

# Analyse de la performance thermique des logements parisiens construits entre 1918 et 1939



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](http://www.apur.org)

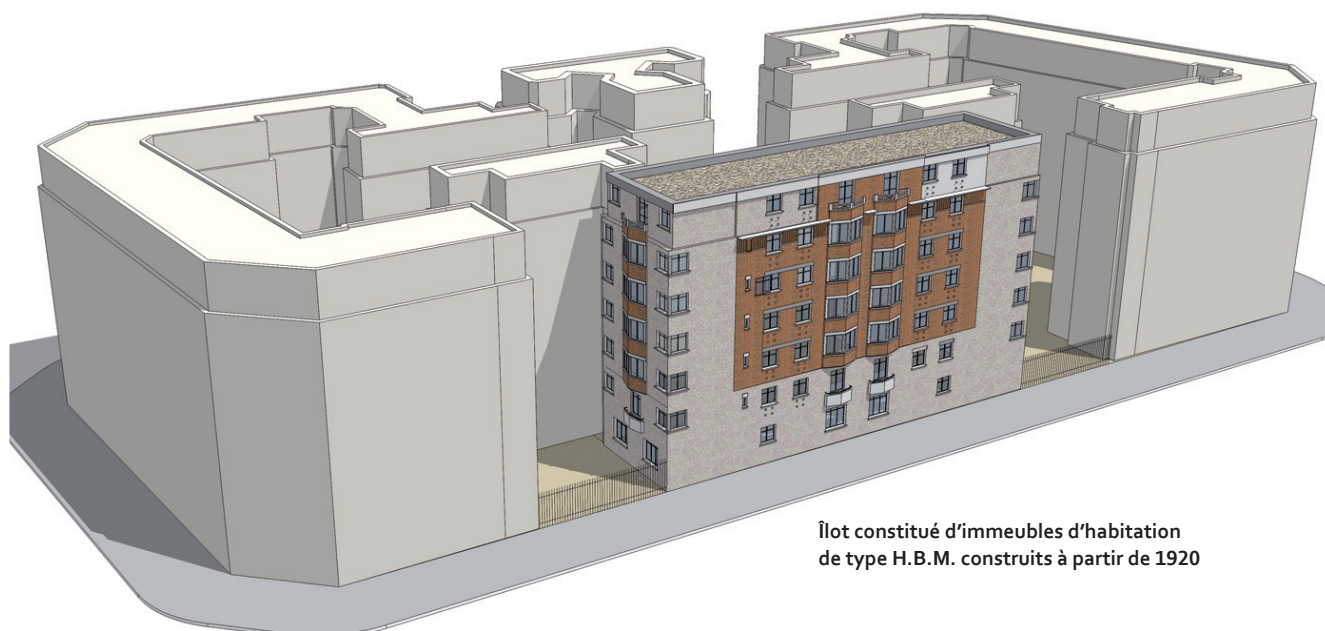
# 1918-1939



Immeuble de logement type H.B.M., 1924-1930, C. Heubés architecte, avenue Simon Bolivar, 19<sup>e</sup> arrondissement.

Ce cahier analyse la performance thermique des bâtiments de logements construits à Paris entre 1918 et 1939, 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 sur par des images thermographiques et par des analyses thermiques.



Îlot constitué d'immeubles d'habitation de type H.B.M. construits à partir de 1920

Schéma de principe de forme urbaine

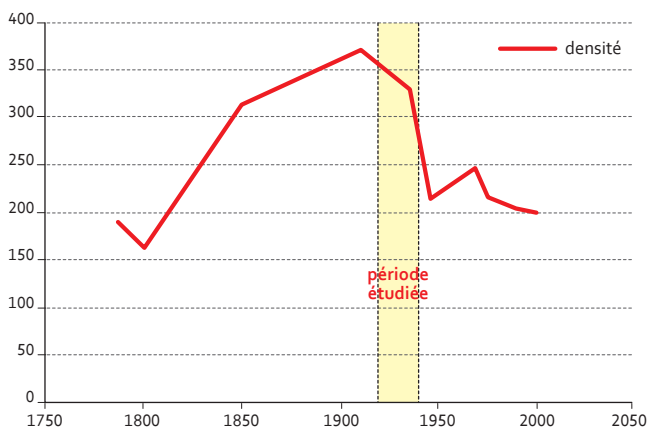
# Contexte de la construction

Environ 17 % des immeubles de logements collectifs parisiens ont été construits entre 1918 et 1939. Cette période se caractérise par la multiplication des opérations de logements sociaux de type « habitations à bon marché » (HBM), dont la physionomie architecturale et la morphologie urbaine marquent encore durablement le paysage parisien. À cette époque, les questions de la salubrité des logements et du confort de l’habitat social, en lien avec les réflexions hygiénistes sur la ville sont un des éléments moteurs des réflexions urbaines en Europe et à Paris.

## Démographie

Entre 1918 et 1939, Paris accueille la population la plus nombreuse de son histoire ; elle avoisine 2,9 millions d’habitants sur toute la période. La densité humaine est d’environ 330 habitants à l’hectare. La forte immigration suscitée par l’industrialisation de la capitale nourrit essentiellement la croissance de l’agglomération parisienne, qui compte plus de 6 millions d’habitants en 1936. À cette date, la population parisienne représente encore environ 57 % de celle de l’agglomération.

La densité humaine à Paris au XX<sup>e</sup> siècle (en habitants/hectare)



## Urbanisme

La superficie de Paris évolue peu pendant l’entre-deux-guerres. Elle est d’environ 8600 hectares en 1939. La capitale gagne en effet quelques centaines d’hectares avec le déclassement et la démolition de l’enceinte de Thiers, votée en avril 1919 pour faciliter la construction de logements sociaux, qui devient une priorité après la première guerre mondiale. Elle est prise en charge par les services de la Ville de Paris, par l’Office Public d’Habitations à Bon Marché (OPHBM) de Paris créé en 1914, (mais dont l’activité ne démarre réellement qu’après la première guerre mondiale), et par les différentes sociétés de construction de logements sociaux créées durant la période (RIVP en 1923, SAGI en 1930, SGIM en 1931). La loi Loucheur de 1928 préconise pour Paris la construction de 18000 HBM et 20000 Immeubles à Loyer Moyen (ILM), ce dernier type étant destiné à loger la frange inférieure de la classe moyenne. De 1928 à 1939, un quart des logements créés à Paris sont des logements sociaux construits avec l’aide de fonds publics.

La création de la ceinture verte prévue sur la zone non aedificandi des fortifications au pied des HBM, débute modestement. Seuls quelques sites sont aménagés avant 1939. Mais les taudis et les bidonvilles l’occuperont en grande partie jusqu’au début des années 40.



© Archives Nationales

Fonds Germain Granges. Plan de G. Grange, architecte voyer, M.L. Reinert et R. Vazeille architectes du gouvernement. Plan d’aménagement de la Zone Verte Sud, du secteur 2 dans le 14<sup>e</sup> arrondissement - 1953.

## Économie

Durant l'entre-deux-guerres, Paris et sa banlieue constituent le premier centre industriel de la France. La capitale a hérité de nombreuses usines installées pour répondre à l'effort de guerre. À la veille de la seconde guerre mondiale, le tiers de la population parisienne reste encore ouvrière, malgré la crise économique des années 1930 et le développement de l'industrie en banlieue. L'automobile se développe durant toute la période.

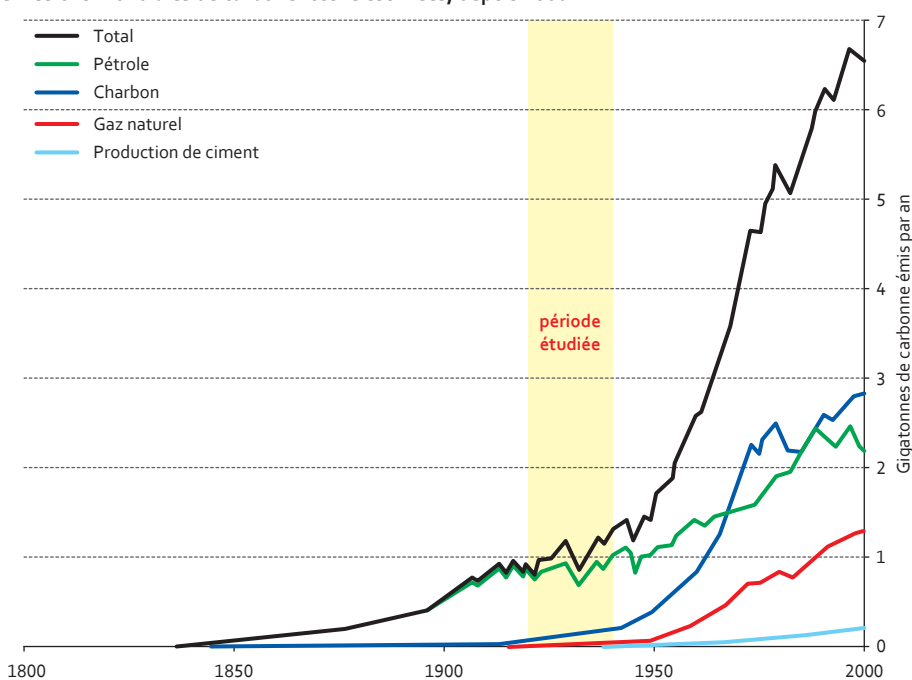
La capitale doit cependant faire face à une grave crise du logement. Après l'armistice, les matériaux manquent, la main d'œuvre dans le secteur du bâtiment est insuffisante et sans qualification. Le moratoire sur les loyers (jusqu'en 1929) et les périodes d'inflation poussent les capitaux vers les valeurs spéculatives plutôt que vers la construction de logements. Parallèlement, les coûts de construction ont été multipliés par 10 entre 1914 et 1939, du fait du caractère encore artisanal du secteur du bâtiment et de la multiplication des corps de métier qui interviennent désormais. Ce contexte favorise la construction d'immeubles de standing (63 % des immeubles construits à Paris entre 1915 et 1939), ou bien la recherche de nouveaux modes de construction et de nouveaux matériaux plus économiques (comme la brique). Entre 1918 et 1939, le nombre d'immeubles de logements à Paris augmente d'à peine 5 % (4 000 immeubles de logements supplémentaires).

## Énergie

L'industrialisation de Paris pendant la première guerre se poursuit après 1918. Elle suscite des besoins croissants en matières premières et en ressources énergétiques, principalement le charbon de terre (houille). Le charbon (tous types confondus) représente 92 % de l'énergie française consommée en 1929, et encore 82,6 % en 1938. Sa production augmente en valeurs absolues même si la crise économique internationale de 1929 fait considérablement chuter les besoins. Les hydrocarbures (essentiellement le pétrole) sont encore très minoritairement utilisés (5 % des énergies consommées en France en 1929, mais 12,5 % en 1938). 94 % des logements sont désormais raccordés à l'électricité en 1939.

La question de la pression de l'homme sur l'environnement inquiète cependant peu les acteurs économiques et politiques de l'époque. La réflexion sur la dégradation du milieu naturel reste optimiste: il existe de bonnes et de mauvaises méthodes pour « aménager la nature », le problème posé résidant dans le choix de la méthode. En France, la priorité est à la reconstruction après la première guerre mondiale et les préoccupations environnementales se limitent aux réflexions issues de la pensée hygiéniste sur la manière de garantir un logement sain, c'est-à-dire de l'air et du soleil, pour tous. Elles débouchent sur les propositions d'une forme urbaine ouverte qui privilégie des distances plus importantes entre les bâtiments et qui prend en compte leur orientation.

Les émissions mondiales de carbone fossile estimées, depuis 1800.



© www.globalwarmingart.com

# Forme urbaine et analyse architecturale

## Répartition des bâtiments sur le territoire parisien

Les bâtiments de logements collectifs datant de cette période sont relativement disséminés dans tout Paris.

Les immeubles résidentiels de standing de l'entre-deux-guerres, accueillant des logements de standing, sont généralement situés dans les quartiers centraux. Les lotissements de maisons individuelles (Hameau Boileau dans le 16<sup>e</sup> arrondissement) se retrouvent plutôt dans les quartiers périphériques. Enfin, les bâtiments de logements sociaux de type HBM sont présents dans les quartiers périphériques, notamment dans la zone des anciennes fortifications militaires, déclassées à partir de 1919. Cette « ceinture » de logements HBM entoure Paris, avec quelques interruptions dans le sud-ouest, dans l'ouest (porte Dauphine) et au niveau des emprises ferroviaires et industrielles de l'est et du nord.



Immeuble de logement type I.L.M., 1924-1926, boulevard Jourdan, 14<sup>e</sup> arrondissement.

## Forme urbaine

**Immeubles de type HBM :** que ce soit dans le tissu existant ou le long des boulevards des Maréchaux, la construction de bâtiments de logements collectifs de type HBM a appliqué les principes hygiénistes de l'époque (garantir la ventilation et l'ensoleillement maximal des logements), avec une volonté de rompre avec la forme urbaine de la ville haussmannienne sans s'affranchir encore de la notion d'îlot, ce qui arrivera à la fin des années 50. Ces ensembles d'habitations génèrent, entre le boulevard des Maréchaux et la « ceinture verte », un tissu urbain très bien délimité. Les îlots sont irrigués par des voies de desserte locale larges et hiérarchisées (entre 14 et 20 mètres de large), soit perpendiculaires soit en diagonal par rapport aux voies existantes. La hauteur de ces constructions atteint généralement 20 m à la corniche, découpée en cinq ou six niveaux surmontées d'une toiture en comble. Les bâtiments sont implantés perpendiculairement ou parallèlement à la voie publique, mais, dans la mesure du possible, disjoints les uns des autres. Ils respectent l'implantation classique à l'alignement sur rue, mais le front bâti est discontinu, ponctué de cours s'ouvrant sur les voies publiques. Celles-ci étaient initialement minérales, mais ont été progressivement végétalisées et, à l'heure actuelle, peuvent constituer des squares publics. Les corps de bâtiments sont peu épais.

Dans le tissu existant, les bâtiments de logements collectifs peuvent occuper plusieurs parcelles regroupées à l'issue d'un remembrement mais elles entraînent rarement la création de nouvelles voies publiques. Lorsque les parcelles sont suffisamment grandes, elles accueillent de vastes cours intérieures. La volumétrie des



Les bâtiments de logements collectifs construits à Paris entre 1918 et 1939

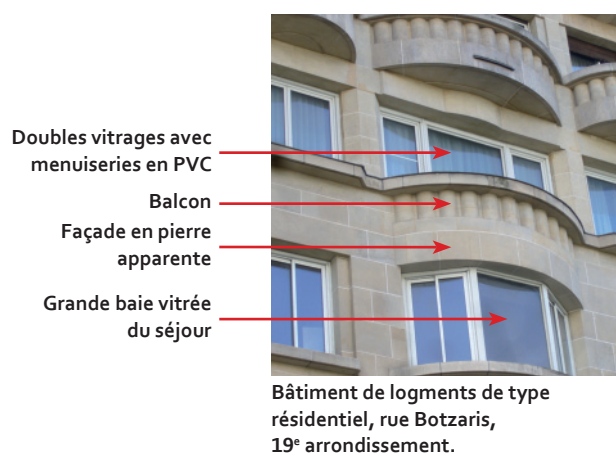
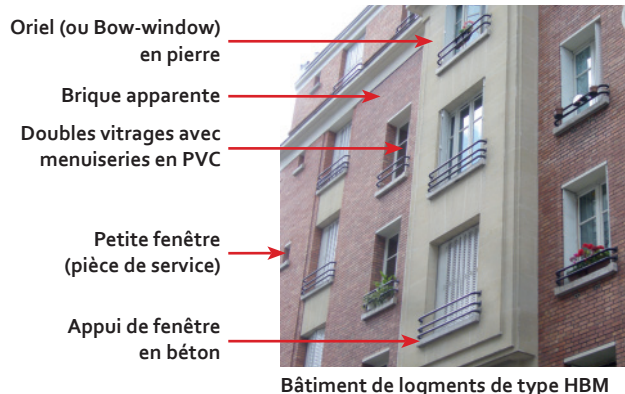
immeubles et l'organisation des îlots sont semblables à celle des HBM des boulevards des maréchaux, composées de bâtiments implantés à l'alignement sur rue donnant sur des cours ouvertes sur les voies publiques dégagant ainsi de grands linéaires de façade.

**Immeubles résidentiels de standing de l'entre-deux-guerres:** ces derniers sont présents plus ponctuellement. Ils présentent une forme urbaine plus traditionnelle (îlots compacts, bâtiments implantés systématiquement à l'alignement des voies et en mitoyenneté), malgré une volumétrie (de R + 8 à R + 9) et une largeur de façade un peu plus importantes. Quand les parcelles sont suffisamment grandes, elles sont occupées par des espaces verts de qualité.

## Techniques de Construction

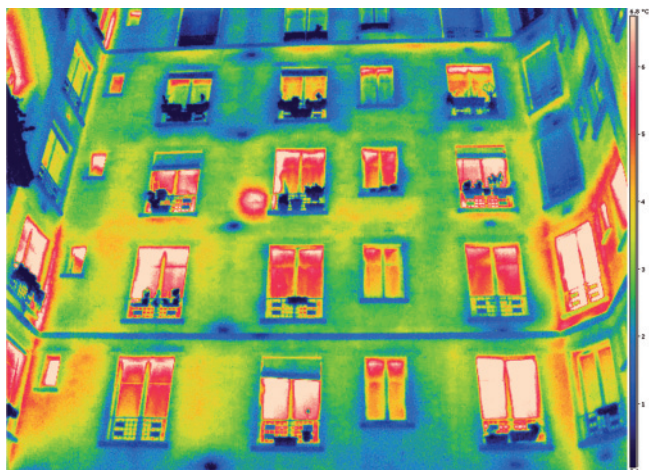
**Immeubles de type HBM :** entre 1918 et 1939, les techniques de construction de bâtiment de logements restent encore artisanales. La disparition des savoir-faire sur les matériaux anciens (avec les pertes humaines de la première guerre mondiale) et la nécessité de faire baisser les coûts économiques de la construction favorisent l'essor de l'utilisation de la brique et du béton. Avec le développement des éléments de structure métalliques et du béton armé, l'ossature porteuse se substitue progressivement à la façade porteuse.

**Immeubles résidentiels de standing de l'entre-deux-guerres:** la construction de logements résidentiels de luxe disposant de ressources financières supérieures à celle des logements sociaux, offrent une plus grande variété dans les techniques constructives adoptées et le choix des matériaux (façade porteuse en maçonnerie et en pierre de taille, ossature en béton armé ou métallique...).

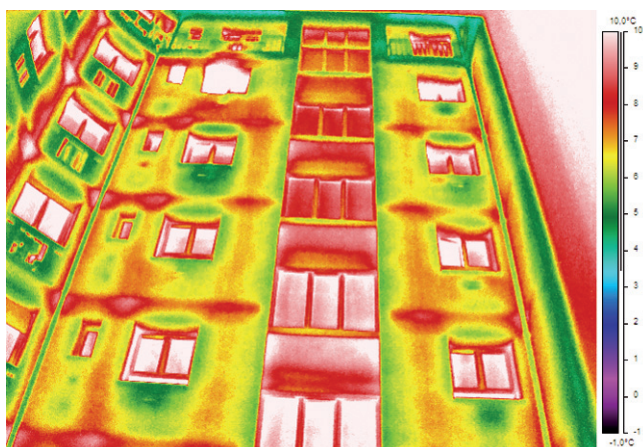


	TYPE HBM	IMMEUBLE RÉSIDENTIEL DE L'ENTRE-DEUX-GUERRES
HAUTEUR	R+5 à R+6	R+8 à R+9
FAÇADE	Brique apparente (vernissée, « calepinage » élaboré...) Bow-windows, loggias Balcon-terrasses Ossature parfois apparente	Matériaux de revêtement variés (pavé de verre, panneaux de grès, béton gravillonné...) Bow-windows, loggias, balcons, terrasses Ossature partiellement apparente
STRUCTURE	Façade porteuse Ossature porteuse (années 1930)	Façade porteuse Ossature porteuse
ENVELOPPE	Brique en mur porteur ou en remplissage Béton armé ou métal pour les éléments structurels Béton armé en ossature (années 1930)	Béton ou brique en remplissage Béton armé ou métal pour les éléments structurels Béton armé en ossature (années 1920)
OUVERTURES	Menuiseries en PVC Petites fenêtres pour les pièces de service Grandes fenêtres pour les pièces principales	Châssis métalliques ou menuiseries en PVC Élargissement progressif des ouvertures, taille très variée Persiennes, volets (années 1930)
VENTILATION	Ventilation naturelle Conduit de cheminée dans les pièces principales	Ventilation naturelle Conduit de cheminée dans les pièces principales
TOITURES	Double-pente (zinc ou tuile) Toiture-terrasse en béton armé (années 1930)	Double-pente (zinc ou tuile) ou toiture-terrasse en béton armé (années 1930)
DISPOSITION INTÉRIEURE	Appartements traversants	Appartements généralement traversants

# Analyse thermique et thermographique du bâti



Façade porteuse sur cour d'un HBM, rue Compans, 19<sup>e</sup> arrondissement.



Avenue Ledru Rollin, 11<sup>e</sup> arrondissement.

La façade est portée par une ossature en béton. Le remplissage est en brique. La différence de conductivité des matériaux ressort sur le thermogramme.

## Diagnostic

La construction de l'entre-deux-guerres est l'une des plus complexes du point de vue de l'analyse thermique. Cette période est en effet une période charnière durant laquelle les modes constructifs évoluent rapidement, les premiers HBM ressembleront aux logements ouvriers d'avant-guerre avec des murs porteurs en briques assez épais alors qu'à partir du milieu des années 20 la construction se base sur des ossatures en béton avec remplissage brique.

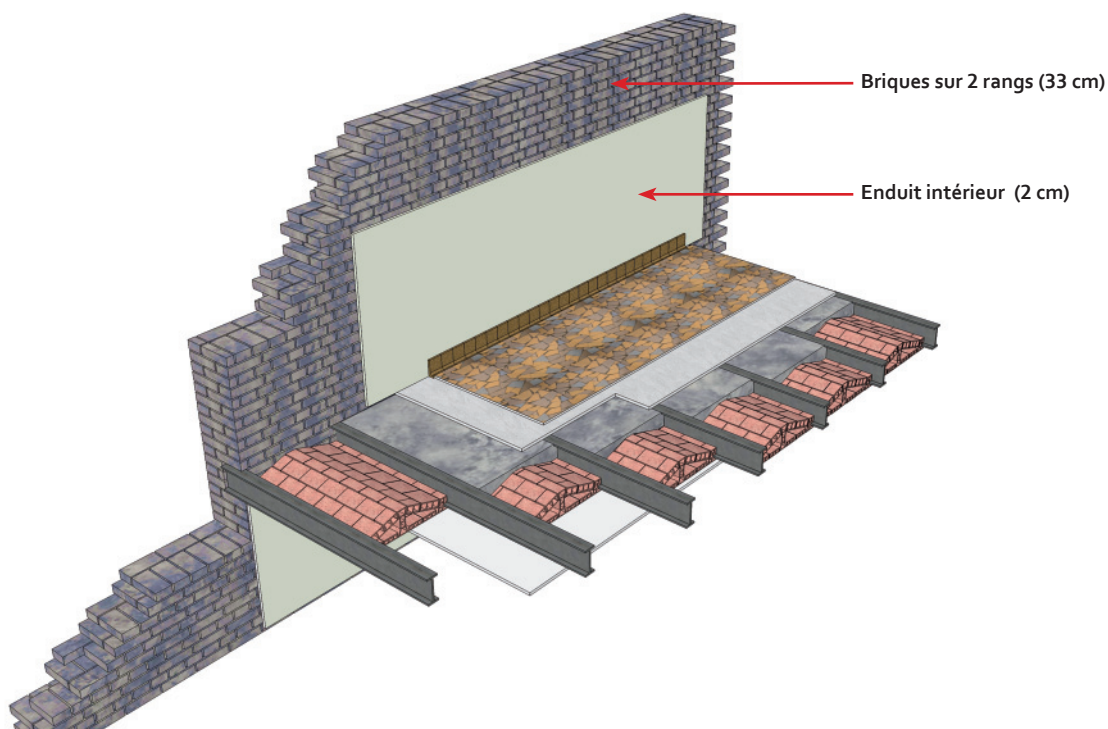
D'un point de vue architectural les HBM sont aussi un sujet complexe, certains groupes possèdent des façades très travaillées avec des modénatures, des décorations en faïence, des balcons en bois, etc. À l'inverse à la veille de la seconde guerre, beaucoup d'ensembles bâtis sont le fruit d'une expression architecturale plus simple.

La grande disparité des modes constructifs et architecturaux fait de cette période l'une des plus complexes à analyser.

## Façade porteuse

Avant 1925, les façades sont porteuses les murs sont donc assez épais (33 cm) et possèdent peu de ponts thermiques ( $R = 0,5 \text{ K. m}^2/\text{W}$ ).

Après 1925, c'est une ossature en béton qui porte la façade, le remplissage est en brique. Les murs sont plus fins (22 cm) et perdent donc en performance thermique ( $R = 0,4 \text{ K. m}^2/\text{W}$ ). L'hétérogénéité des matériaux (béton/brique) est visible sur certaines thermographies.



Coupe de mur : façade porteuse Habitation Bon Marché (H.B.M.)



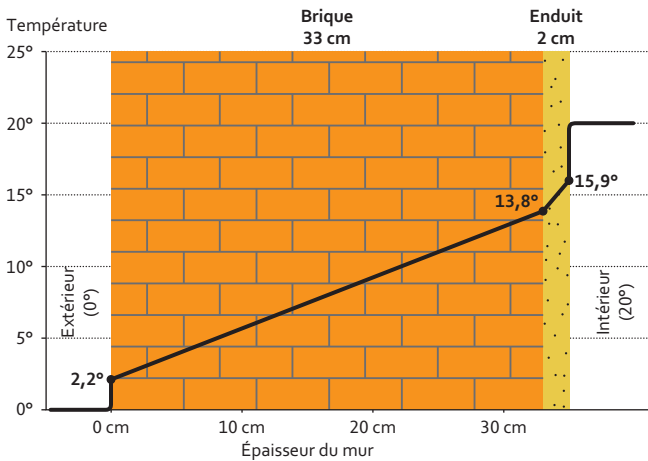
## Ponts thermiques géométriques

Le niveau d'ornementation assez élevé de la façade ainsi que les saillies créent des zones de moindre résistance thermique qui occasionneront des fuites thermiques au niveau des oriels, balcons, etc.

## 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 non isolés les murs ont des températures de surface souvent basses ce qui accentue la sensation d'inconfort en hiver et pousse les occupants à surchauffer le logement. Ce phénomène est connu sous le nom de phénomène de paroi froide et caractérise la plupart des logements non isolés. 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.

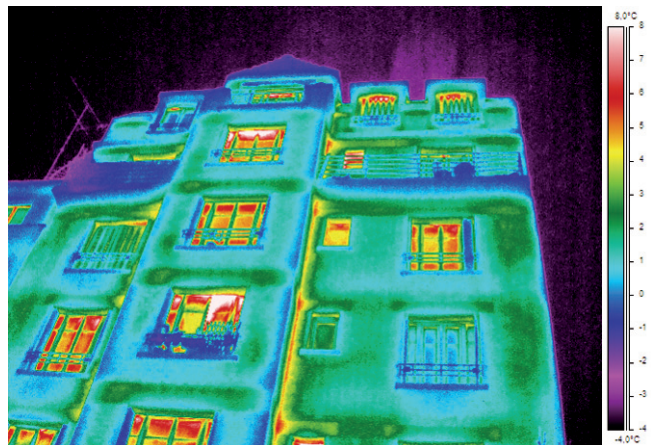
Dans le cas des logements construits entre les deux guerres, on constate une température sur les parois intérieures d'environ 16 °C. Le phénomène de paroi froide est donc très prononcé.



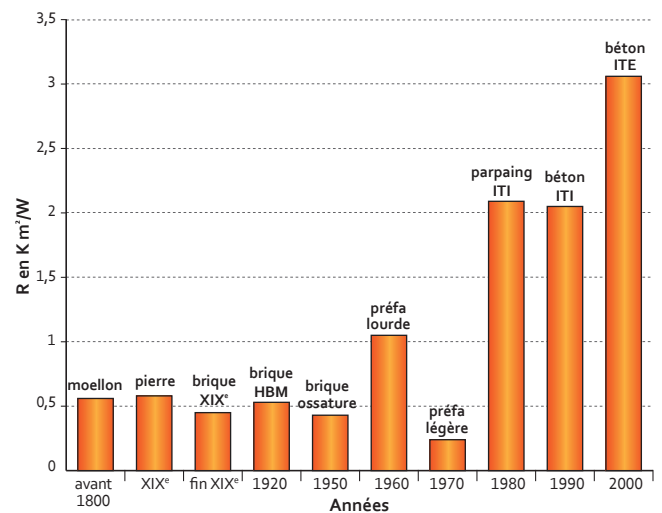
Effet de paroi froide sur un mur de 33 cm en brique



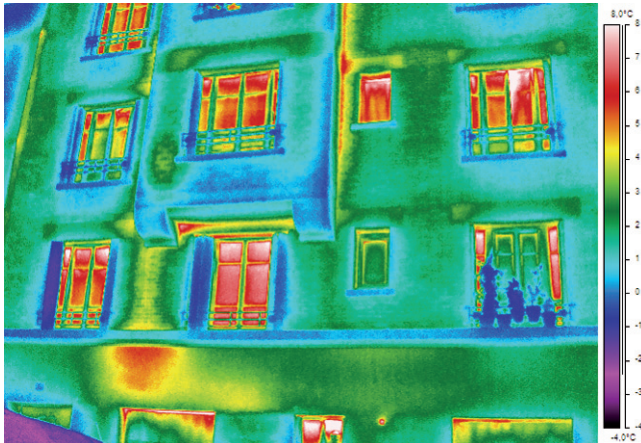
Rue des Carrières d'Amérique, 19<sup>e</sup> arrondissement. Fuites thermiques constatées sous les oriels.



Rue Compans, 19<sup>e</sup> arrondissement. Pont thermique occasionné par la jonction entre l'oriel en béton et la façade en brique.



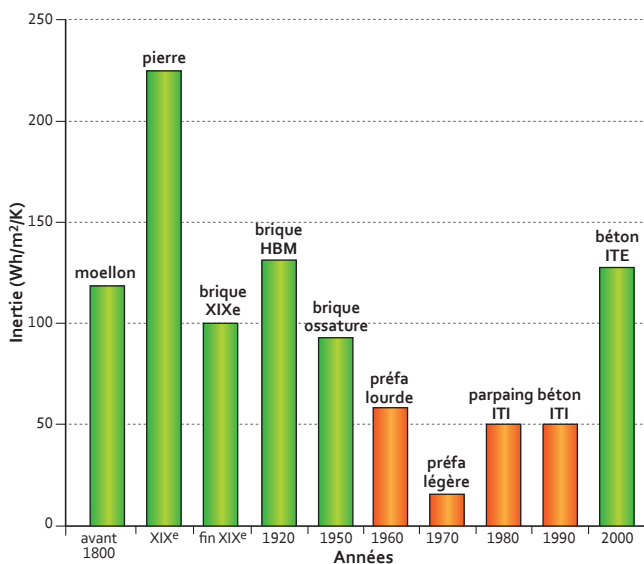
Résistance thermique des murs selon les techniques constructives à Paris



Rue Compans, 19<sup>e</sup> arrondissement.  
Immeuble en brique de type résidentiel : les simples vitrages d'origine n'ont pas été changés. En haut à droite une fenêtre est ouverte.

## Des menuiseries parfois inchangées

Très souvent des travaux de remplacement des vitrages ont été conduits sur les bâtiments construits, entre les deux guerres, et ce pour des raisons de gêne sonore des façades sur rue. Ainsi la proportion de double vitrage est plus importante sur rue que sur cour. Les simples vitrages qui subsistent entraînent en général des pertes thermiques importantes et participent à l'effet de paroi froide.



Inertie des murs selon les techniques constructives à Paris

## L'inertie thermique, l'atout des bâtiments anciens

Les bâtiments anciens ont été construits avec des matériaux denses capables d'emmagasiner de grandes quantités de chaleur, cette propriété s'appelle l'inertie thermique. Lorsque la température varie de façon importante entre le jour et la nuit (en demi-saison par exemple), l'inertie permet de protéger les occupants des variations de température et garantit un certain confort intérieur. De même, lorsqu'un épisode de canicule démarre, les bâtiments à forte inertie mettent un certain temps à s'échauffer et restent donc agréables à vivre sans nécessité de climatiser pendant les premiers jours de la vague de chaud.



Boulevard Barbès, 18<sup>e</sup> arrondissement.  
Trou de ventilation à droite de l'image.

## Ventilation

Les bâtiments anciens sont ventilés naturellement, l'air se renouvelle grâce à la perméabilité des menuiseries anciennes, aux trous pratiqués dans les façades (soit lors de la construction soit a posteriori) et enfin par l'ouverture des fenêtres des occupants qui gèrent ainsi eux-mêmes le renouvellement de l'air. La ventilation est une source de déperdition de chaleur puisque de l'air chaud chauffé par les occupants s'échappe à l'extérieur du bâtiment.

Les appartements sont toujours traversants ce qui permet à la ventilation naturelle de fonctionner correctement puisqu'il existe toujours une différence de pression entre l'air extérieur sur rue et l'air extérieur sur cour. Ce point est un avantage très important pour le confort d'été, puisque toutes fenêtres ouvertes l'appartement se ventile efficacement la nuit.

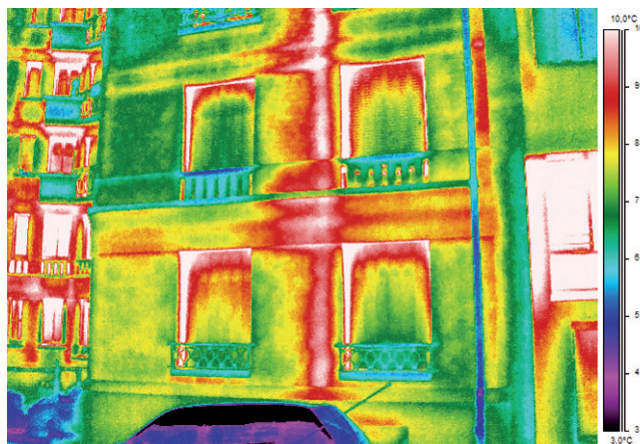
## Équipement de chauffage

Le chauffage est la fois collectif (gaz, CPCU, fioul) à 60 %, et aussi individuel (gaz et électrique) à 40 %. Les systèmes de chauffage individuels et collectifs induisent chez les usagers des niveaux de consommations très différents.

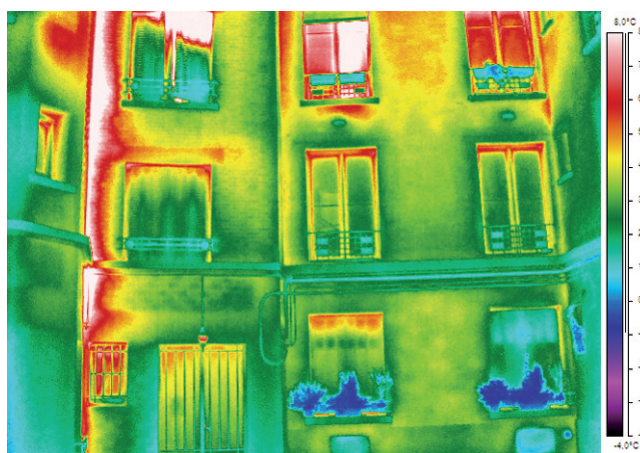
L'avantage des systèmes à facturation individuelle est de responsabiliser les occupants puisque chacun paie ce qu'il consomme ce qui a pour conséquence de tirer les consommations d'énergie vers le bas. À l'inverse le système collectif tirera les consommations vers le haut puisque chacun paie non selon ce qu'il consomme mais selon la surface qu'il occupe.

L'un des traits caractéristique du chauffage collectif dans les HBM est le principe de colonne montante par pièce. Lorsque les colonnes passent le long des façades elles induisent d'importantes pertes thermiques visibles en thermographie.

Dans les HBM ont observe aussi des niveaux de chauffage disparates selon les étages.



Rue de l'Inspecteur Allès, 19<sup>e</sup> arrondissement.  
Colonne chauffage le long du mur dans les appartements.



Rue Compans, 19<sup>e</sup> arrondissement.  
Les forts niveaux de température induits par le chauffage collectif dans les premiers étages poussent les occupants à vivre les fenêtres ouvertes (en haut à gauche) .

### POINTS FORTS DES HBM

- inertie thermique
- peu de ponts thermiques au niveau des planchers
- appartements traversant

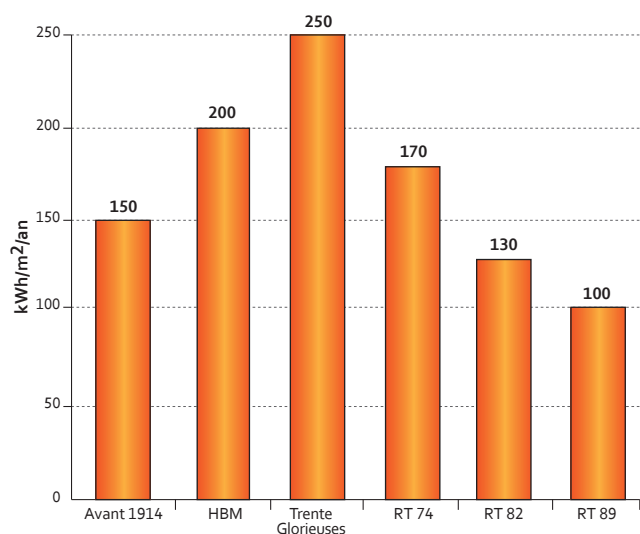
### POINTS FAIBLES DES HBM

- phénomène de paroi froide
- ventilation naturelle
- menuiseries et vitrages anciens
- pont thermiques au niveau des saillies et des éléments d'ornementation des façades

## Recommandations

### Quelles consommations d'énergie dans les bâtiments anciens ?

Il est difficile de donner un chiffre permettant d'évaluer les consommations d'énergie des bâtiments entre 1914 et 1939 car chaque bâtiment est en soit un cas particulier : la mitoyenneté, les apports solaires, la taille des ouvertures influenceront notablement les consommations d'énergie dans un bâtiment qui n'est pas isolé. S'il faut se risquer à avancer une valeur moyenne on pourra avancer, dans le cas d'un chauffage collectif gaz performant, le chiffre de 200 kWh/m<sup>2</sup>/an, avec une fourchette de ±50 kWh/m<sup>2</sup>/an selon les configurations morphologiques du bâti.



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

### Baisser les consommations avec des mesures simples

Pour ramener les consommations aux alentours de 80 kWh/m<sup>2</sup>/an, on aura à mettre en œuvre des mesures simples de réhabilitation et des mesures plus délicates concernant l'enveloppe du bâtiment. Passons en revue sans entrer dans le détail ce que nous appelons des mesures simples :

- isolation des combles (choisir un isolant « assez » dense pour éviter la surchauffe estivale) ou des terrasses,
- s'assurer que les équipements de chauffage ne sont pas désuets et que la régulation des niveaux de chauffage se fait dans de bonnes conditions (surtout dans le cas du chauffage collectif),
- s'assurer que les convecteurs ou radiateurs ne sont pas placés sur les parois qui donnent sur l'extérieur, sinon les déplacer. En cas d'impossibilité de déplacement, mettre un matériau réflecteur voire un isolant si c'est possible,
- poser la question du changement des vitrages (voir paragraphe suivant sur la ventilation et l'humidité),
- etc.

Les mesures plus délicates à mettre en œuvre concerneront l'enveloppe du bâtiment.

### Choix de l'isolation : isolation thermique extérieure (ITE) ou isolation thermique intérieure (ITI) ?

Pour ramener le bâtiment aux alentours de 80 kWh/m<sup>2</sup>/an on aura vraisemblablement besoin de poser la question de l'amélioration de la performance de l'enveloppe du bâtiment, ce qui pose la question de la valeur patrimoniale du bâti à traiter.

Les bâtiments construits entre les deux guerres ont une valeur patrimoniale qu'il conviendra d'évaluer au cas par cas. En effet la production de logements HBM qui est réalisée juste après la première guerre ressemble de beaucoup à la production des logements ouvriers de la fin du XIXe avec dans certains cas un niveau d'ornementation des façades assez développé. À l'inverse les groupes produits à la fin des années 30 ont une écriture architecturale généralement plus simple.

Notons qu'il n'y a pas dans ces bâtiments de différence architecturale entre les façades sur cour et les façades sur rue.

Lorsque la valeur patrimoniale est faible (on pense en particulier aux HBM qui n'ont même pas de briques apparentes) la pose d'une ITE est la solution la plus simple à mettre en œuvre, elle permet de traiter efficacement l'enveloppe du bâtiment.

La pose d'un double mur en brique est une solution alternative à la précédente qui peut être mise en œuvre lorsque le bâtiment est en briques apparentes mais que la valeur patrimoniale du bâtiment reste faible (absence d'ornementation). Le double mur en brique est une solution plus chère que l'ITE, plus complexe à mettre en œuvre mais qui permet d'atteindre des performances thermiques plus élevées que l'ITE et qui apporte plus de confort aux occupants, notamment en été.

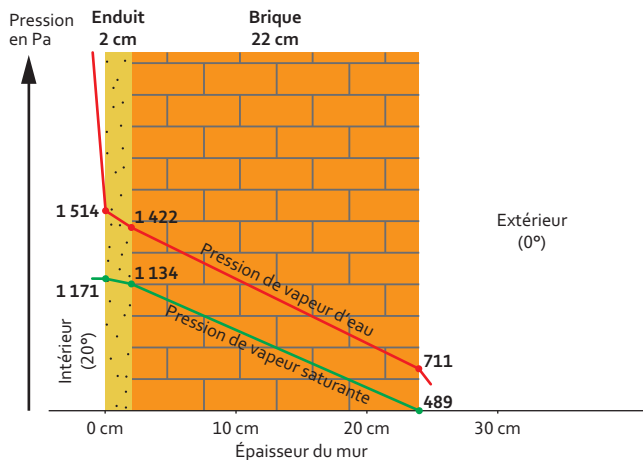
Enfin lorsque les HBM possèdent une valeur patrimoniale, les solutions d'ITE et de double mur ne peuvent être mises en œuvre. Faudra-t-il pour autant se pencher sur une isolation intérieure (ITI) ?

Le recours à l'ITI est une solution qui a été abondamment utilisée en France dans la construction neuve des années 80 et 90. Elle a été abandonnée depuis car elle est source d'un certain nombre de désordres (notamment liés à la gestion de l'humidité dans le bâti) qu'il faudra regarder avec grande précaution dans le bâti ancien. La solution d'ITI n'a jamais été utilisée à grande échelle dans les pays du nord, ces derniers ont toujours utilisé les techniques de double mur ou d'ITE.

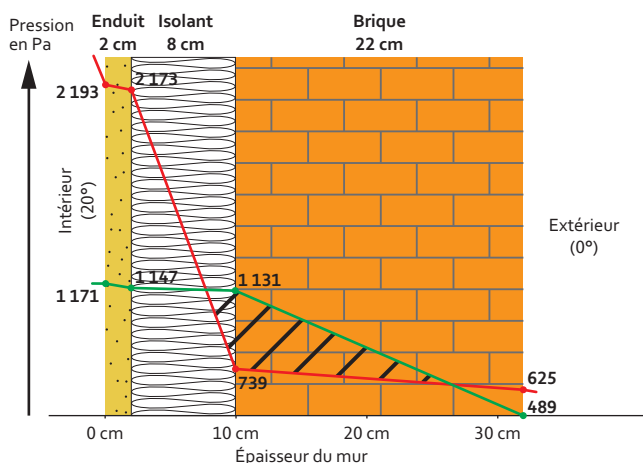
La difficulté posée par les HBM repose dans l'usage conjoint de brique et de béton. Ces matériaux ont des comportements hygro-métriques très différents qu'il faut étudier avec précision dans le cas d'une isolation intérieure. En effet la pose d'une isolation intérieure est susceptible de créer des problèmes de condensation dans les parois en brique.

L'illustration ci-contre présente un exemple en régime stationnaire sur un mur en brique. L'ambiance intérieure est à 50 % d'humidité relative et à 80 % à l'extérieur. Ces conditions sont un peu dures mais peuvent se produire. Le mur isolé par l'intérieur est susceptible d'être le siège de phénomènes de condensation dans le mur ou l'isolant ce qui est extrêmement problématique. Inversement le mur isolé par l'extérieur semble ne pas poser de problème dans cette première approche. Notons qu'il s'agit là d'une approche statique simpliste qui ne fait pas office de dia-

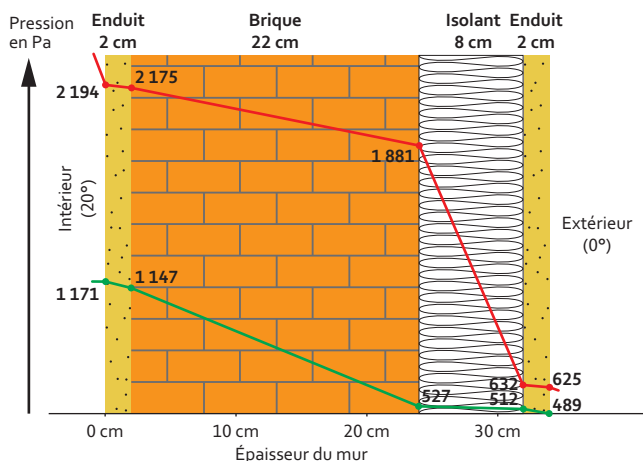
## Transferts de vapeur d'eau dans les murs en maçonnerie



**Mur en maçonnerie sans isolation :**  
Les courbes ne se chevauchent pas, il n'y a à priori pas de problème de condensation dans la paroi.



**Mur en maçonnerie avec isolation intérieure (ITI) :**  
Les courbes se chevauchent (zone hachurée), il y a rien risque de condensation dans l'épaisseur du mur.



**Mur en maçonnerie avec isolation extérieure (ITE) :**  
Les courbes ne se chevauchent pas, il n'y a à priori pas de problème de condensation dans la paroi.

gnostic (il faut faire une simulation dynamique pour cela) mais qui possède l'avantage de montrer que la solution intérieure est très fragile du point de vue de l'hygrométrie.

L'usage du béton qui se généralise au fil du temps pour les ossatures porteuses ou pour les linteaux aura pour conséquence de nettement compliquer le trajet de l'humidité à travers les parois. Ce point sera à documenter si l'on désire se tourner vers une solution d'ITI.

L'ITI nécessite la pose d'un pare-vapeur à l'intérieur du logement. Ce qui est déjà un inconvénient en soi car un pare-vapeur n'est efficace que s'il est parfaitement posé, le moindre défaut concentre l'humidité en un point singulier ce qui peut s'avérer extrêmement problématique. Si le choix se porte sur l'ITI, en plus du pare-vapeur, l'occupant devra mettre en œuvre un système de ventilation performant car dans un logement devenu étanche, il faut impérativement évacuer la vapeur d'eau.

L'ITI pose un second problème qui est celui de la perte d'inertie. À l'inverse des bâtiments d'après guerre, les bâtiments anciens ont l'énorme avantage de posséder de l'inertie. C'est pour cela que les consommations d'énergie sont si basses dans le bâti ancien. La solution d'ITI condamne en grande partie l'inertie des façades ce qui est un inconvénient majeur pour le confort d'été. Aujourd'hui toute simulation thermique visant à comparer les avantages et inconvénients entre l'ITI et l'ITE devrait se pencher sur la question du confort d'été et en particulier le comportement thermique du bâtiment lors d'épisodes de canicule. Le rapport à la surchauffe estivale sera différent selon les techniques constructives de l'HBM (mur porteur en brique de 33 cm ou ossature porteuse). L'enjeu de l'ITI en terme de perte d'inertie sera donc différent selon les modes constructifs du bâtiment. Notons que, généralement, les bureaux d'études proposant la solution d'ITI suggèrent de compenser le mauvais comportement thermique du bâtiment isolé par l'intérieur en été en proposant des solutions de ventilation nocturne par ouverture des fenêtres. Les bâtiments HBM se situent principalement sur les boulevards des maréchaux, la question de la gêne sonore contraint énormément cette disposition.

Si la baisse des consommations d'hiver encourage les occupants à isoler et que cette isolation crée des surchauffes estivales obligeant à climatiser, on peut rester dubitatif quant à la portée de telles mesures (c'est d'autant plus vrai dans la perspective d'un climat qui se réchauffe).

À l'inverse la solution d'ITE ne compromet pas l'inertie du bâtiment, le tampon thermique que constituent les murs restant en contact avec l'ambiance intérieure. Le double mur quant à lui apporte encore plus d'inertie.

Le troisième problème que pose l'ITI est la création de ponts thermiques. L'interruption de l'isolant au niveau des planchers crée des ponts thermiques et donc une hétérogénéité de la température de façade ce qui peut encore être source de phénomène de condensation. Dans le cas d'une ITE ces questions ne se posent pas.

Le dernier problème posé par l'isolation est la question de la place du dispositif. Concernant l'ITE, un débord de 20 cm est désormais autorisé à Paris sur l'espace public, ce qui constitue un encouragement fort vis-à-vis de l'ITE. Dans le cas de l'ITI,



Immeuble de logement collectif, 1931, G. Tissoire architecte, rue Compans, 19<sup>e</sup> arrondissement.  
Façade en brique enduite, ici une isolation par l'extérieure peut être mise en œuvre étant donné l'absence d'ornementation.



Immeuble de type HBM, 1922-1926, J. Charlet et F. Perrin architectes, boulevard de l'Hôpital, 13<sup>e</sup> arrondissement.  
Le niveau d'ornementation ne permet pas d'entreprendre une isolation extérieure.

les occupants doivent se résoudre à perdre quelques pourcents de la surface habitable ce qui constitue une perte substantielle de la valeur d'un patrimoine immobilier. Ce dernier point est vraisemblablement le plus gros frein à la mise en place de l'ITI dans le parc privé.

## ITI

### AVANTAGES

- pas de modification de l'aspect extérieur du bâtiment
- convient à une occupation intermittente du bâtiment

### INCONVÉNIENTS

- oblige l'étanchéification des murs (pose d'un pare vapeur) et la ventilation mécanique des pièces
- compromet l'inertie du bâtiment (essentielle en demi-saison et en été)
- perte de surface habitable et donc de la valeur du patrimoine immobilier
- créer des ponts thermiques

## ITE

### AVANTAGES

- les travaux d'isolation peuvent se faire en milieu occupé
- les qualités thermiques du bâtiment anciens sont conservées (inertie)

### INCONVÉNIENTS

- modification de l'aspect extérieur de la façade
- débordement sur la voirie

## Synthèse

Entre 1914 et 1939, le béton fait progressivement son apparition dans la construction. Les bâtiments produits alors sont souvent un compromis entre les techniques anciennes de construction et les techniques modernes qui se généraliseront après-guerre. Pour réduire les consommations d'énergie dans ces bâtiments il faudra passer par une approche au cas par cas. On prendra soin d'appliquer en premier lieu des mesures simples de réhabilitation et d'en évaluer le résultat avant de réfléchir à la mise en œuvre de systèmes plus complexes. Généralement l'objectif de 80 kWh/m<sup>2</sup>/an pourra être atteint à condition de traiter la question de la performance de l'enveloppe.

Dans le cas où le bâtiment n'a aucune valeur patrimoniale (brique recouverte d'enduit par exemple), on pourra mettre en œuvre une isolation thermique par l'extérieur.

Dans le cas où la valeur patrimoniale du bâtiment tient simplement à la brique apparente, la solution du double mur en brique peut être mise en œuvre.

Enfin dans le cas où le bâtiment possède une réelle valeur patrimoniale (ornementation, faïence, etc.), l'isolation par l'intérieure sera rarement conseillée, on lui préférera l'usage d'un enduit intérieur isolant qui améliorera quelque peu les performances thermiques de l'enveloppe mais qui aura surtout comme avantage de juguler l'effet de paroi froide et donc d'améliorer le confort des occupants.

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<sup>e</sup>). 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 quatrième 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).

