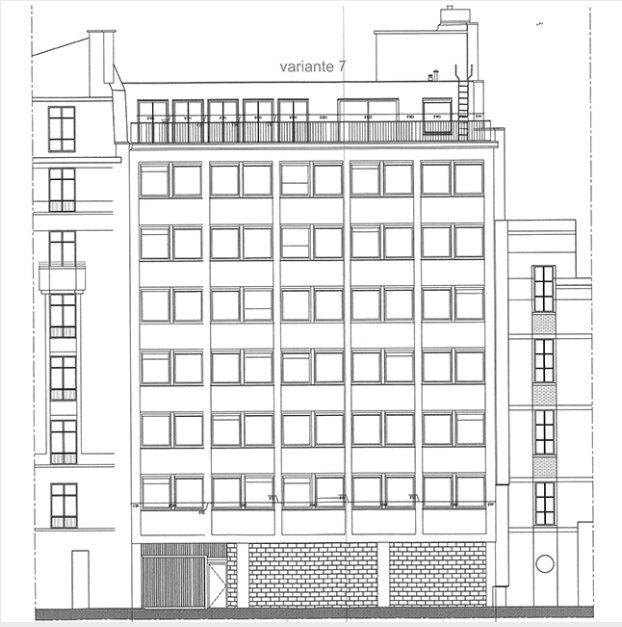
La ventilation mécanique des locaux tertiaires est assurée par des caissons d'extraction en toiture terrasse.

Diagnostic et amélioration des performances énergétiques

Le diagnostic thermique réalisé en avril 2012 a permis d'estimer les économies d'énergie potentielles après travaux. L'étiquette énergétique après travaux, devrait passer dans la classe C (94 KwEP/ m². an). Les émissions de gaz à effet de serre doivent passer à 16 kgCO^2/m² .an.

Façade rue de la Glacière

Façade sur cour



Façade sur cour

Travaux d'amélioration des performances énergétiques

Coût des travaux : 10 287 000 euros
La réalisation de logements PLA-I conventionnés a bénéficié de subventions publiques de l'État, de la Région et de la ville de Paris. Le coût total inclus des travaux destinés à la mise en conformité avec la réglementation incendie et d'accessibilité aux PMR.

Intervenants
Maîtrise d'ouvrage : Arcade-Antin Résidence, maîtrise d'œuvre : Fernier et associés, société d'architecture.

Durée de l'opération
Début octobre 2012, fin mars 2014.

Les principaux travaux réalisés concernent les aménagements intérieurs et la rénovation de l'enveloppe du bâtiment : Isolation Thermique Extérieure des façades et des toitures terrasses, extension du bâtiment sur cour, pose de nouvelles fenêtres. L'opération, labélisée Patrimoine et Habitat option BBC Effinergie vise une consommation de 80 kWh/m²an conformément au Plan Climat de la Ville de Paris.

Les aménagements intérieurs

- Reconfiguration des locaux de service en sous-sol et au RDC : maintien des parkings, création d'un local commercial, salle de réunion…
- Aménagement des studios avec cloisonnement, création de trémie de gaines techniques pour répartir les nouveaux réseaux : eau, électricité et ventilation pour les pièces d'eau.

Les façades différentes sur rue et sur cour

- Façade sur rue, Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) du rez-de-chaussée et de l'ensemble des étages par un bardage de panneaux d'aluminium thermo laqué. Balcons et bow-windows en métal, isolés et fixés avec des rupteurs de pont thermique aux planchers existants. Extension des planchers et nouvelle façade sur cour en maçonnerie légère de bloc de béton alvéolaire enduit.
- Isolation et réfection de l'étanchéité de la toiture terrasse.
- Remplacement des fenêtres sur rue et sur cour par de nouveaux châssis aluminium avec double vitrage. Sur rue réduction de la largeur de baies occultées par des persiennes coulissantes sur rail.

Façade rue de la Glacière

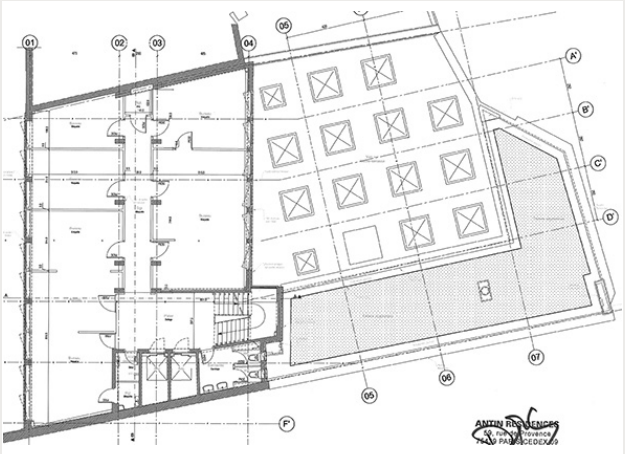
Façade sur cour

Nouveaux locaux pour la chaufferie et la pompe à chaleur en toiture terrasse

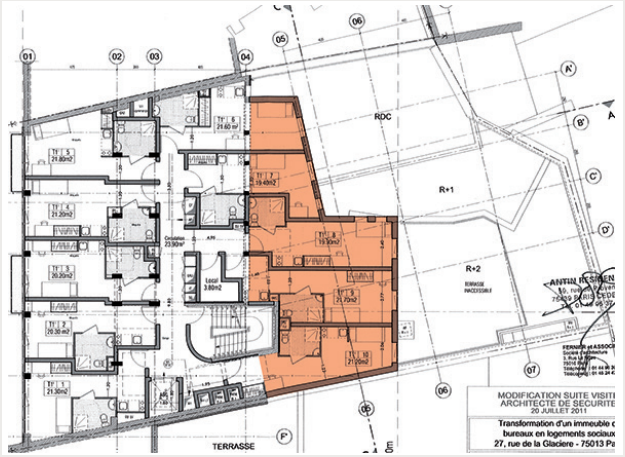
Le chauffage du bâtiment est assuré par une chaudière gaz à condensation. La production de l'Eau Chaude Sanitaire est assurée par la chaudière à gaz avec préchauffage par une pompe à chaleur gaz à absorption. Au dernier étage, les nouveaux locaux techniques sont couverts par une charpente bois revêtue de Zinc sur panneaux isolants.

Le système de ventilation

VMC type hygro B dans les studios et ventilation naturelle pour le désenfumage des circulations et des parkings.



Plan d'étage courant, avant travaux



Après travaux, en couleur : extension du bâtiment

Toiture du local d'activité sur cour, avant travaux

Terrasses isolées et végétalisées

Éléments d'analyse des travaux

Le changement de destination de l'immeuble de bureau en résidence sociale pour jeunes actifs est facilité par l'absence de mur porteur et voile de refend.

Les façades

Réduction de la taille des baies et traitement des nouveaux balcons et bow-windows
La réduction de la dimension des baies occultées par des volets coulissants améliore le confort thermique. Les balcons et des loggias isolés et en rupture thermique avec les planchers des étages optimisent les performances énergétiques.

Expression architecturale des façades modifiée
En façade sur rue, la structure apparente est en partie effacée par l'introduction des registres traditionnels : soubassement, étages courants avec balcons et bow-windows. La façade sur cour est un mur épais maçonné et percé de baies décalées de différentes tailles, sans rapport avec le mur rideau préexistant.

Matériaux d'isolation du rez-de-chaussée pérennes.
Les locaux à rez-de-chaussée sur rue sont clos par des panneaux métalliques et vitrés résistant aux dégradations.

Terrasses végétalisées et isolées conformément au PLU
Entièrement occupée par deux niveaux de sous-sol, la parcelle d'une profondeur de 30 m, ne comporte pas d'espace libre en pleine terre. Conformément aux dispositions du PLU sur les espaces libres, les toitures terrasses sur cour sont isolées et végétalisées. En sous-sol, une citerne de recueillement des eaux pluviales permet d'arroser les espaces verts. La végétalisation du mur pignon, en limite séparative avec le 123 rue M. L.M. Nordmann, améliore le confort thermique d'été de la cour enclavée.

Nouvelle chaufferie en toiture et la production collective de l'ECS par des pompes à chaleur

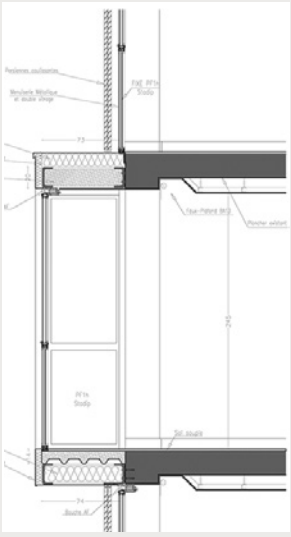
Les nouvelles pompes à chaleur avec un coefficient de rendement supérieur à 3, apportent un complément d'énergie renouvelable. La traçabilité des consommations d'énergie est assurée par des compteurs au départ de chaque réseau.

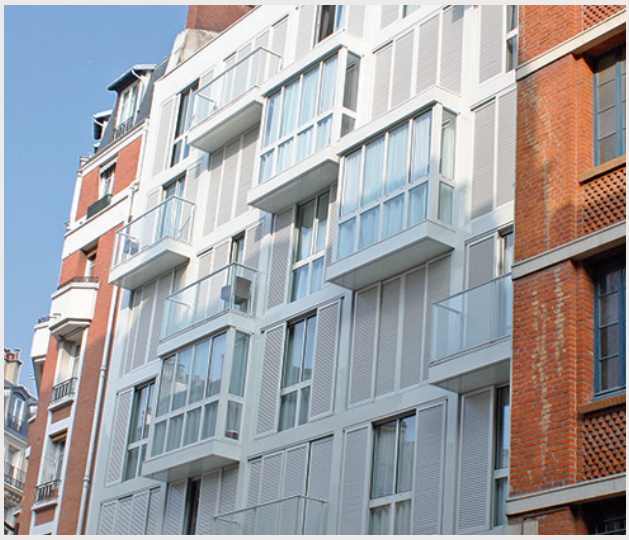
Ventilation Mécanique

l'absence de bouche d'extraction d'air sur les façades réduit les déperditions, facilite la pose de l'ITE et du bardage métallique.

Synthèse

Opération de transformation de bureaux en logements étudiants. Le projet est rendu possible par la suppression du COS dans le cadre de la loi ALUR.
La réhabilitation thermique est une intervention lourde qui ne conserve du bâtiment existant que la structure porteuse existante.
La réécriture architecturale exprime le nouveau programme résidentiel.
La totalité des ponts thermiques sont traités, les systèmes de chauffage et d'ECS sont entièrement repensés.





ITE des bow-windows accrochées à la façade

Sigles

ALUR : Accès au Logement et Urbanisme Rénové
COS : Coefficient d'Occupation du Sol
CPCU : Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain
ECC : Eau Chaude de Chauffage
ECS : Eau Chaude Sanitaire
HBM : Habitations à bon Marché
GPRU : Grand Projet de Renouvellement Urbain
IGH : Immeuble de Grande Hauteur
ITE : Isolation Thermique Extérieure
ITI : Isolation Thermique Intérieure
MRU : Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme
OPATB : Opération d'Amélioration Thermique des Bâtiments
OPA 2D 2E : Opération Programmée d'Amélioration de l'Habitat « développement durable et économies d'énergie »
PALULOS : Prime à l'Amélioration des Logements à Utilisation Locative et à Occupation Sociale
PUD : Plan d'Urbanisme Directeur
VMC : Ventilation Mécanique Contrôlée

Bibliographie

Abraham P., *Architecture préfabriquée*, Paris, Dunod, 1946
Apur, *Analyse de la performance énergétique des logements parisiens*, 2011
Apur, *Paris 2050 – Climat, Air & Energie, novembre 2015*
Buttenwieser I., Chevet H., *Panorama des techniques du bâtiment 1947-1997*, Paris, CSTB, 1997
Delemontey Y., *Reconstruire en France, l'aventure du béton assemblé, 1940-1955* ; Paris Ed. La Villette, 2015
Druot F., Lacaton A. et Vassal Ph., *Plus-Les Grands ensembles de logements –Territoires d'exception*, Paris, Ministère de la Culture et de la Communication, DAPA, Ed. Gustavo Gili, 2007
Fortin J.-P., *Grands ensembles, l'espace et ses raisons*, PUCA, 2001
Graf F., Marino G., *La Cité du Lignon 1963-1971, Etude architecturale et stratégies d'intervention*, Lausanne, Patrimoine et Architecture, TSAM, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, réédition septembre 2013
Graf F., *Histoire matérielle du bâti et projet de sauvegarde devenir de l'architecture moderne et contemporaine*, Presses Polytechniques et Universitaire romande, 2014
Lambert G., Négre V., *Ensemble Urbains, 1940-1977, Les ressorts de l'innovation constructive*, Centre d'Histoire des Techniques et de l'Environnement, CNAM, 2009
Le Corbusier, *La Charte d'Athènes*, Paris, Ed. De Minuit 1957
Simon E.H.L., *L'industrialisation de la construction*, Paris, Ed. Du Moniteur des Travaux Publics, 1962
Texier S., *Paris 1950, Un âge d'or de l'immeuble*, Paris, Ed. Du Pavillon de l'Arsenal, sept.2010
Treutel, Garcia, Treutel, *L'immeuble collectif à ossature béton : l'apogée à la chute*. LABRA n° 36, École d'Architecture de Nantes juin 1993
Vayssiére B., *Reconstruction, Déconstruction, Le Hard french ou l'architecture française des Trente Glorieuses*, Paris, Picard1988

Revues et périodiques :
L'Architecture d'Aujourd'hui, n° 36 l'équipement de l'habitation, août 1951
L'Architecture Française, n° 117-118, Concours du MRU ; Villeneuve St Georges, Creil, Compiègne, Chartre, 1950
L'Architecture Française, n° 103-104, Concours du MRU ; Strasbourg, 1951
L'Architecture Française, n°, Novembre-Décembre. 1969
Paris projet n° 13/14, Apur, 1975
Techniques & Architecture, 12e série, n° 11-12, septembre 1953
Techniques & Architecture, 15e série, n° 2, septembre 1955
*Techniques et Architectur*e, 25e série, n° 4, mai-juin 1965
Urbanisme, n° 98, novembre 1967

Réhabilitation des bâtiments construits à Paris entre 1945 et 1974

Pratiques actuelles / nouveaux enjeux

Depuis le vote du Plan climat en 2007, l'Apur a suivi la mise en œuvre des solutions de réhabilitations dans les logements de la période 1945 et 1974. L'étude fait le bilan des pratiques de réhabilitations menées ces dernières années à Paris et analyse en détail huit opérations de rénovation de thermique. Cette étude dresse un panorama des solutions mises en œuvre afin de partager la connaissance acquise dans les pratiques de la réhabilitation thermique de l'habitat. Elle précise les exigences environnementales à prendre en compte dans les opérations, notamment en regard de l'atténuation des effets des îlots de chaleur urbain et de l'adaptation de Paris au changement climatique. Elle formule, en conclusion, quelques recommandations pour une meilleure économie des projets de réhabilitation dans un contexte post COP 21.

L'Apur, Atelier parisien d'urbanisme, est une association 1901 qui réunit la Ville de Paris, le Département de Paris, l'État, la DRIEA, l'Insee, la Région Ile-de-France, la Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris Ile-de-France, la Régie Autonome des Transports Parisiens, Paris Métropole, la Société du Grand Paris, Eau de Paris, la communauté d'agglomération d'Est Ensemble, l'Epaurif, Grand Paris Aménagement, Paris Habitat, Ports de Paris, la communauté d'agglomération Seine-Amont, le SIAAP, le SIFUREP, le SIPPEREC, SNCF Immobilier, le STIF, le Syctom et la Mission de Préfiguration de la Métropole du Grand Paris.