

Analyse de la performance thermique des logements parisiens construits entre 1975 et 2000



Directeur de la publication : Francis Rol-Tanguy

Directrice de la rédaction : Dominique Alba

Étude réalisée par : Julien Bigorgne, François L'Hénaff, Hovig Terminassian et Jennifer Rezé

Sous la direction de : Christiane Blancot et André-Marie Bourlon

Cartographie et dessin 3D : Patrice Bouny

Maquette : Jean-Christophe Bonijol et Florent Bruneau

www.apur.org

1975-2000

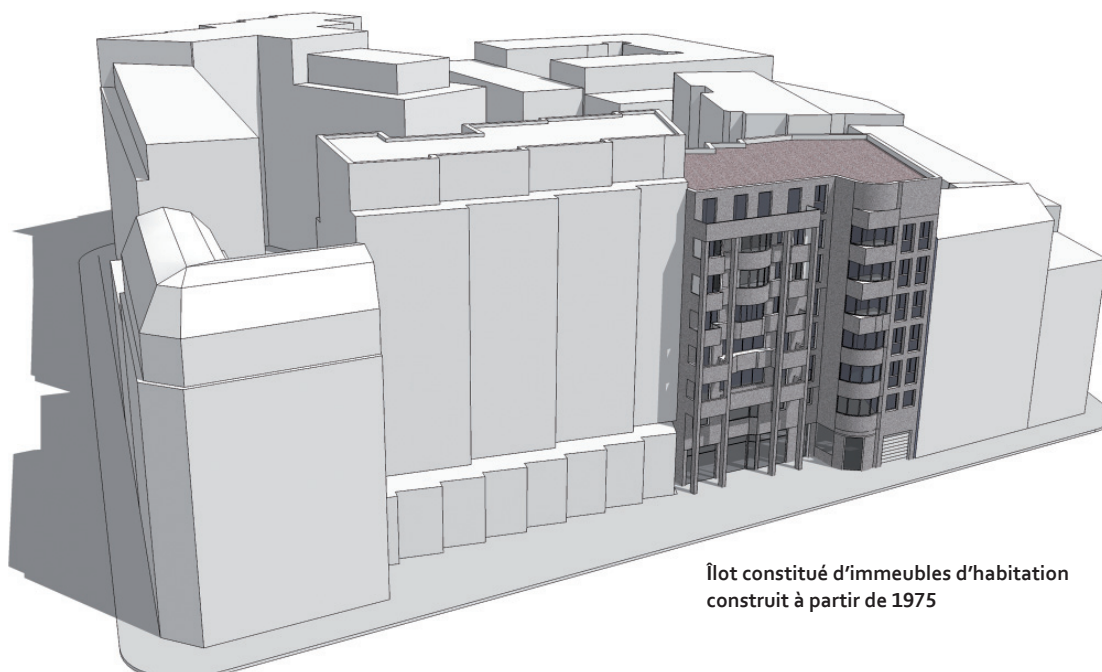


Immeuble de logement, 1982, Labro et Orzoni architectes, rue des Écluses-Saint-Martin, 10^e arrondissement.

Ce cahier analyse la performance thermique des bâtiments de logements construits à Paris entre 1975 et 2000. Il propose un ensemble de réflexions permettant d'améliorer les consommations d'énergie de ces bâtiments en hiver comme en été.

Dans une première partie, le contexte de la production de logement est rappelé, on s'efforce de montrer comment la production d'une ville est influencée par les facilités d'accès à l'énergie et la nature des énergies disponibles.

Dans une seconde partie la forme urbaine et les techniques constructives sont analysées. Enfin dans une troisième partie, les atouts et les faiblesses des bâtiments en tant que consommateurs d'énergie sont illustrés par des images thermographiques et par des analyses thermiques.



Îlot constitué d'immeubles d'habitation construit à partir de 1975

Schéma de principe de forme urbaine

Contexte de la construction

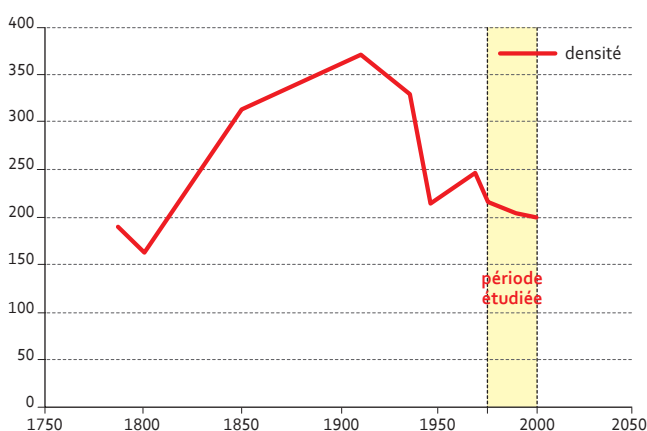
Environ 16 % des immeubles de logements collectifs parisiens ont été construits entre 1975 et 2000. Le premier choc pétrolier d'automne 1973 marque le début d'une période d'austérité économique, marquée par la volonté de rompre avec l'urbanisme de la période dite moderne, des tours et des barres de la période précédente.

Une politique de réduction des consommations d'énergie dans le bâtiment se met progressivement en place, avec la création des premières réglementations thermiques.

Démographie

La population parisienne poursuit sa décroissance amorcée dans les années 1960, même si elle tend à se ralentir. La capitale passe de 2,3 millions d'habitants environ en 1975 à 2,1 millions d'habitants environ en 2000. À la fin de la période, la population parisienne représente environ 22 % de celle de l'agglomération. La densité humaine est d'environ 200 habitants à l'hectare en 1999.

La densité humaine à Paris au XX^e siècle (en habitants/hectare)



Urbanisme

Les grands projets amorcés au début des 1970 se terminent (Front de Seine, place des Fêtes...). Après 1974, les nouvelles opérations sont en rupture avec la forme urbaine de la période précédente (tours associées à un urbanisme de dalle) et privilégient la continuité avec la ville traditionnelle. Ce « retour à la ville » se traduit dans le Plan d'Occupation des Sols (POS) de 1977, par des règles qui prennent en compte la variété des tissus urbains parisiens : hauteurs des constructions assujetties aux largeurs des voies, hauteurs-plafonds modérées et variables selon les quartiers, et coefficients d'occupation des sols (COS) différenciés. La révision générale du POS en 1989 est l'occasion d'instaurer de nouvelles règles pour renforcer la fonction résidentielle (par le biais des COS) et délimiter une zone dite « naturelle » (portant sur tous les espaces verts publics de plus de 1 000 m² et sur la majeure partie des bois).

Parallèlement, les pouvoirs publics prennent en charge un grand nombre d'opérations d'aménagement, par l'intermédiaire de la procédure des ZAC. Enfin, une politique de grands travaux vient relancer l'architecture monumentale et structurer le paysage du Paris contemporain (Opéra Bastille, Institut du Monde Arabe...).



ZAC Jemmapes – Grange-aux-Belles, 10^e arrondissement, 1977-1984, aménageur SIEMP, mission aérienne 1983.

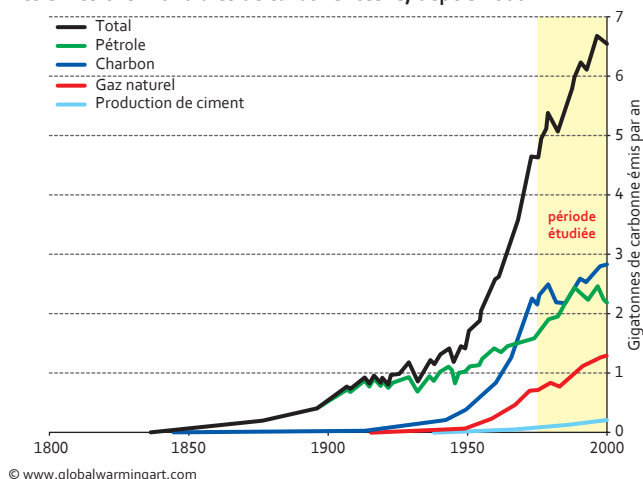
© Documentation Française - Sodel - M. Brigaud

Économie

Après 1975, la tertiarisation des activités parisiennes progresse. Elles sont désormais tournées vers la finance, les fonctions administratives et de recherche, et les services aux entreprises et aux particuliers. Le commerce et le tourisme progressent également, renforcés par la création de grands équipements (centre George Pompidou en 1977, Forum des Halles en 1979, POPB en 1984, inauguration de la Cité de la Musique en 1995, de la Bibliothèque nationale de France en 1998). Mais du fait de la crise économique des années 1980 et de la politique de désindustrialisation, la capitale perd plus de 300 000 emplois sur la période étudiée. L'emploi industriel ne représente plus désormais qu'environ 10 % des emplois à Paris à la fin des années 1990 dont un cinquième dans le domaine de la construction et du génie civil. Cette évolution influe sur la structure socio-professionnelle des ménages : Paris s'embourgeoise. La capitale reste le premier pôle national de concentration des sièges sociaux (quasiment un cinquième des sièges sociaux de moyennes et grandes entreprises présents en France). 70 % des entreprises de plus de 5 000 salariés ont leur siège social à Paris.

Parallèlement, l'agglomération parisienne s'étend, profitant du desserrement d'une partie des activités et des populations de la capitale. La construction des lignes A, B et C du RER se poursuit en réponse à la croissance des migrations pendulaires. Le TGV Paris-Lyon est inauguré en 1981.

Les émissions mondiales de carbone fossile, depuis 1800.



Énergie

Après les chocs pétroliers de 1973 et de 1979, commence une période d'austérité économique et de réduction des consommations d'énergie. La consommation totale de pétrole baisse de quasiment 18 % en 10 ans. Pour faire face à la cherté du pétrole et à la dépendance énergétique du pays, le programme de construction de centrales nucléaires s'accélère. L'électricité nucléaire devient la principale ressource énergétique produite en France, avec 4 Mtep¹ en 1975, mais 67,5 Mtep en 1989. La production d'énergies renouvelables reste quant à elle faible (10 % de la production nationale en 1989).

La recherche de la « sobriété énergétique » et la montée des mouvements écologistes poussent à une prise de conscience collective des questions environnementales. En France, l'Agence pour les Économies d'Énergie (AEE) est créée en 1974, ainsi que le Commissariat à l'Énergie Solaire (COMES) et le ministère de l'Environnement et du cadre de vie en 1978. Dans ce contexte, les pouvoirs publics prônent la recherche d'une meilleure qualité architecturale du bâti, notamment en prenant mieux en compte l'isolation thermique et acoustique du logement. Les premières Réglementations Thermiques du bâtiment viennent compléter l'ensemble de ces dispositifs (RT 1974, RT1982 et RT 1989).

Aux préoccupations économiques de la maîtrise des consommations d'énergie, qui ont émergé après les chocs pétroliers, s'ajoute progressivement, au cours de la décennie 1990, la prise de conscience de la pression de l'homme sur l'environnement et des efforts à fournir pour réduire l'impact des activités anthropiques sur l'équilibre de la planète. La convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, adoptée lors du Sommet de Rio de 1992 et mise en œuvre par l'intermédiaire du protocole de Kyoto de 1997 (entré en vigueur en 2005), fixe pour principal objectif la réduction des émissions de certains gaz à effet de serre à l'échelle du globe. Le contexte écologique gagne également le secteur de la construction : interdiction des CFC en 1994 et de l'amiante en 1996, meilleure prise en compte du confort thermique... Malgré ces efforts, la consommation du pétrole augmente à nouveau (+9 % au cours des années 90), en lien avec l'étalement urbain, le développement des transports aériens et la motorisation des ménages, sans toutefois atteindre les volumes de consommation d'avant le choc pétrolier de 1973. Le programme de construction de centrales nucléaires se poursuit, et à la fin du xx^e siècle, l'électricité nucléaire représente désormais 71 % de la production électrique nationale.

1 – Mtep : millions de tonnes équivalent pétrole

Forme urbaine et analyse architecturale

Répartition des bâtiments sur le territoire parisien

Les bâtiments de logements collectifs datant de cette période sont majoritairement situés :

- soit de façon concentrée dans les grandes opérations (Front de Seine, place des Fêtes) ou les grandes ZAC (les Amandiers dans le 20^e arrondissement, Guilleminot-Vercingétorix dans le 14^e arrondissement, Citroën-Cévennes dans le 15^e arrondissement, Bercy dans le 12^e arrondissement, Manin-Jaurès dans le 19^e arrondissement),
- soit disséminés dans des opérations de plus petite ampleur dans les arrondissements périphériques formant un large croissant est et sud (dans le cadre de la poursuite du « plan-programme de l'Est »).

Dans le centre, leur présence se limite à quelques opérations emblématiques (quartier de l'Horloge). Enfin, ils sont peu présents dans la partie ouest de Paris.



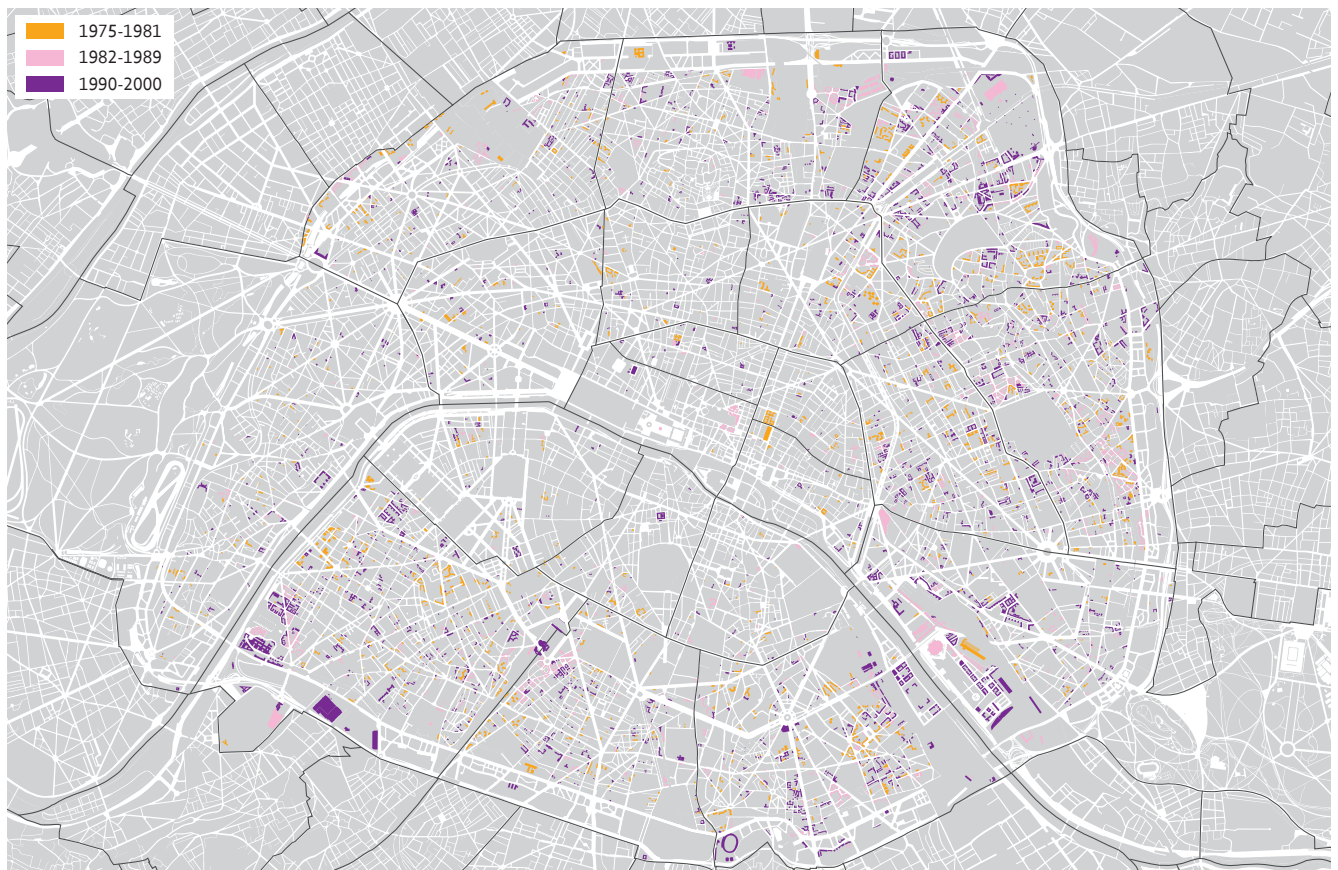
Forme urbaine

Cette période marque la fin des tours et des constructions verticales à Paris. Ce retour à « l'architecture urbaine » en continuité avec le tissu existant se caractérise par l'implantation systématique des bâtiments à l'alignement et en mitoyenneté sur rue, ce qui multiplie les adossements et limite les déperditions énergétiques. Les îlots sont généralement fermés. Dans la profondeur des terrains, le plus souvent les bâtiments ne s'implantent pas en limite de parcelle, ce qui permet de dégager des espaces libres latéraux mis en commun d'une parcelle à l'autre.

Certaines ZAC importantes (Reuilly ou Bercy, dans le 12^e arrondissement...) concernent plusieurs îlots. Les programmes donnent lieu à des nouveaux quartiers associant équipements, création d'espaces publics et construction de logements.

La volumétrie des bâtiments varie de R + 4 à R + 8. Dans les grandes opérations d'aménagement, une attention particulière est portée à l'unité paysagère de l'ensemble des projets d'une même opération. Cette recherche d'homogénéité s'articule avec des écritures architecturales variées à l'échelle des îlots ou des bâtiments.

ZAC Citroën-Cévennes, 15^e arrondissement, 1989-2006, aménageur SEMEA 15, mission aérienne 2004.



Les bâtiments de logements collectifs construits à Paris entre 1975 et 2000

Techniques de Construction

Les techniques de construction se diversifient. Deux tendances se développent :

- la poursuite de « l'industrialisation ouverte », c'est-à-dire la standardisation des éléments de gros œuvre (poteaux-poutres, escaliers...), conformes aux nouvelles normes constructives européennes ;
- l'individualisation de solutions constructives, justifiée par la recherche d'une plus grande singularité architecturale, liée à la volonté de mieux insérer le futur bâtiment dans son contexte urbain, et à la taille des opérations plus réduite que celles de la période précédente.

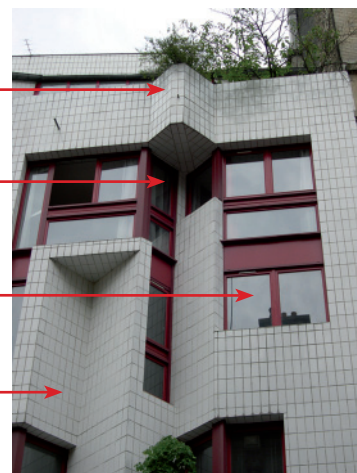
Ces évolutions ne sont pas contradictoires. C'est justement la plus grande adaptabilité des éléments dans la construction qui permet de multiplier les systèmes constructifs, débouchant le plus souvent sur la recherche de solutions optimales au cas par cas. La préfabrication continue de se développer dans le second œuvre (plaques de plâtre utilisées comme isolants intérieurs, fenêtres à double-vitrage, équipements de chauffage...). Par ailleurs, l'attention portée à l'architecture des projets de renforce.

Terrasses accessibles dans les derniers étages

Une volumétrie complexe

Utilisation systématique du double vitrage

Carreaux de céramique employés comme revêtement de façade



Immeuble de standing, rue P. Nicole, 5^e arrondissement, 1981, E. D. architecte, détail de façade.

Terrasses aménagées au dernier étage

Utilisation systématique du double vitrage

Loggia

Une volumétrie complexe

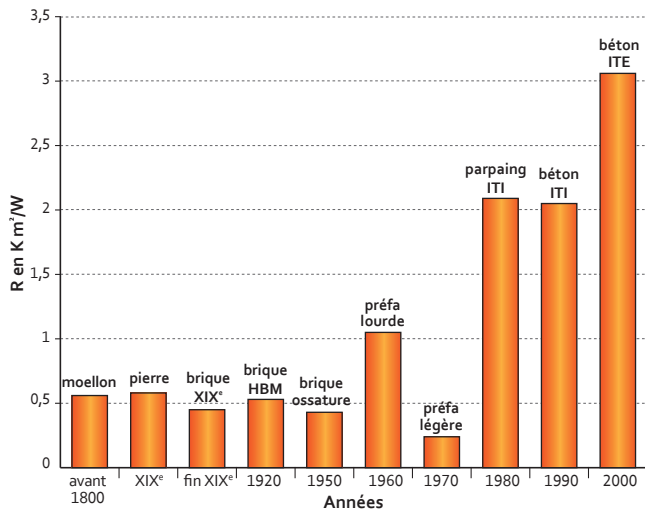
« mignonette » employée en revêtement de façade



Immeuble de logements sociaux, quai de la Loire, 19^e arrondissement, 1985, E. Girard architecte, détail de façade.

	IMMEUBLE RÉSIDENTIEL DES ANNÉES 1970 ET 1980	IMMEUBLE RÉSIDENTIEL DES ANNÉES 1990
HAUTEUR	R + 6 à R + 10	R + 4 à R + 8
FAÇADE	Revêtement soit en enduit monocouche soit en matériaux de parement (pierre, brique, céramique) Compositions singulières pour chaque bâtiment Traitement indifférencié des façades sur rue et sur cour	Grande variété de revêtements de façade (enduits, petits éléments de maçonneries...) Compositions singulières pour chaque bâtiment Proportion d'ouvertures sur la façade sur rue : ... % environ
STRUCTURE	Ossature porteuse (années 1930)	Ossature porteuse Mur porteur
ENVELOPPE	Béton armé banché en ossature et en remplissage	Béton armé banché en ossature et en remplissage
OUVERTURES	Menuiseries en PVC ou en bois Double-vitrage	Menuiseries en PVC Double-vitrage
VENTILATION	Ventilation mécanique contrôlée (VMC simple flux) Ventilation hygroréglable (à partir de 1983)	Ventilation mécanique contrôlée (VMC simple flux) Ventilation hygroréglable
TOITURES	Toiture-terrasse en béton armée ou toit à double-pente	Toiture-terrasse en béton armée ou toit à double-pente
DISPOSITION INTÉRIEURE	Appartements traversants ou mono-orientés, selon la configuration de la parcelle	Appartements traversants

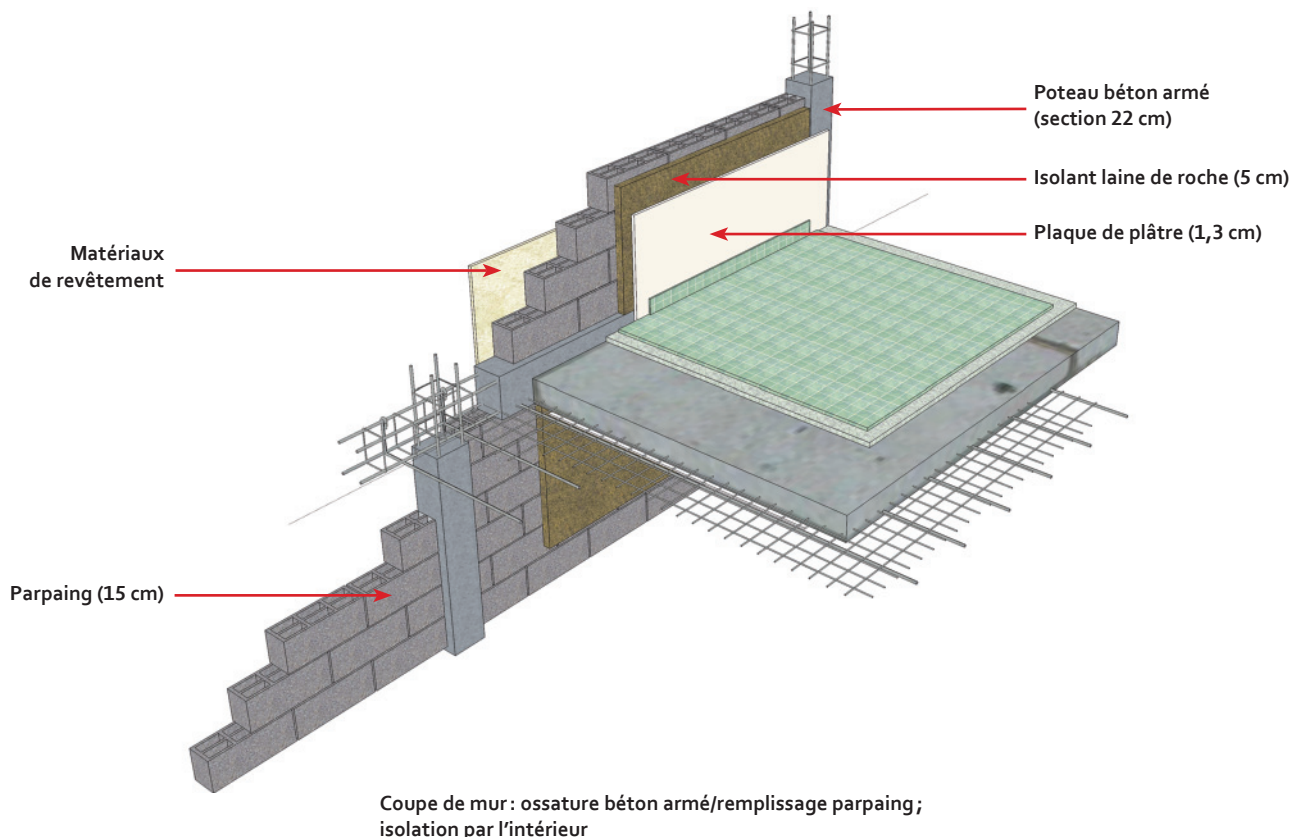
Analyse thermique et thermographique du bâti



Résistance thermique des murs selon les techniques constructives à Paris

Diagnostic

L'augmentation de 175 % du prix du pétrole entre 1973 et 1975 va contraindre les pouvoirs publics à légiférer sur la performance énergétique des bâtiments. Le texte de réglementation de 1974 est la première version d'un texte qui sera amené à évoluer en 1982 et 1989 mais qui restera dans le même esprit, chaque évolution étant l'occasion de renforcer les exigences sur la performance globale du bâtiment de 25 %. La RT (réglementation thermique) de 1974 n'encourage pas l'innovation dans le bâtiment, elle va simplement contraindre les maîtres d'œuvre à adopter les bonnes pratiques du moment : isolation des parois, double vitrage, ventilation mécanique etc. Au fil du temps, avec le renforcement de la réglementation thermique, les équipements les plus performants commenceront à se répandre : doubles vitrages performants, VMC hygroréglable, chaudière à condensation. Cette diffusion se fera de façon extrêmement lente car la réglementation n'est pas coercitive, à l'inverse des réglementations des pays nordiques. La réglementation française possède une formulation complexe que les maîtres d'œuvre mettront du temps à comprendre et qui aura pour principal effet de retarder la diffusion des bonnes pratiques. La réglementation française est une réglementation « performancielle », elle impose un objectif de consommation propre à chaque projet alors que dans les pays du nord chaque composant du bâti fait l'objet de préconisations minimales. La conséquence directe de ce qui précède sera la généralisation de l'isolation par l'intérieur des bâtiments (jamais appliquée dans les pays du nord !). La réglementation oblige l'isolation des bâtiments mais ne dit pas comment. Pour les maîtres d'œuvre la solution la plus simple sera donc d'isoler par l'intérieur. Cette pratique sera la cause de la plupart des dysfonctionnements des bâtiments construits entre 1975 et 2000. Ce n'est qu'à partir des années 2000 que l'isolation par l'extérieure prendra le pas sur l'isolation intérieure.



Performance des murs

Les murs sont thermiquement assez performants puisqu'ils sont isolés...

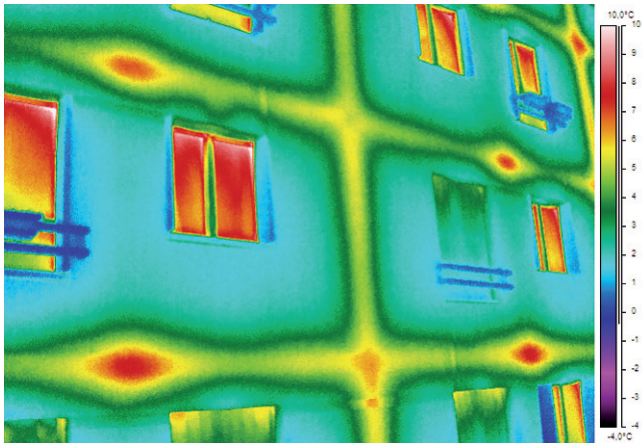
Ponts thermique

Les bâtiments sont isolés par l'intérieur, les liaisons des planchers interrompent donc la couche isolante. On retrouve systématiquement sur ces bâtiments d'importantes fuites thermiques au niveau des planchers.

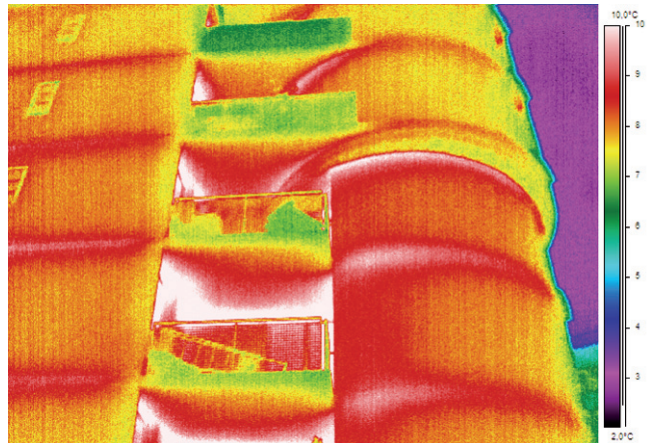
Plus la volumétrie du bâti est complexe plus les ponts thermiques sont importants. Tous les décrochements de façades, les saillies, les balcons, les loggias sont en général non pris en compte par l'isolation thermique intérieure, les fuites sont donc importantes.



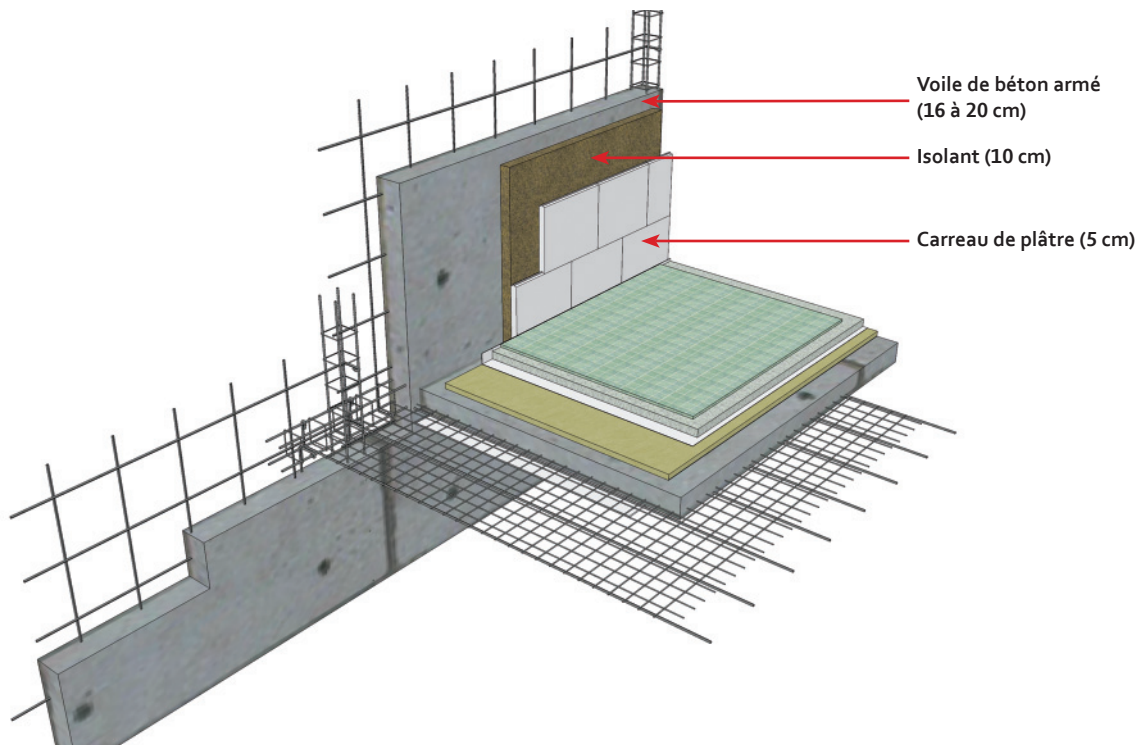
Rue Louise Weiss, 13^e arrondissement, 1990, E. Girard architecte.
Bâtiment des années 90 isolé par l'intérieur.



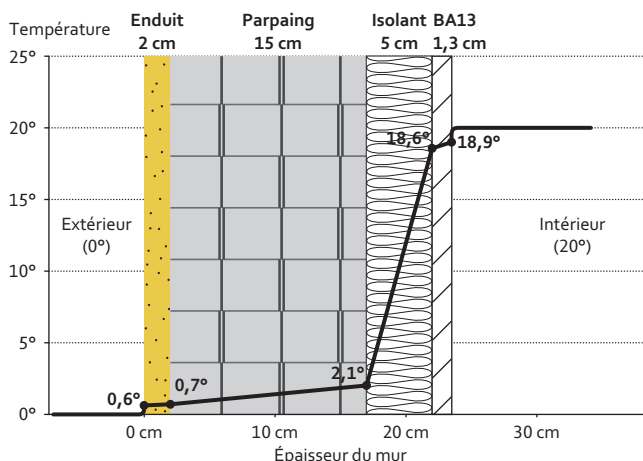
Rue Paul Barruel, 15^e arrondissement.
Ponts thermiques dus à l'interruption de l'isolant au niveau des planchers.



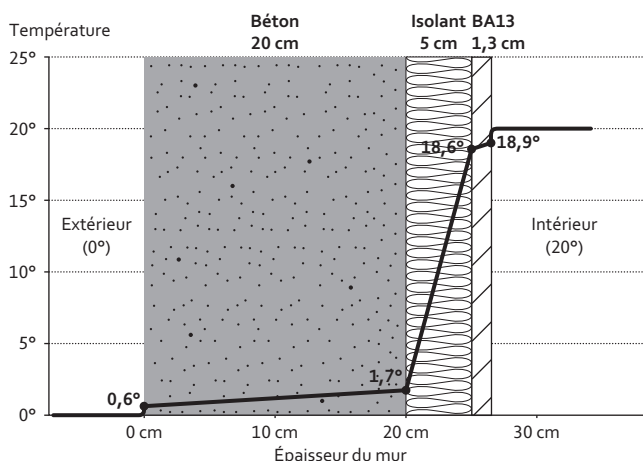
Thermogramme du bâtiment ci-dessus. Le volume cylindrique et les multiples balcons n'ont pas été pris en compte lors de l'isolation intérieure du bâtiment. Les fuites thermiques sont donc conséquentes.



Coupe de mur : béton armé banché avec isolation thermique intérieure

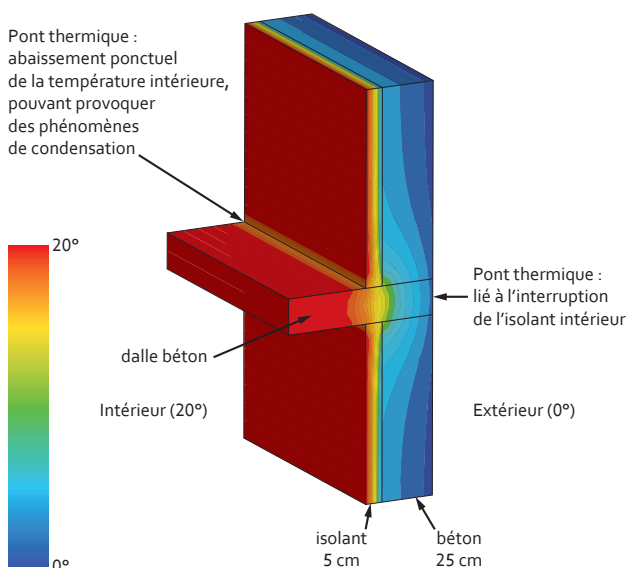


Effet de paroi froide sur un mur de 15 cm en parpaing isolé par l'intérieur



Effet de paroi froide sur un mur de 20 cm de béton isolé par l'intérieur

Isothermes de la liaison façade/plancher avec interruption de l'isolation intérieure au niveau du plancher



Effet de paroi froide

La sensation de confort thermique dépend de deux choses : la température du logement et la température des parois du logement. Dans les logements isolés la température des murs reste du même ordre de grandeur que celle de la pièce, les habitants ne perçoivent en général pas d'inconfort lié à la température de surface des murs. (Lorsque c'est le cas on parle d'« effet de paroi froide »). Pour illustrer ce point, on peut simuler l'évolution de la température au niveau des parois du mur pour une température extérieure de 0 °C et une température intérieure de 20 °C.

En revanche la température des surface des murs a tendance à chuter au niveau des liaisons planchers car la couche isolante y est interrompue. Cette chute de température n'engendre pas réellement d'inconfort thermique mais peut occasionner des phénomènes de condensation ponctuels, sources de moisissures et pourrissements.

Ventilation

L'enveloppe du bâtiment est très étanche (béton, double vitrage, etc.), l'humidité produite par les occupants doit donc être évacuée impérativement par des systèmes de ventilation performants. Entre 1975 et 2000, la règle est de prélever par des ouvertures situées en haut des vitrages l'air extérieur dans les pièces à vivre et de le rejeter à l'extérieur via des conduites situées dans les pièces humides (salle de bain, WC). Cette extraction se fait mécaniquement (VMC simple flux), elle peut être aussi assujettie au niveau d'occupation du logement (VMC hygro-réglable). Cependant le dispositif de ventilation mécanique est un échec en pratique car les occupants jouent rarement le jeu. Les raisons sont sociologiques et ont totalement échappé aux thermiciens. Les habitants admettent difficilement de confier le renouvellement de l'air intérieur à un dispositif mécanique qu'ils ne peuvent pas contrôler. Les habitants préfèrent boucher les orifices² destinés à la VMC et aérer le logement par ouverture/fermeture des vitres. Le dégât le plus courant lié à une mauvaise ventilation dans un bâtiment isolé par l'intérieur sera l'apparition de moisissures dans le logement.

Ce point est un de ceux qui contribuent fortement à la dégradation de bâtiment de cette période.

2 – Dans les logements sociaux des années 1970 à 1990, la moitié des habitants obstrue les arrivées d'air en façade, l'extraction d'air des WC et SdB est nulle dans 10 % des logements. Source : « Dernier domiciles connus » J.M. Léger.

Confort d'été

La question du confort d'été n'est pas étudiée par la réglementation avant les années 2000. Les bâtiments construits entre 1975 et 2000 sont isolés par l'intérieur ce qui a pour effet de priver les occupants de l'inertie apportée par la structure béton ou parpaing. La surchauffe estivale est donc une question majeure pour ces bâtiments, notamment pour les pièces à vivre à l'ouest avec peu d'effets de masques.

Équipement de chauffage

La forte volatilité des prix du pétrole encourage les pouvoirs publics à désengager le plus possible le pays de la dépendance énergétique. C'est l'un des objectifs du développement du parc électronucléaire. Dans le secteur résidentiel, le chauffage collectif reculera énormément entre 1975 et 2000 (en particulier le chauffage collectif fioul) et sera progressivement remplacé par l'électricité individuelle. Dans les années 90, 75 % des logements parisiens sont équipés de convecteurs électriques.

POINTS FORTS DU BÂTI CONSTRUIT ENTRE 1975 ET 2000

- sensation de confort thermique lié à l'isolation (pas d'effet de paroi froide)

POINTS FAIBLES DU BÂTI CONSTRUIT ENTRE 1975 ET 2000

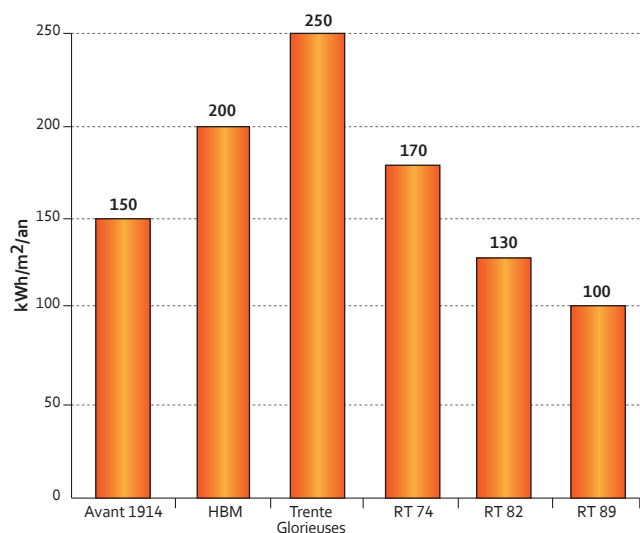
- dégats liés à l'humidité (ventilation peu performante)
- ponts thermiques
- confort d'été

Recommandations

Avec l'avènement de la réglementation thermique, les bâtiments construits après 1975 retrouvent des niveaux de consommations comparables à ceux des bâtiments construits avant 1914 à Paris. Exprimée en énergie finale la consommation d'énergie passe d'environ 170 kWh/m²/an dans les années 80 à 100 kWh/m²/an à la fin des années 90. Puisque ces bâtiments sont chauffés à l'électricité, une conversion par un coefficient 2,58 doit s'effectuer pour exprimer la valeur en énergie primaire ce qui porte leur consommation à environ 400 kWh/m²/an dans les années 80 à 250 kWh/m²/an dans les années 90. L'approche en énergie primaire est celle préconisée par la réglementation, elle est en revanche insuffisante pour comprendre toute la teneur sur débat sur la réhabilitation du bâti dans le cadre des objectifs du facteur 4.

D'un point de vue thermique les bâtiments construits conformément à la réglementation thermique sont assez performants car ils ont été isolés. Pour ramener ces bâtiments sous l'objectif de 80 kWh/m²/an, il faudra d'abord poser la question du renouvellement des équipements : comme le changement des vitrages (s'ils datent de la construction du bâtiment) au profit de doubles vitrages peu émissifs, le remplacement des VMC simple flux au profit de VMC hygro B (c'est en général possible).

À ce stade : soit on s'autorise à lire l'objectif de 80 kWh/m²/an comme un objectif en énergie finale, et les mesures simples de réhabilitation évoquées ci-dessus suffisent pour atteindre l'objectif, soit on comprend 80 kWh/m²/an comme un objectif en énergie primaire auquel cas le démontage de tous les convecteurs électriques au profit de chaudières collectives gaz doit être mené, ce qui est très coûteux et dont l'intérêt est fortement discutable du point de vue des émissions de carbone.



Consommations d'énergie des logements parisiens (chauffage + ECS)
(estimations réalisées à partir de recoupements de factures)

Synthèse

Les bâtiments construits entre 1975 et 2000 nécessitent aujourd'hui de simples mesures de réhabilitation concernant les équipements : changement des vitrages, renouvellement des ventilations, changement des émetteurs, etc. Ces mesures suffisent en général à ramener le bâtiment sous des niveaux de consommations acceptables. Ils demandent sans doute aussi d'expliquer aux occupants le mode de fonctionnement des systèmes de ventilation.

En 2009, à la demande de la Ville de Paris, L'Apur a conduit une opération de thermographie de 505 bâtiments parisiens. En parallèle de nombreux diagnostics thermiques ont été menés par la Ville de Paris afin d'inciter les copropriétés à mener des travaux de réhabilitation thermique (l'opération « Copropriété Objectif Climat » et l'Opération Programmée d'Amélioration Thermique et énergétique des Bâtiments du 13^e). À la lumière de ces nombreux documents l'Apur a produit, en collaboration avec les services de la Ville de Paris (DLH, DU, DPA), des bailleurs sociaux (RIVP, Paris Habitat, SGIM) et des investisseurs privés (La Mondiale, Gécina), une série de cahiers d'analyse retraçant l'évolution de construction à Paris et analysant les performances énergétiques des différentes périodes. Ce cahier est le sixième cahier d'une série de 6 cahiers dont les intitulés sont donnés ci-dessous :

- Cahier n° 1 : Analyse de la performance thermique des logements parisiens construits avant 1800 ;
- Cahier n° 2 : Analyse de la performance thermique des logements parisiens construits entre 1801 et 1850 ;
- Cahier n° 3 : Analyse de la performance thermique des logements parisiens construits entre 1851 et 1914 ;
- Cahier n° 4 : Analyse de la performance thermique des logements parisiens construits entre 1918 et 1939 ;
- Cahier n° 5 : Analyse de la performance thermique des logements parisiens construits entre 1945 et 1974 ;
- Cahier n° 6 : Analyse de la performance thermique des logements parisiens construits entre 1974 et 2000.

Autres documents :

- exposition et panneaux des Journées Parisiennes de l'énergie et du Climat – octobre 2009 ;
- performance thermique des logements parisiens : cahier de synthèse, prospective et recommandations (à paraître).

