

CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE ET ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE LIÉES AU CHAUFFAGE DES RÉSIDENCES PRINCIPALES PARISIENNES

apur
ATELIER PARISIEN D'URBANISME

Décembre 2007

CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE ET ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE LIÉES AU CHAUFFAGE DES RÉSIDENCES PRINCIPALES PARISIENNES

Décembre 2007

L'Apur a travaillé en 2006 et 2007 sur l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre liées au chauffage des résidences principales parisiennes.

96 000 bâtiments parisiens de logement ont fait l'objet d'une modélisation et de calculs permettant de mesurer l'impact du chauffage du parc de logements parisiens sur le changement climatique global.

L'étude s'articule en deux grands volets : une première partie dans laquelle sont rappelés quelques faits essentiels concernant le changement climatique, la responsabilité des différents secteurs, et une seconde partie dans laquelle est analysée la performance de la forme urbaine parisienne en termes de consommations d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre.

SOMMAIRE

CONTEXTE ET ENJEUX LIES AUX GAZ A EFFET DE SERRE	5
LA QUESTION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	5
Définition des gaz à effet de serre.....	5
Conséquences de l'accroissement de l'effet de serre	5
De combien réduire les émissions ?.....	6
LES ENGAGEMENTS DE LA FRANCE	6
QUELS SECTEURS ÉMETTENT DES GAZ A EFFET DE SERRE ?	7
CHAUFFAGE ET ÉMISSION DE GAZ À EFFET DE SERRE À PARIS	8
LA QUESTION DU CHAUFFAGE DES RÉSIDENCES PRINCIPALES A PARIS	8
LA DATE DE CONSTRUCTION : UNE INFORMATION CLEF	9
Analyse du bâti parisien.....	9
Méthode	9
Diagnostic.....	10
MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DU BÂTI PARISIEN	17
CALCUL DES DÉPERDITIONS THERMIQUES	17
LA PERFORMANCE DES ENVELOPPES.....	17
LA PERFORMANCE DE LA FORME URBAINE.....	17
CALCUL DES BESOINS	18
Règles générales.....	18
La déperdition	19
Les apports solaires	20
La ventilation	23
Calcul des équations.....	23
LES CONSOMMATIONS RÉELLES DE CHAUFFAGE.....	24
LES ÉMISSIONS DE CARBONE	25
CONCLUSION	27
ANNEXE 1	28
ANNEXE 2	38

CONTEXTE ET ENJEUX LIÉS AUX GAZ À EFFET DE SERRE

• LA QUESTION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Définition des gaz à effet de serre

L'atmosphère est composée de gaz qui ont la propriété de piéger une part du rayonnement solaire avant qu'il ne soit réémis vers l'espace. Ce mécanisme, qui rappelle celui d'une serre, est entièrement naturel, il permet la vie sur terre en offrant une température moyenne à la surface du sol de +15 °C, sans lui elle s'établirait aux alentours de -18 °C.

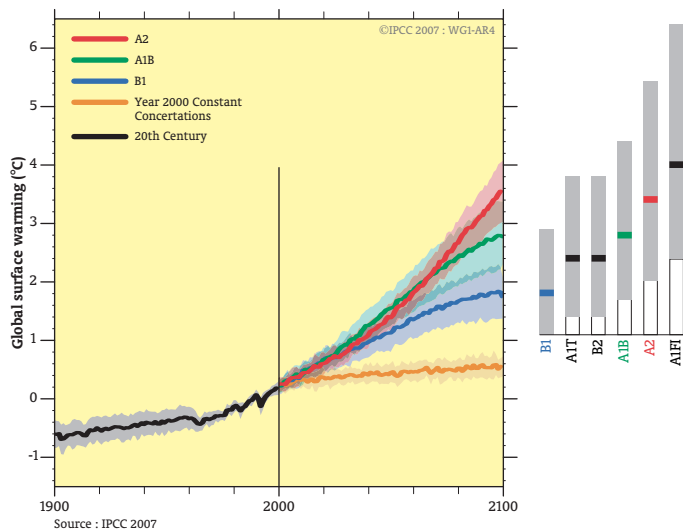
Depuis le début de l'ère industrielle, les civilisations ont fondé leur développement sur l'utilisation toujours croissante d'énergie fossile. La combustion de ces énergies s'accompagne de dégagement de CO₂. C'est l'un des principaux gaz à effet de serre : environ 300 milliards de tonnes de carbone ont été émises par les activités humaines depuis 1 800. La moitié de ce CO₂ a été repris par les écosystèmes, l'autre moitié s'accumule dans l'atmosphère et participe à l'accroissement de l'effet de serre. L'équilibre thermique de la terre est, par ce mécanisme, en cours de modification et conduira à une température d'équilibre plus élevée que celle connue actuellement — à la fin du XXI^e siècle, la température aura augmenté de 1,1 °C à 6,4 °C (voir graphique 1).

Conséquences de l'accroissement de l'effet de serre

D'ici la fin du siècle, l'augmentation de la température moyenne du globe devrait entraîner notamment :

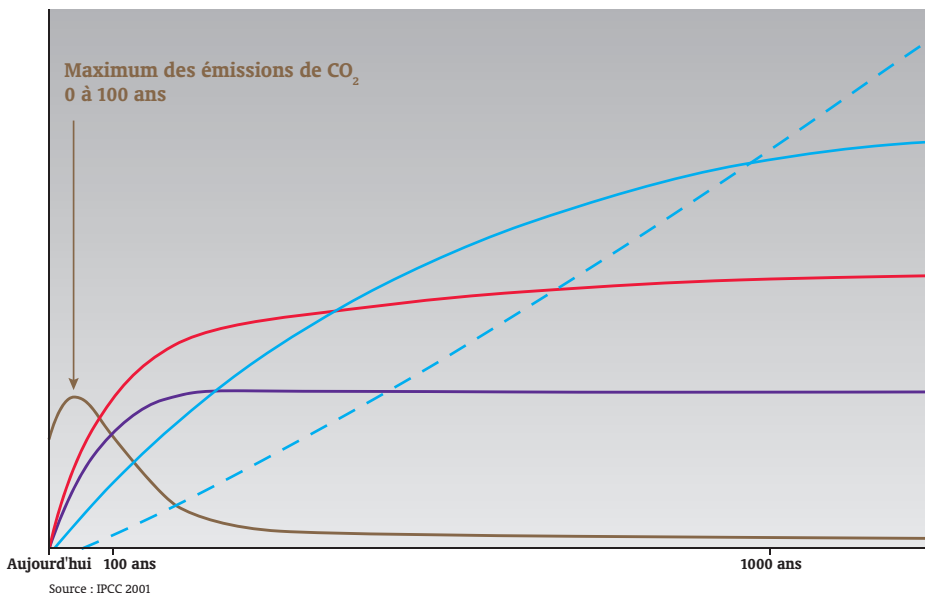
- une élévation du niveau de la mer de 19 à 58 cm
- une « vraisemblable » augmentation des cyclones tropicaux
- une « vraisemblable » fréquence accrue des phénomènes extrêmes (pluies intenses, inondations, sécheresses, etc.)
- une baisse du volume des glaces de mer d'après tous les scénarios, et selon certains scénarios une disparition totale des glaces en Arctique en fin d'été.

Graphique 1
Multi-model averages and assessed ranges for surface warming



Graphique 2
La concentration de CO₂, la température, et le niveau de la mer continuent d'augmenter bien après la réduction des émissions

Ampleur de la réponse



Temps nécessaire pour parvenir à l'équilibre
Élévation du niveau de la mer due à la fonte des glaces : Plusieurs milliers d'années

Élévation du niveau de la mer due à la dilatation thermique : Des siècles à des millénaires

Stabilisation de la température : Quelques siècles

Stabilisation du CO₂ : 100 à 300 ans

Émission de CO₂

Il apparaît que ces phénomènes ont tous une « certaine » inertie. Une fois qu'ils sont mis en route ils continuent d'évoluer quoi qu'il soit fait. Il y a un décalage très important entre le moment où est prise la décision de réduire les émissions de gaz à effet de serre et celui où sont mesurées les conséquences de cette décision. Les temps de stabilisations qui vont de quelques siècles (pour la température par exemple) à quelques milliers d'années (élévation du niveau de la mer) sont tels qu'il est possible de considérer ces phénomènes comme irréversibles à l'échelle de plusieurs générations humaines. Aussi, une fois que les émissions commencent à décroître, l'essentiel des problèmes reste encore à venir (voir graphique 2).

De combien réduire les émissions ?

L'ampleur des phénomènes précédemment cités n'est pas encore connue car elle dépendra de la capacité à réduire les émissions de gaz à effet de serre.

La moitié du CO₂ émis est repris par les écosystèmes (pour la photosynthèse principalement), l'autre moitié reste dans l'atmosphère et s'y accumule. Les scientifiques estiment généralement que pour éviter une perturbation dangereuse du climat, il est nécessaire de ne pas émettre plus que ce que la nature reprend, il faut donc diviser les émissions par deux. La rapidité à laquelle l'action est entreprise est réellement déterminante car plus vite les émissions sont réduites, plus la température de stabilisation est basse (voir graphiques 3). Un scénario catastrophe où les émissions ne cessent d'augmenter pendant le XXI^e siècle conduit à des températures qui continuent d'augmenter pendant plusieurs siècles.

Les réserves fossiles responsables de ces émissions sont présentes en quantité finie sur terre, elles sont non renouvelables. Ainsi, de manière inéluctable, les émissions de CO₂ liées à leur combustion viendront à cesser, leur division par deux sera donc un jour une réalité. La question qui est posée aujourd'hui n'est donc pas de savoir si nous sommes capables, dans l'absolu, de diviser nos émissions de CO₂ par deux, mais en combien de temps nous devons y parvenir. Pour les scientifiques, il est impératif d'y arriver avant 2050.

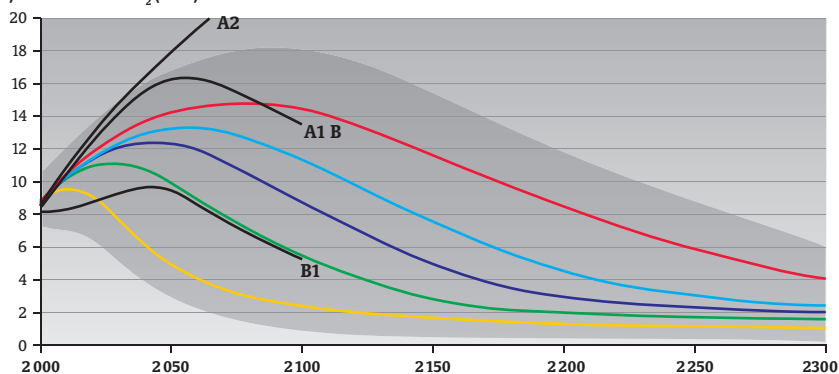
LES ENGAGEMENTS DE LA FRANCE

La réduction des émissions de gaz à effet de serre fait l'objet d'un accord international, « le protocole de Kyoto ». Le texte fixe comme objectif pour les pays signataires, une réduction globale de 5,2 % des émissions à l'horizon 2008-2012. La France a signé et ratifié ce texte, et s'est engagée à réduire ses émissions au taux de 1990 à cette échéance.

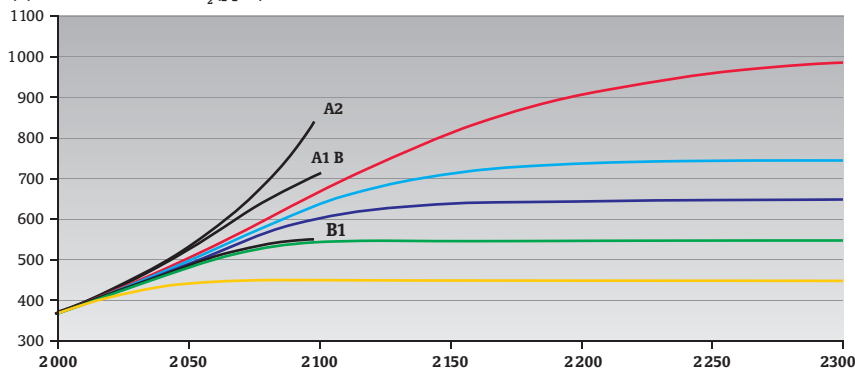
Graphiques 3

Émissions, concentrations et variations de température correspondant à divers niveaux de stabilisation pour les concentrations de CO₂

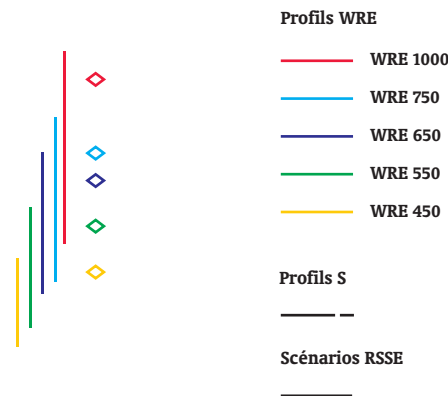
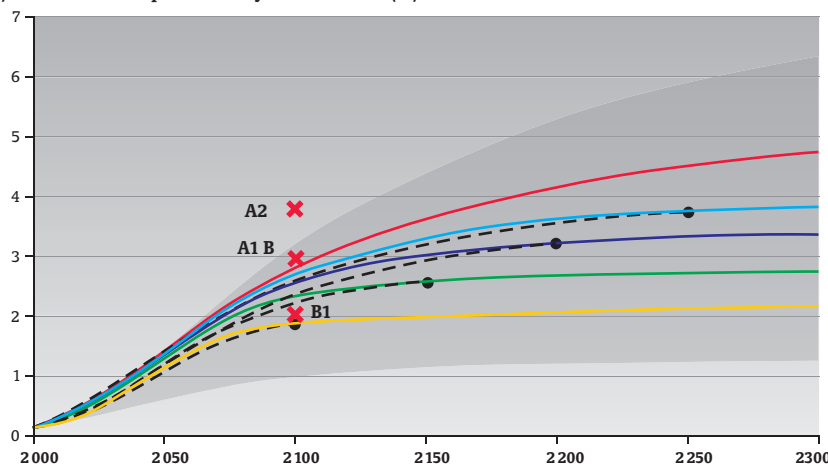
(a) Émission de CO₂ (Gt C)



(b) Concentration de CO₂ (ppm)



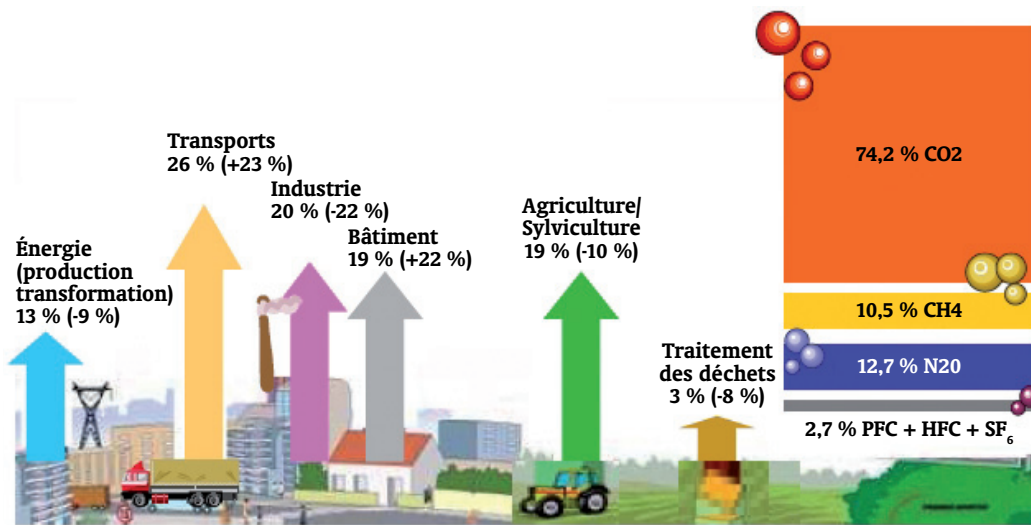
(c) Variation de température moyenne mondiale (°C)



Source : IPCC 2007

Graphique 4

Émissions de gaz à effet de serre en France (y compris DOM/TOM) en 2004, par secteur (entre parenthèses, l'évolution depuis 1990 ; Source : CITEPA/Inventaire, SECTEN/Format, PNLCC, Février 2006)



Si le protocole de Kyoto marque un premier pas dans la voie de la réduction des émissions, il reste encore loin des 50 % de réduction prônée par la communauté scientifique.

De son côté l'Europe s'est engagée à une baisse de 20 % d'ici 2020 de ses émissions indépendamment de toute entente internationale. La France, quant à elle, s'est engagée à réduire d'un « facteur 4 » ses émissions d'ici 2050 (ceci correspond à la traduction de l'objectif planétaire de division par deux pour un pays du niveau de développement de la France).

La Ville de Paris a voté à l'unanimité fin 2007 un plan parisien de lutte contre les gaz à effet de serre émis par l'activité de la capitale : le Plan Climat de Paris. C'est un engagement fort sur une démarche de « facteur 4 » visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre issues du territoire parisien de 75 % en 2050 par rapport à 2004.

• QUELS SECTEURS ÉMETTENT DES GAZ À EFFET DE SERRE ?

À peu près tous les actes de la vie quotidienne engendrent des gaz à effet de serre. C'est évident pour nombre des gestes, comme se déplacer en voiture particulière, cela l'est moins pour d'autres : par exemple manger un yaourt contribue à l'effet de serre puisque des plastiques ont été fabriqués pour l'emballage (issus de la pétrochimie), des engrais (fabriqués à partir de gaz naturel) ont été nécessaires pour nourrir les vaches, etc.

Se poser la question du « facteur 4 » implique donc de faire le tri dans les actes de la vie quotidienne qui engendrent des gaz à effet de serre. Le regroupement par grands secteurs d'activités humaines en France donne une idée de leur rôle dans l'émission des gaz à effet de serre. (Voir graphique 4).

En 2004, les émissions de gaz à effet de serre sont à peu près semblables à celles de 1990, avec toutefois des évolutions très contrastées car certains secteurs comme l'industrie ont fortement diminué leur émissions alors que d'autres sont en pleine explosion (transports notamment).

Le secteur des « bâtiments » fait partie des grands émetteurs de gaz à effet de serre. C'est quasiment la moitié de l'énergie consommée en France et environ un tiers des émissions nationales (le graphique 4 n'annonce que 19 % car il ne prend pas en compte l'électricité et le chauffage urbain consommés dans les bâtiments).

Aujourd'hui, le secteur des « bâtiments » fait partie des secteurs emblématiques de la lutte contre le changement climatique. C'est le seul secteur dans lequel les émissions peuvent être réduites de manière très significative sans réellement changer les modes de vie, par une meilleure utilisation de l'énergie, une amélioration des performances des bâtiments et des transferts sur des énergies peu émettrices de CO₂.

L'émergence d'une réglementation contraignante vis-à-vis de la construction, de la rénovation et de la réhabilitation représente vraisemblablement de nouvelles parts de marchés conséquentes dans le secteur du bâtiment, ce qui explique la récente mobilisation des professionnels de ce secteur.

CHAUFFAGE ET ÉMISSION DE GAZ À EFFET DE SERRE À PARIS

• LA QUESTION DU CHAUFFAGE DES RESIDENCES PRINCIPALES A PARIS

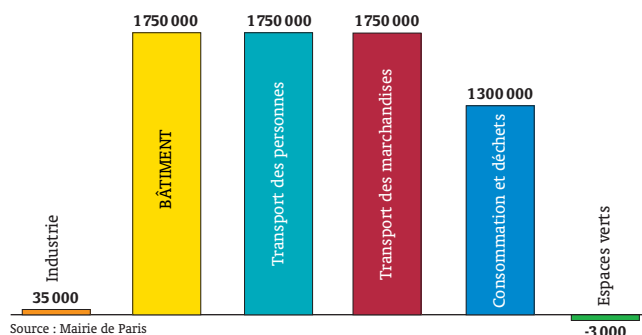
À Paris, les grands émetteurs de gaz à effet de serre sont les transports, les bâtiments, la consommation et les déchets (voir graphique 5). Les chiffres sont donnés hors tourisme. La catégorie « consommation et déchets » concernent les émissions induites par la consommation et l'élimination de produits manufacturés ou alimentaires, ces émissions ont lieu en dehors du territoire parisien et correspondent à une part des postes « industrie » et « agriculture » de la comptabilisation nationale (voir graphique 4).

L'étude de l'APUR traite uniquement de la question du logement à Paris. Les activités tertiaires, quant à elles, sont extrêmement diversifiées, et reposent sur une très grande palette d'usages énergétiques. Les qualifier de façon exhaustive est donc extrêmement difficile et elles méritent une attention particulière qui devra être conduite indépendamment du secteur résidentiel.

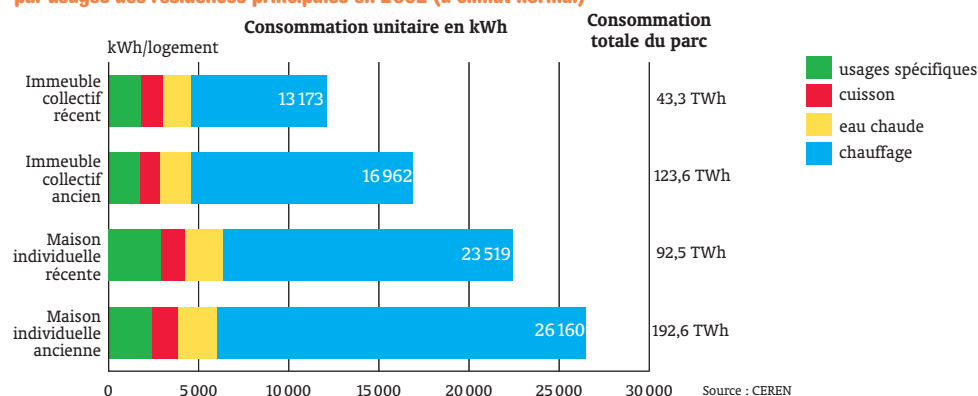
À l'inverse, les différents usages dans le secteur du logement sont simples et peu variés : chauffage, eau chaude, cuisson et usages spécifiques (il s'agit de l'électricité ne servant ni au chauffage, ni à la production d'eau chaude : l'éclairage, les appareils électroménagers, etc.). Le chauffage est aujourd'hui le principal enjeu du secteur résidentiel, il est responsable à lui seul de 76 % des émissions du secteur (en 2004). C'est aussi le seul poste qui soit véritablement lié à la forme du bâti et à sa performance : un bâtiment récent est moins chauffé qu'un bâtiment ancien car l'enveloppe est plus performante, un appartement est moins chauffé qu'une maison car l'habitat est plus compact (voir graphique 6). On comprend donc que la question posée par la rénovation des tissus urbains anciens aura a priori de réelles répercussions sur les émissions de gaz à effet de serre.

Pour connaître de façon directe la consommation d'énergie des logements à Paris, on peut mettre « bout à bout » les factures d'énergie de tous les Parisiens, le total donne ce qui est consommé.

Graphique 5
Bilan Carbone de Paris
- 6 550 000 tonnes équivalent carbone



Graphique 6
Consommation en énergie finale par usages des résidences principales en 2002 (à climat normal)



Chaque année, 17 TWh sont ainsi dissipés dans les logements parisiens, dont 77 % pour le chauffage (source : CEREN). Les émissions de CO₂ peuvent se déduire sans trop de difficultés en regardant de plus près les types d'énergie consommée, on arrive au chiffre de 2,6 millions de tonnes de CO₂ émises pour le seul chauffage.

La question de la réduction de ces émissions se pose de manière assez complexe. Dans le cas du chauffage les émissions de CO₂ doivent en effet se comprendre comme une somme de paramètres très différents.

Les facteurs explicatifs des émissions des Parisiens sont les suivants :

- **La performance du bâtiment** : un bâtiment ancien non isolé consommera plus d'énergie qu'un bâtiment neuf, de 3 à 6 fois plus.
- **Les équipements** : une chaudière en fin de vie peut consommer 2 fois plus qu'une chaudière récente ; des simples vitrages laissent passer 4 fois plus d'énergie que des vitrages doubles peu émissifs, etc.
- **Les habitudes des habitants** : certaines personnes se chauffent à 23 °C quand d'autres se satisfont d'environ 19 °C ; on retrouvera dans le mode facturation du chauffage une différence d'attitude très prononcée. De l'individuel au collectif les écarts de consommations varient d'un facteur 2,5 à Paris.
- **Les énergies utilisées** : les différentes énergies n'ont pas toutes la même contribution à l'effet de serre ; entre les énergies fossiles et les énergies renouvelables la contribution à l'effet de serre varie d'un facteur 10.

Pour comprendre comment baisser les émissions de CO₂, l'exercice consiste à quantifier la responsabilité de chacun des facteurs précédemment cités, et d'analyser en quoi leur variation peut amener à des baisses avec pour objectif le « facteur 4 ».

• LA DATE DE CONSTRUCTION : UNE INFORMATION CLEF

Les données historiques liées à la construction des bâtiments permettent de renseigner une partie des paramètres nécessaires à expliquer les émissions de gaz à effet de serre du bâti parisien. On connaît en effet, les matériaux dominants, les modes de construction, les surfaces de vitrages utilisés, selon les époques...

Analyse du bâti parisien

Tous les immeubles ont été édifiés en mitoyenneté jusqu'en 1914. Ce n'est que dans la période de l'entre deux guerres qu'apparaissent les cours ouvertes et les immeubles isolés, même si la construction mitoyenne reste majoritaire

jusqu'aux années 1960. Entre 1960 et pour une courte période, jusqu'en 1977, se généralisent les barres et les tours tant pour l'habitation que pour les bureaux, abandonnant ainsi la mitoyenneté. Après 1977, Paris revient à la construction mitoyenne, les démolitions massives de quartiers anciens diminuent pour s'arrêter totalement au milieu des années quatre-vingt-dix et ne pas reprendre depuis lors.

Plus de 80 % du bâti parisien a plus de 50 ans, 75 % a plus de cent ans et 8 % a plus de 200 ans. On estime qu'à Paris, les immeubles, globalement bien construits, ont une durée de vie d'au moins 300 ans pour peu qu'ils soient correctement entretenus, ce qui est le cas aujourd'hui. Le bâti parisien a une valeur patrimoniale forte. Depuis les années cinquante, la plus grande part des immeubles d'habitation sont devenus des copropriétés, (58 %). Ce phénomène est en augmentation constante et favorise le mouvement de conservation et de réhabilitation des immeubles. Le nombre d'immeubles insalubres et d'immeubles dénués du confort moderne a fortement diminué dans le même temps. Il en est de même dans le secteur du logement social avec un mouvement de rénovation du parc très important. Ces phénomènes montrent l'attachement des parisiens à leur patrimoine bâti et laisse à penser qu'il n'y aura dans le futur ni transformation massive du caractère des édifices et de leur architecture, ni modification significative des formes urbaines à l'exception des secteurs de projet inscrits dans le PLU de Paris qui ne couvrent qu'une petite part de son territoire.

Dans ce contexte, les actions à mener pour réduire les émissions de CO₂ doivent donc s'attacher principalement à la manière de gérer les immeubles, aux modes de consommation et aux habitudes de leurs habitants. Il ne devrait guère être possible de compter sur la reconstruction des immeubles pour améliorer les performances du cadre bâti parisien. De même la transformation de l'architecture des édifices ne pourra sans doute pas être une solution, tant les alignements de façade, les modénatures et les matériaux constituent la base même du paysage parisien, de son image et de son caractère.

Méthode

La datation des bâtiments parisiens a été effectuée par l'Atelier avec une équipe d'une dizaine d'architectes. Ce travail a été spécialement réalisé pour cette étude ⁽¹⁾. Il s'est déroulé en trois phases,

- Une phase de collecte des données connues par le biais des bases de données existantes et des études antérieures, notamment celle de François Loyer sur les immeubles du XIX^e siècle qui classe les immeubles antérieurs à 1939 en quatre grandes familles (avant 1800, première moitié du 19^e,

(1) – Notons que la date de construction des édifices parisiens est une information qui n'existait pas jusqu'alors. L'étude a été l'occasion de ce travail exhaustif qui pourra servir à de nombreuses autres applications.

seconde moitié du 19^e, entre deux guerres).

- Une phase d'enquête de terrains et de croisement de sources cartographiques pour dater les immeubles construits après 1945.
- Une phase de vérification et d'entrée des dates collectées dans les bases de données de l'Apur.

Les périodes de constructions retenues sont les suivantes : avant 1800, 1801-1850, 1851-1914, 1918-1939, 1945-1967, 1968-1975, 1976-1981, 1982-1989, au-delà 1990. Ce découpage a été choisi, d'une part, en fonction de la nature du bâti parisien, jusqu'en 1974, d'autre part, à partir de 1974, en fonction de l'évolution des réglementations thermiques, c'est la raison pour laquelle, l'« après 1974 » est découpé très finement alors que le parc concerné est très faible en volume.

La carte 1 synthétise ce travail de datation des immeubles parisiens. Seules les résidences principales sont représentées, chaque îlot est colorié en fonction de la date de construction des mètres carrés d'habitation majoritaires qui s'y trouvent.

Diagnostic

Pour calculer la consommation énergétique des immeubles d'habitation parisiens, chacun a ainsi été classé dans une famille de référence. Ces familles sont tout d'abord historiques,

chacune correspondant à une période de transformation et de croissance de la ville à laquelle il est possible d'associer globalement une forme dominante de bâtiment et un mode de construction en tenant compte des deux éléments fondateurs du tissu urbain : la configuration du parcellaire et les types d'édifices (implantation, forme générale des édifices et modes de constructions). Il ne s'agissait en l'espèce, il convient de le souligner, nullement de réduire l'histoire urbaine et architecturale de Paris à quelques grandes familles ou à grandes périodes mais d'établir par le biais « d'archétype » le classement des immeubles parisiens à partir des manières de bâtir à une période donnée pour établir un modèle de calcul applicable à tous les immeubles de la même période.

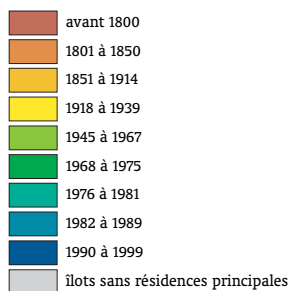
Délimitation de chaque période

La délimitation de chaque période historique a été établie en fonction tout d'abord :

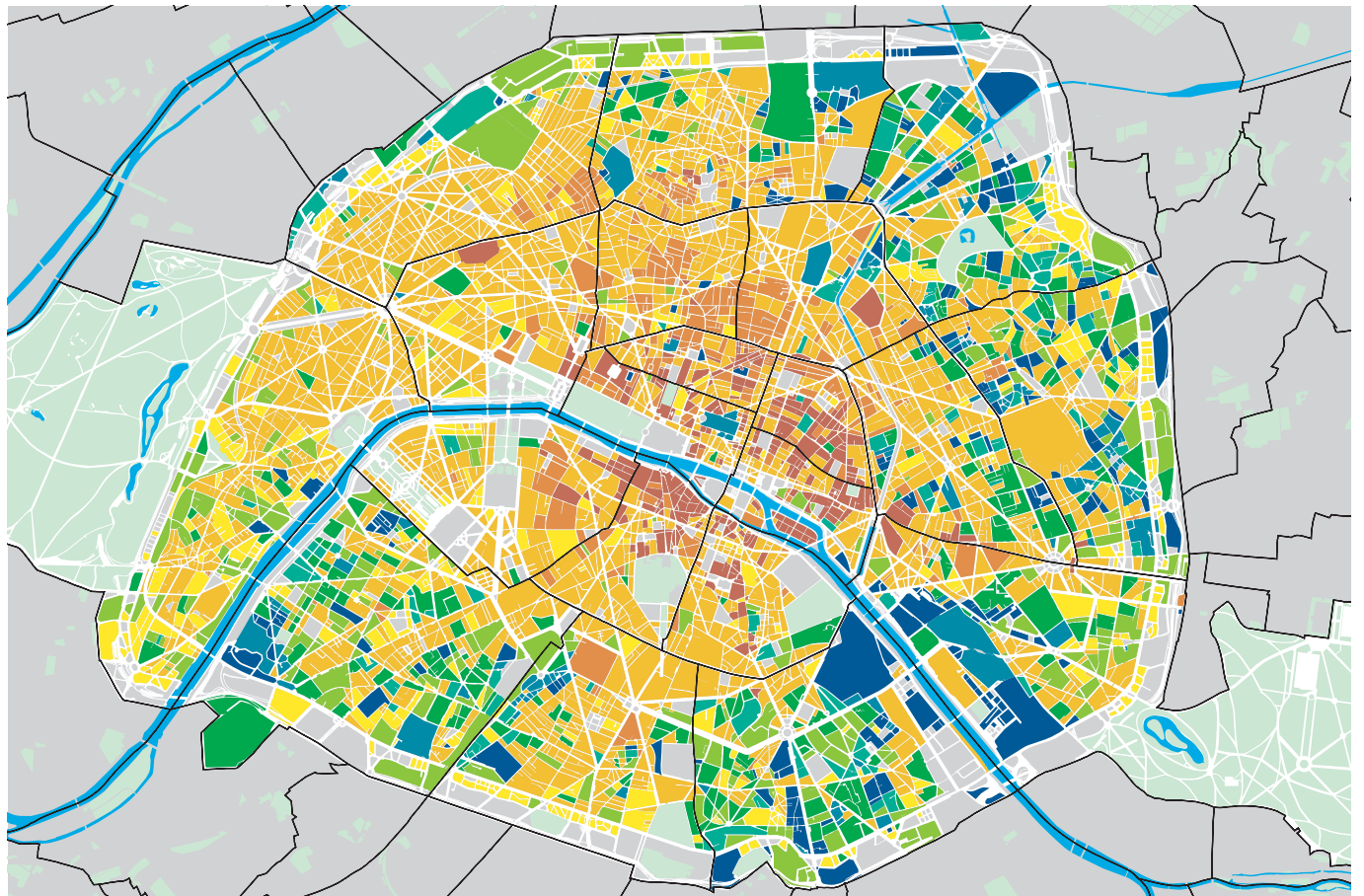
- des **grandes périodes historiques** qui marquent l'histoire urbaine : Révolution française, Révolution industrielle, Annexion des communes voisines, Guerre de 1914-1918, Guerre de 1939-1945, les Trente glorieuses et le Premier choc pétrolier de 1974...
- des **modifications de politique urbaine** : politique du préfet Haussmann, déclassement des fortifications, politique de rénovation de l'après guerre,

Carte 1

Datation des immeubles



Source: APUR 2007



carte1

arrêt des tours par Giscard d'Estaing en 1974...

- des **changements de réglementation des constructions** : 1803, 1859, 1902, le PUD de 1967, le POS de 1977 et sa modification en 1989
- des **modifications des normes de réglementation thermique** pour les périodes postérieures à la première réglementation de 1975

Afin de ne pas multiplier les périodes, ce qui aurait été probablement inutile en regard de la transformation, finalement assez lente, des modes de constructions, on a choisi, pour les périodes les plus anciennes, de reprendre le découpage établi par François Loyer ⁽²⁾ pour son étude sur le Paris du XIX^e siècle :

- 1^{re} moitié du 19^e qui s'achève avec l'avènement du second empire
- 2^e moitié du 19^e qui se poursuit jusqu'à la guerre de 1914-1918.

Pour le XX^e siècle, en revanche, nous nous sommes calés sur les périodes historiques qui sont en même temps celles des changements

- dans les manières de construire : passage de la pierre avant 1914 au béton après 1945, avec une dominante de la brique dans l'entre deux guerres
- dans les types architecturaux dominants : passage de l'immeuble mitoyen omniprésent au XIX^e siècle, à l'îlot ouvert de l'entre deux guerres, aux tours et aux barres des trente glorieuses et retour à la ville mitoyenne après 1977
- sur les dates de mise en place des normes thermiques qui évoluent par courtes périodes successives depuis 1975 et influencent directement les manières de concevoir l'enveloppe extérieure des bâtiments

Définition des archétypes par période

Avant 1800 :

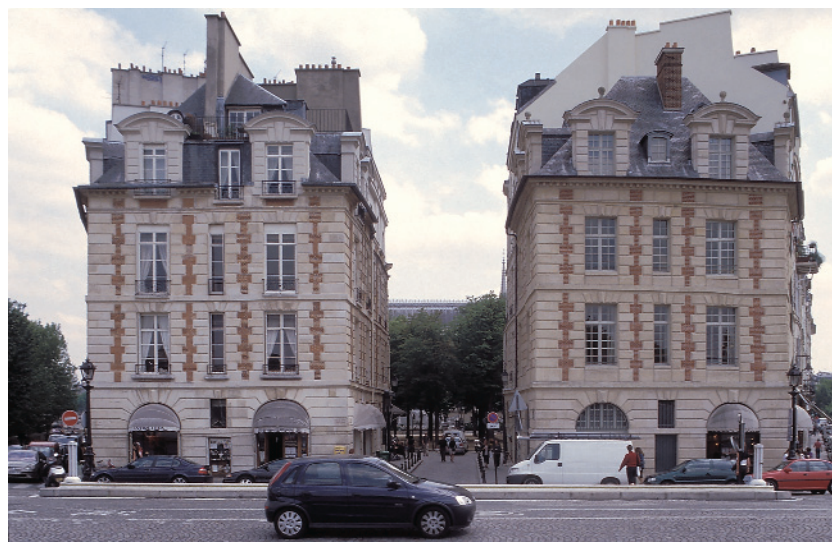
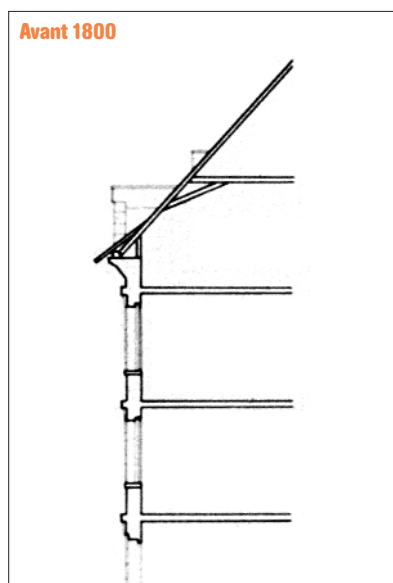
Cette première catégorie peut sembler à la fois « trop » vaste et « trop » hétérogène, toutefois la nature du bâti parisien la rend pleinement recevable.

Elle correspond en fait aux immeubles d'habitation bâtis avant la Révolution Française, au XVII^e et au XVIII^e siècle. En effet, le nombre d'immeubles antérieurs au XVIII^e siècle – aujourd'hui encore des habitations – est infime (seulement quelques dizaines) et ne peut avoir de réalité statistique. De plus, les immeubles d'habitation les plus anciens ont été fortement transformés et modernisés au XVIII^e siècle. Souvent, ils ont été surélevés par l'édification d'un mur de face à la place des lucarnes en pierre et leurs toitures à deux pentes ont été remplacées par des toitures mansardées. Au XIX^e siècle, c'est dans ces bâtiments anciens que viendront s'entasser les populations ouvrières, le bâti sera encore densifié par l'adjonction d'immeubles d'habitation dans les cours ou leur transformation en ateliers.

La configuration de l'immeuble parisien, immeuble de trois à quatre étages carrés sous comble, divisé en appartements desservis par un escalier collectif, est fixée à partir de 1600 et peut varier jusqu'au XIX^e siècle pour des raisons essentiellement réglementaires. L'Edit de 1607 interdit les encorbellements et porte à faux sur rue, l'ensemble des règlements de voirie pris à partir de cette date vont réitérer cette obligation d'édifier des façades verticales et plates ; l'alignement des constructions en bordure des voies est la règle ainsi que la mitoyenneté. Cette règle perdure tout au long des trois siècles suivants et la hauteur des immeubles, de 15 à 18 mètres va rester globalement la même jusqu'au règlement haussmannien.

Il en résulte une configuration du tissu urbain très repérable. Sur des parcelles profondes et étroites, les immeubles épais se serrent les uns contre les autres, à l'arrière de petites courtes de 2 à 6 mètres de large qui donnent un peu de jour.

(2) – L'étude de François Loyer « Recensement des édifices et des ensembles urbains du XIX^e siècle à Paris » est réalisée pour l'APUR entre 1975 et 1981, date à laquelle elle est publiée par l'APUR sous le titre « PARIS XIX^e siècle, l'immeuble et l'espace urbain ».



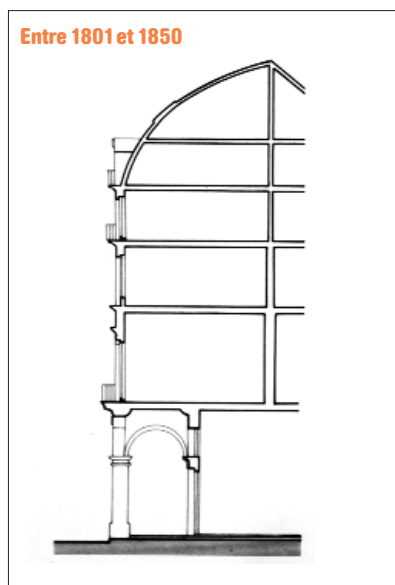
Pour autant, il n'existe pas durant ces deux siècles un type unique de construction. Un second se développe tout au long du XVII^e et du XVIII^e siècle, c'est celui de l'hôtel particulier, habitation aristocratique avec cour sur rue et jardin arrière ou, comme dans les lotissements du Marais ou de l'île Saint-Louis, une seule cour, assez petite, à l'arrière et un corps de bâtiment principal à l'alignement de la rue. Contrairement aux immeubles d'habitation « populaires » et « bourgeois » édifiés sur un parcellaire étroit, les hôtels particuliers sont bâtis sur des parcelles plus larges.

La plupart de ces hôtels particuliers ne sont plus aujourd'hui des immeubles d'habitation. Lorsqu'ils le sont restés, c'est souvent au prix de transformations intérieures qui les rapprochent finalement de la configuration de l'immeuble à appartements. Les hôtels particuliers encore habités comme des demeures familiales sont si peu nombreux qu'ils ne peuvent servir de référence.

De même les matériaux de constructions nobles, et notamment l'usage de la pierre de taille pour bâtir les murs de façades restent l'apanage des constructions les plus riches.

La majorité des immeubles antérieurs au XIX^e siècle qui sont parvenus jusqu'à nous sont construits dans des matériaux composites : pierre de taille en soubassement, linteaux, lucarnes, angle et entourage des fenêtres pour les plus bourgeois, maçonnerie de pierre et/ou torchis et pans de bois, linteaux et pieds droits de lucarnes en bois pour les plus pauvres. Dans tous les cas, la pierre est réservée à la façade noble et les façades sur cour sont presque toujours en torchis et pans de bois cachés derrière des plâtres. De même sur rue les façades sont plâtrées et enduites. C'est cet immeuble « bourgeois », bien bâti, qui a servi de modèle pour les calculs thermiques.

(3) - Loyer, 2. L'immeuble parisien, p. 69



Première moitié du XIX^e siècle : 1800 – 1850

La première moitié du XIX^e siècle sera la période de l'arrivée du chemin fer, des canaux et de la machine à vapeur et avec eux de l'industrie dans la ville. Paris s'agrandit, sa population augmente rapidement. Intra muros, les lotissements d'immeubles de rapport se multiplient. Les anciens enclos religieux vendus, puis devenus bien nationaux, offrent les emprises nécessaires. Les parcelles s'agrandissent, elles sont découpées régulièrement et leur taille, (de 300 à 600 m²) permet d'y édifier des immeubles de rapport, mitoyens, alignés sur rue, tous semblables, aux plans rationnels et bâtis simplement. Au delà de l'enceinte des fermiers généraux, le long des grandes voies d'accès à Paris une urbanisation continue de petits immeubles de deux à trois étages, se développe.

L'immeuble des grands lotissements est comme une « esquisse » de l'immeuble haussmannien. De quatre étages carrés au dessus du rez-de-chaussée, surmonté parfois d'un cinquième légèrement en retrait et d'un comble à lucarne, il s'aligne en série de longues façades, percées de fenêtres verticales aux trumeaux étroits. Les immeubles sont épais, les cours sont étroites et souvent communes, des courettes de 2 mètres de large donnent jour aux pièces de services et aux escaliers.

Les modes de construction changent peu, les maçonneries à pans de bois perdurent, surtout dans les quartiers populaires et la proche banlieue (celle qui sera annexée à Paris en 1861). Les façades sur rue sont plâtrées, les façades sur cour aussi. Seulement le long de quelques voies, rue de Rivoli, face au jardin des Tuileries ou rue Rambuteau, les façades sur rue sont en pierre de taille, mais sur cour et courette, quasiment jamais.

Du Second Empire à la Grande guerre 1851 – 1914

Du début du Second Empire à la guerre de 1914-1918, Paris va subir une transformation extrêmement profonde. La moitié des immeubles parisiens actuels furent construits durant cette période. Dans les arrondissements centraux, ils sont en général édifiés le long des nouvelles avenues percées dans le tissu urbain, Dans les communes annexées en 1861, qui vont devenir les arrondissement 12 à 20, l'urbanisation s'étend par succession de grands lotissements jusqu'à couvrir la plus grande part du territoire de certains de ces arrondissements.

Les règlements de construction édictés en 1852 puis en 1859 et la nécessité de bâtir beaucoup et vite incitent à une grande uniformité de l'architecture. Quatre ou cinq étages au dessus du rez-de-chaussée, surmonté d'un étage en comble,

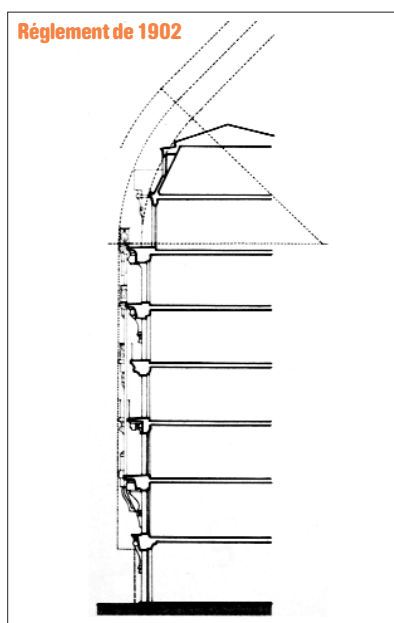
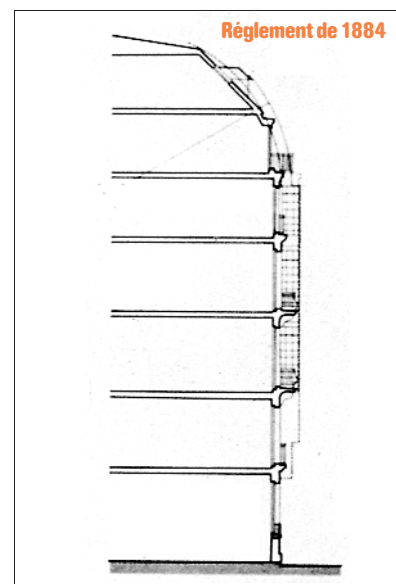
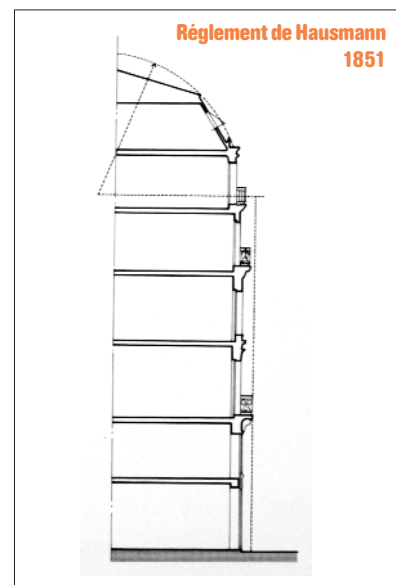
alignements sur rue et mitoyenneté des constructions. Les façades restent plates sans encorbellement ni saillie jusqu'en 1884, date à laquelle elles commencent d'être autorisés pour l'être tout à fait en 1902, au moment où le nombre d'étages cesse également d'être imposé et où la forme des combles se libère de l'étage unique.

Cours et courettes restent durant toute cette période de faible dimension, de 2 à 3 mètres de large, elles éclairent les pièces de services et les escaliers. L'immeuble haussmannien est épais, appuyé sur ses murs mitoyens, les îlots sont densément bâtis, aucune grande cour intérieure ou jardin ne vient aérer les intérieurs d'îlots. La forme des parcelles est extrêmement variable, imposée par l'angle que forme la nouvelle voie avec le découpage parcellaire antérieur.

Loyer, dans son étude, parle de «... la brutale mutation technologique qui affecte la construction de l'immeuble à partir du second empire»⁽³⁾. L'industrialisation de la coupe des pierres démocratise son emploi en même temps qu'il standardise ses dimensions, les murs de pierre d'une épaisseur de 40 à 45 cm constituent désormais la plus grande part de la construction des façades sur rue mais également assez souvent sur cour, même si l'emploi de maçonnerie plâtrée ou de mur de brique est courant sur cour, les murs mitoyens étant généralement édifiés en meulière. La plupart du temps le mur de façade s'amincit au fur et à mesure que l'on gravit les étages, pour n'être plus que de 25 ou 30 au dernier niveau. Seul l'intérieur est désormais plâtré. L'usage du bois diminue fortement au profit du métal. 1902 marque un tournant dans la manière de concevoir les façades, les matériaux se diversifient en même temps que les formes : terres cuites céramiquées, mosaïques, linteaux de métal, usage de plus en plus fréquent de la brique pleine comme maçonnerie de remplissage. La brique reste la marque de l'immeuble populaire et de l'habitat ouvrier. Son emploi s'accroît durant l'entre deux guerres.

1918 - 1939 : entre deux guerres s'édifie « la ceinture rouge »

Les fortifications de Paris sont déclassées en 1919, leur arasement commence alors pour faire place à la ceinture rouge, ensemble d'immeubles de logements qui entourent désormais Paris le long du boulevard des Maréchaux, Logements sociaux à l'est, au nord et au sud, leurs façades sont essentiellement en brique, immeubles de rapport à l'ouest, ils conservent des façades en pierre. D'autres opérations de même nature sont menées dans les arrondissements périphériques de Paris même si durant cette période le rythme des constructions chute fortement. Désormais les immeubles ne sont plus mitoyens



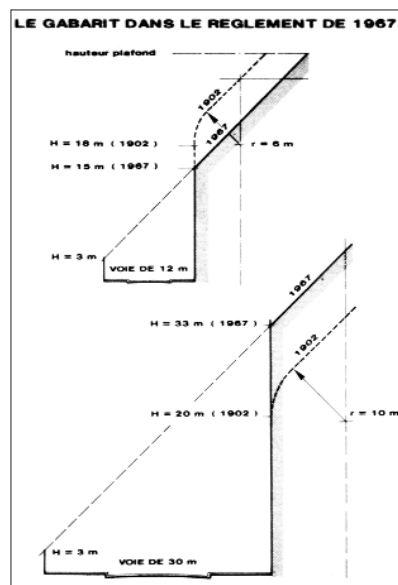
mais entourent de larges cours ouvertes sur rues où s'étirent de multiples redents le long de vastes passages qui s'enfoncent dans l'intérieur des îlots. Des hauteurs de six à sept niveaux au dessus du rez-de-chaussée sont habituelles. Les combles percés de lucarnes perdurent, ils peuvent désormais accueillir plusieurs étages de logement. Les manières de bâtir changent. Les murs de brique pleine dominent, alors que les premiers bétons apparaissent dans des soubassements, des linteaux et des colonnes ainsi que les premiers toits terrasses. Les façades s'ornent de bow-windows en saillie, les fenêtres s'élargissent, les portes fenêtres se multiplient

1945-1967 : les deux premières décennies des « Trente glorieuses »

Une longue période de rénovation de Paris commence dès l'après guerre. Dans les années cinquante et au début des années soixante, la construction reste globalement dans un cadre réglementaire semblable à celui de la période précédente. Même si les formes architecturales évoluent très vite vers les préceptes de l'architecture moderne, le modèle américain servant alors de référence, une architecture banale de façades de pierre à balcons filants (Roux-Spitz) pour l'habitat et façades de verre et panneaux préfabriqués pour les bureaux demeure. Dans tous les cas, les surfaces vitrées augmentent, sans souci d'économie d'aucune sorte et le toit terrasse devient la règle. Désormais les murs de façades ne sont plus porteurs. L'ossature des bâtiments, réseau de poteaux et de poutres en métal ou en béton, n'est plus basée sur la portance des murs, notamment des murs de face qui deviennent de simples remplissages entre les poutres, multipliant ainsi les ponts thermiques. Il est ainsi possible de diminuer la paroi jusqu'à ce qu'elle ne soit plus qu'une plaque de verre.

(4) - Plan d'Urbanisme Directeur.

PUD de 1967 (appliqué dès 1961)



Cette première période voit se développer des expérimentations audacieuses d'édifices en structure métallique et panneaux de remplissage préfabriqué (faculté de Jussieu, Tour Albert...) de plus en plus minces et de plus en plus vitrés.

L'immeuble non mitoyen est délaissé au profit du « plan libre » chaque fois que la configuration de la parcelle le permet. Ainsi, les immeubles, notamment lorsqu'ils sont organisés en « cités » ou en « résidences » sur des grandes parcelles, ont désormais quatre façades. Si les premiers immeubles de grande hauteur apparaissent, ils restent l'exception durant cette première période de l'après-guerre. Dans les arrondissements centraux, l'immeuble édifié en mitoyenneté sur rue reste le plus courant car la configuration du parcellaire permet rarement d'y échapper. En revanche, dans la profondeur des parcelles, l'implantation des bâtiments est désormais inverse des manières de bâtir anciennes. Les immeubles sont généralement édifiés au centre de la parcelle sans adossement aux limites parcellaires.

Cette période de rénovation va se poursuivre jusqu'au premier choc pétrolier de 1974 qui va marquer un coup d'arrêt brusque aux grandes opérations d'aménagement que sont « Italie 13 », « Front de Seine », mais aussi les opérations de création de radiales autoroutières « Vercingétorix », « Flandre »...

Dans cette période faste de la construction que l'on appelle « les Trente glorieuses », 1967 marque un tournant. C'est l'année de l'adoption officielle du PUD (4) qui, bien qu'appliqué par anticipation depuis 1961 dans plusieurs domaines, met en oeuvre une nouvelle réglementation des constructions radicalement différente des précédentes, et autorise notamment les immeubles de grande hauteur à Paris.

1967 - 1975 : la domination du béton

Les grandes opérations de rénovation, qui projettent la construction d'ensembles de barres et de tours sur des dalles de un à deux niveaux accueillant parkings et centres commerciaux, commencent au milieu des années soixante et sont à leur apogée à la fin des années soixante. Elles s'arrêtent globalement en 1975 même si quelques tours du Front de Seine ou les tours des Orgues de Flandre sont encore bâties dans les trois années suivantes.

Le béton devient le matériau dominant, les expérimentations de structures métalliques sont abandonnées en même temps que les façades en pierre. Enduit, parementé de briquettes, de plaques de pierre mince ou doublé de béton architectonique préfabriqué, d'une épaisseur de 15 à

17 cm pour la structure des immeubles bas et de 25 cm pour celle des tours, il est généralement plâtré ou parementé également à l'intérieur mais très rarement doublé d'un isolant. Seuls les toits terrasses sont flanqués d'une épaisseur de 8 à 10 cm de laine de verre afin d'assurer un semblant d'isolation thermique. Ponts thermiques et façades minces sont monnaie courante, notamment dans les immeubles de grande hauteur.

1975-1981 : les premières années de la réglementation thermique

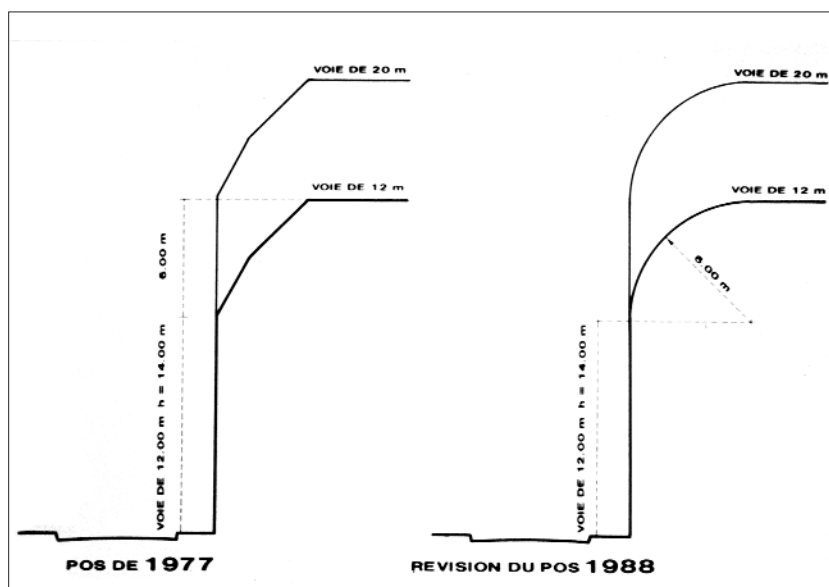
À partir de 1975, la politique urbaine amorce un tournant brusque. Les grandes opérations de rénovation urbaine sont arrêtées, les programmes d'autoroutes à travers Paris aussi. Le nouveau Plan d'Occupation des Sols est en préparation et appliqué par anticipation ⁽⁵⁾, il remet à l'ordre du jour les constructions mitoyennes, le nouveau plafond des hauteurs ne permet plus de faire des immeubles dépassant 7 à 8 étages. Cependant, dans la profondeur des parcelles, le règlement continue de préconiser la construction au centre des terrains en interdisant l'adossé au mitoyen, cette disposition restera en vigueur jusqu'à la révision du POS de 1989. Si la forme des immeubles change alors radicalement, apportant une amélioration des performances thermiques des immeubles du fait du retour à l'implantation en mitoyenneté, les normes nouvellement édictées restent peu appliquées et la mode des bâtiments chahutés continue de les rendre peu performants.

1982 - 1989 : une amélioration de la qualité des constructions

Durant cette période, on assiste à Paris à une nette amélioration de la qualité des constructions. La plus grande part des constructions de logements est regroupée dans les ZAC. Là se développe une nouvelle manière de composer les îlots ; les constructions sont moins denses qu'elles ne le furent durant la première moitié du xx^e siècle, de grandes cours organisent les bâtiments à l'intérieur des îlots. Les concours d'architecture se multiplient, notamment pour la construction des programmes d'habitat social qui bénéficient d'un plus grand soin apporté aux matériaux employés, aux finitions et à l'isolation thermique et phonique de 8 cm d'isolant protégé par un placoplâtre double désormais l'intérieur des murs de béton, de maçonnerie de parpaings ou de briques creuses, le double vitrage se développe.

1990 - 1999 : réhabilitation des ensembles de logements sociaux

La tendance amorcée durant la période précédente se confirme. En même temps, un mouvement de réhabilitation des ensembles de logements sociaux de l'entre deux guerres et des



années 1960 se développe pour améliorer leur confort et leur isolation phonique et thermique. Changements des menuiseries de façade pour installer des doubles vitrages, contre cloisons isolantes intérieures pour les HBM, isolation extérieure pour les barres de logement des années soixante. Les tours en revanche ne bénéficient pas de cette politique de réhabilitation.

2000 et après : renforcement des normes thermiques

Au cours de cette nouvelle période de renforcement des normes thermiques (loi SRU, RT 2005 et RT 2010), les immeubles commencent à changer d'allure. En effet, la réduction du pont thermique passe par l'isolation extérieure, développant ainsi des façades composées de grands panneaux obtenus grâce à toutes sortes de matériaux nouveaux, favorisant les dédoublement de façade et porosité des corps de bâtiment.

(5) - Le POS appliqué par anticipation à partir de 1974 est officiellement adopté en 1977

Périodes	Nombre de bâtiments par période (mai 2007)	Pourcentage de bâtiments par période	nombre de bâtiments cumulés	Pourcentage de bâtiments cumulés
Avant 1800	8 807	10 %	8 807	10 %
1801 – 1850	13 610	15 %	22 417	25 %
1851 – 1914	42 588	49 %	65 005	74 %
1918 – 1939	7 605	9 %	72 610	83 %
1945 – 1967	4 336	5 %	76 946	88 %
1968 – 1975	2 941	3 %	79 887	91 %
1977 – 1981	1 572	2 %	81 459	93 %
1982 – 1989	1 673	2 %	83 132	95 %
1990 – 1999	3 292	4 %	86 424	99 %
2000 et plus	1 273	1 %	87 697	100 %
Non daté	12 196			
Total	99 893		99 893	

MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DU BÂTI PARISIEN

• CALCUL DES DÉPERDITIONS THERMIQUES

Le comportement thermique d'un bâtiment s'établit sur la base de ses principaux paramètres physiques et en particulier ses dimensions, les matériaux qui composent les murs, l'ensevelissement et la part de mitoyenneté.

Pour traiter tout Paris dans son ensemble, soit 96 000 bâtiments de logements, ce calcul de déperditions thermiques a été automatisé en mettant au point un modèle qui effectue le calcul pour chaque bâtiment.

• LA PERFORMANCE DES ENVELOPPES

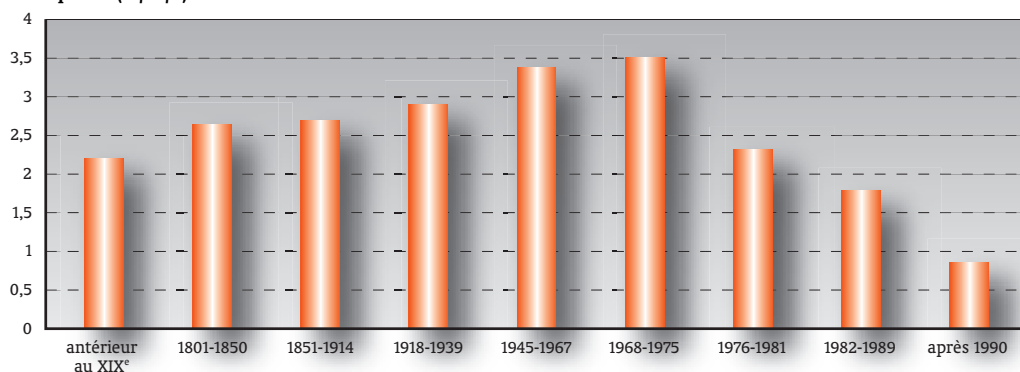
La date de construction des bâtiments permet d'évaluer la performance des parois. Un tableau indiquant de manière synthétique les paramètres de constructions pris en compte pour chaque période historique a été établi (voir page 20). Il permet de calculer le coefficient U qui donne la performance thermique des enveloppes des bâtiments en fonction de leur date de construction (plus U est élevé, moins les parois sont performantes).

On distingue 3 périodes :

- **Avant 1945** : Tous les bâtiments qui précèdent la deuxième guerre, soit 79 % du parc, ne sont pas très performants (à cause de la pierre ou de la brique), mais les déperditions restent raisonnables car les méthodes constructives génèrent peu de ponts thermiques et les surfaces de vitrages restent faibles.
- **1945 - 1975**: La construction de l'après guerre correspond à la période de construction la moins

Performances des enveloppes

Uparois (W/m²/K)



performante, on a construit selon des méthodes mal maîtrisées et particulièrement « énergivores » : les murs sont peu épais, le béton est utilisé systématiquement, les surfaces de vitrages sont importantes, les ponts thermiques ne sont pas traités, etc.

- **Après 1975**: l'isolation fait son apparition de façon systématique et les exigences des différentes réglementations thermiques renforceront les performances des bâtiments au fil du temps.

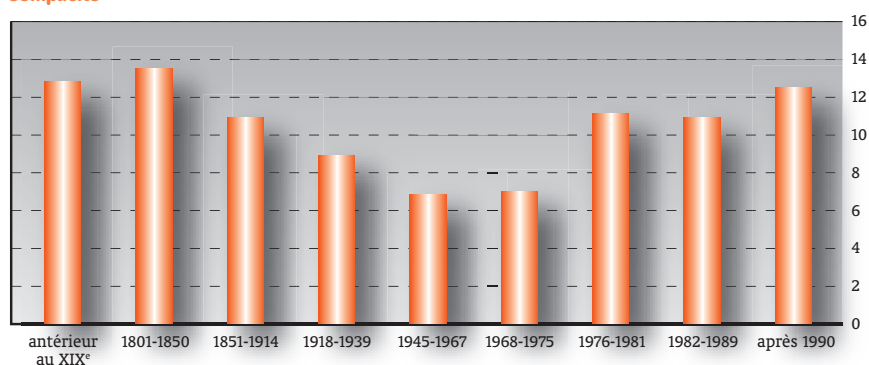
• LA PERFORMANCE DE LA FORME URBAINE

Les pertes thermiques des bâtiments dépendent aussi de la compacité de la forme urbaine. La compacité traduit la capacité d'une enveloppe à contenir un volume maximal, elle est exprimée comme le rapport adimensionnel entre la surface d'enveloppe et le volume qu'elle contient.

Soit c la compacité, S la surface d'enveloppe et V le volume, on a :

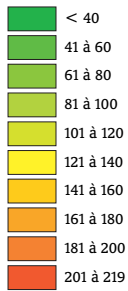
$$c = \frac{S}{V^{2/3}}$$

Compacité

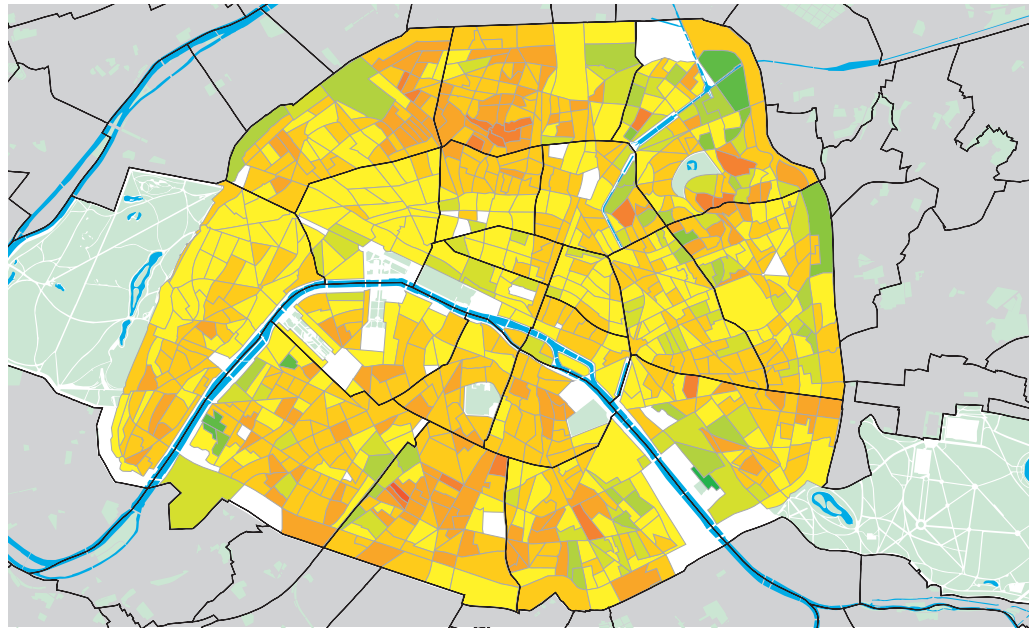


Carte 2

Besoins de chauffage en kWh/m²/an



Source: Apur 2007



• **CALCUL DES BESOINS**

Les informations typologiques données par la date de construction sont croisées pour chaque immeuble avec un certain nombre de paramètres morphologiques :

- hauteur de l'immeuble
- orientation et effet de masque (qui déterminent les apports solaires passifs gratuits)
- mitoyenneté (c'est-à-dire la part des murs qui ne donnent pas sur l'extérieur)

Avec tous ces paramètres, un calcul de déperditions thermiques est effectué en se basant sur une méthode simplifiée, utilisée aujourd'hui pour les « diagnostics de performance énergétique » des bâtiments. On aboutit à un « besoin énergétique » pour chaque immeuble, il s'agit d'une valeur théorique correspondant à l'énergie dont il faut disposer pour garder le bâtiment à 19°C durant toute la période de chauffage. Le modèle est calqué sur les algorithmes de la réglementation thermique de 1989. Les règles de calcul, fort simples, requièrent peu de variables et peuvent, moyennant quelques adaptations, se décliner de façon automatique sur des parcs de logements assez volumineux. Elles ont été appliquées aux 96 000 bâtiments parisiens de logements. Les résultats sont synthétisés dans la carte 2 « Besoins de chauffage en kWh/m²/an » et représentés à l'IRIS (ensemble d'environ 2 000 habitants).

Règles générales

La méthode de calcul retenue, effectue un calcul de besoin théorique pour chaque bâtiment, selon les règles générales exposées ci-dessous. Soit GV le coefficient thermique de déperdition (en W/K) :

$$GV = DP + DR \quad (1)$$

où DP : déperditions par les parois
et DR : déperditions par renouvellement d'air

Calcul de DP :

$$DP = \sum_i A_i U_i + \sum_k L_k \Psi_k \quad (2)$$

où :

- Ai est l'aire intérieure de la paroi i de l'enveloppe du bâtiment, en m²
- Ui est le coefficient de transmission thermique de la paroi i de l'enveloppe en W/m²/K
- Lk est le linéaire du pont thermique de la liaison k, en m
- Ψk est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique de la liaison k

Calcul de DR :

$$DR = 0,34 \times Vh \times Q_v \quad (3)$$

où :

- 0,34 : représente la chaleur volumique de l'air, en Wh/m³/K
- Vh : le volume habitable
- Qv : la ventilation du logement

Pour approcher les besoins théoriques de chauffage, le coefficient GV est minoré des apports thermiques gratuits dus à l'insolation des parois vitrées et des apports internes liés à l'occupation des locaux.

Soit BV le coefficient de besoins annuels de chauffage, on a :

$$BV = GV(1 - F) \text{ , avec } F = \frac{X - X^n}{1 - X^n}$$

$$\text{pour } X = \frac{22,9 \times Sh + 410 \times Sse}{GV \times DH} \quad (4)$$

où :

22,9 : apports internes en kWh/m²

Sh : représente la surface habitable, en m²

410 : l'insolation verticale à Paris en kWh/m²

Sse : la surface transparente sud équivalent du logement, en m²

DH : il s'agit des degrés heures de chauffage donnés par :

$$DH = \int_0^N (t_i - t_e) dN$$

où N est le nombre annuel de milliers d'heure de chauffage.

À Paris $DH = 62.10^3 Kh$

Les besoins annuels Bch de chauffage sont donnés par :

$$Bch = BV \times DH \text{ (en kWh/an) (5)}$$

La déperdition

Le calcul théorique des besoins est effectué à chaque fois pour un étage carré et un étage de comble (ou dernier étage), le besoin global de l'immeuble est déduit par addition des besoins de chaque étage.

L'Apur possède un plan informatique des bâtiments parisiens. Il s'agit en quelque sorte d'un plan « intelligent » puisque chaque bâtiment est représenté par un dessin vectoriel et une série d'informations qui lui sont propres (par exemple la date de construction de l'immeuble), on parle de SIG (Système d'Informations Géographiques). Toute la difficulté de l'exercice consiste à créer les informations qui permettront de mener à bien le calcul de comportement thermique du bâtiment.

Les informations créées sont en premier lieu la longueur des périmètres déperditifs (périmètre sur rue et périmètre sur cours) et les périmètres non déperditifs (les périmètres mitoyens), voir exemple ci-contre.

Le bâtiment figurant en photo est un bâtiment construit entre 1918 et 1939.

Cette information permet de déduire un certains nombres de paramètres morphologiques inhérents à construction de la période. Les murs par exemple sont en brique, et sont recouverts d'un enduit à l'intérieur. Les épaisseurs sont standardisées : 33 cm de murs pour 3 cm d'enduit. Durant la période ces caractéristiques se retrouvent à la fois sur cour et sur rue (le modèle prévoit une distinction entre cour et rue lorsque cela nécessaire).

Le schéma ci-contre illustre la décroissance de température pour ce type de mur dans le cas où la



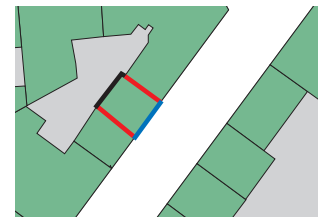
Les périmètres

Périmètres non déperditifs
mitoyen

Périmètres déperditifs

rue

cour

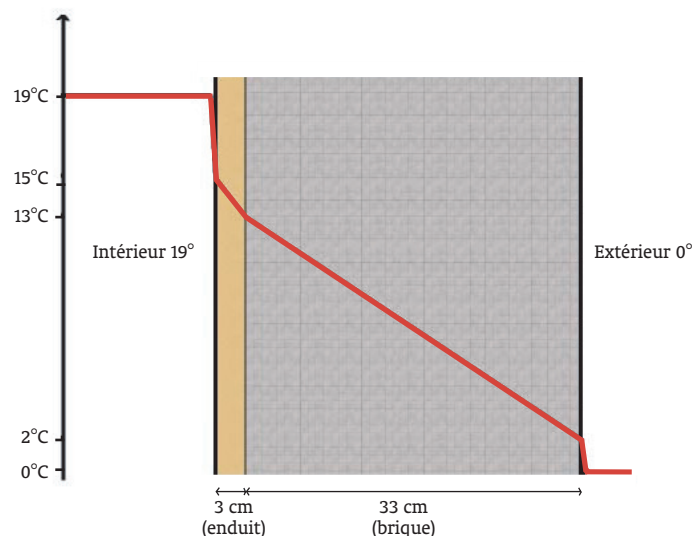


température intérieure est de 19 °C et l'extérieur de 0 °C. Cet exemple illustre le fameux effet de « paroi froide » symptomatique des immeubles non isolés.

Les surfaces de vitrages sont elles aussi considérées comme dépendantes de la période, entre 1918 et 1939 on considérera que le taux de vitrage (le rapport entre la surface de vitrages et la surface déperditive totale) est de 40 %.

Le taux de vitrage est décomposé en 2 termes car les vitrages rencontrés à Paris sont de deux types : simples ou doubles. Les enquêtes de terrains ont montré que le taux de pénétration du double vitrage est de 30 % sur Paris pour la période 1918-1939. Ce chiffre, retenu par défaut dans les calculs, peut connaître quelques exceptions. Par exemple dans le cas des logements sociaux le chiffre a été relevé à 100 %.

Décroissance de la température pour un mur de «HBM»



Les fichiers de la Direction Générale des Impôts donne le nombre d'étages et de combles par immeuble. Cette donnée permet de finaliser une représentation en 3 dimensions des immeubles. Par soucis de simplification les toitures sont considérées comme « plates » dans les calculs.

La chaleur s'échappe aussi via les « ponts thermiques », il s'agit principalement des discontinuités créées par les planchers et les façades :
Soit h la hauteur d'un étage carré, l le périmètre sur rue, l' le périmètre sur cours.
La longueur du pont thermique considérée pour cet étage vaut :

$$4h+2l+2l'$$

Ces étapes de calcul permettent de mener à bien l'équation (2) pour tous les bâtiments.

Les principales hypothèses morphologiques sont récapitulées dans le tableau ci-dessous.

Les apports solaires

Les bâtiments reçoivent de la chaleur directement par le soleil. On considère que cette chaleur n'est transmise que via les parois transparentes, à savoir les vitrages.

Les apports solaires dépendent d'un grand nombre de paramètres :

- la latitude et la longitude du lieu étudié
- la date à laquelle on étudie l'ensoleillement
- l'orientation de la façade par rapport au sud
- les effets d'obstruction créés par la proximité d'autres édifices

Paris est situé à la latitude 49° Nord et à la longitude 2° Est. Ces données permettent de connaître la trajectoire du soleil pour une façade orientée au Sud tout au long de l'année et aux différentes heures.

L'énergie solaire à Paris varie tout au long de l'année. Sur la période qui nous intéresse (d'octobre à avril), l'énergie solaire reçue est

$$E = 410 \text{ kWh/m}^2$$

pour une paroi verticale orientée au sud. On ne détaillera pas ici la détermination de cette valeur, elle fait intervenir un grand nombre de paramètres. Outre le rayonnement incident direct représenté sur le diagramme ci-contre, ce terme prend en compte le rayonnement diffus (la part du rayonnement diffusé dans toutes les directions par l'air) et le rayonnement réfléchi. La présence ou non d'une couverture nuageuse est elle aussi prise en compte (on parle de « nébulosité »).

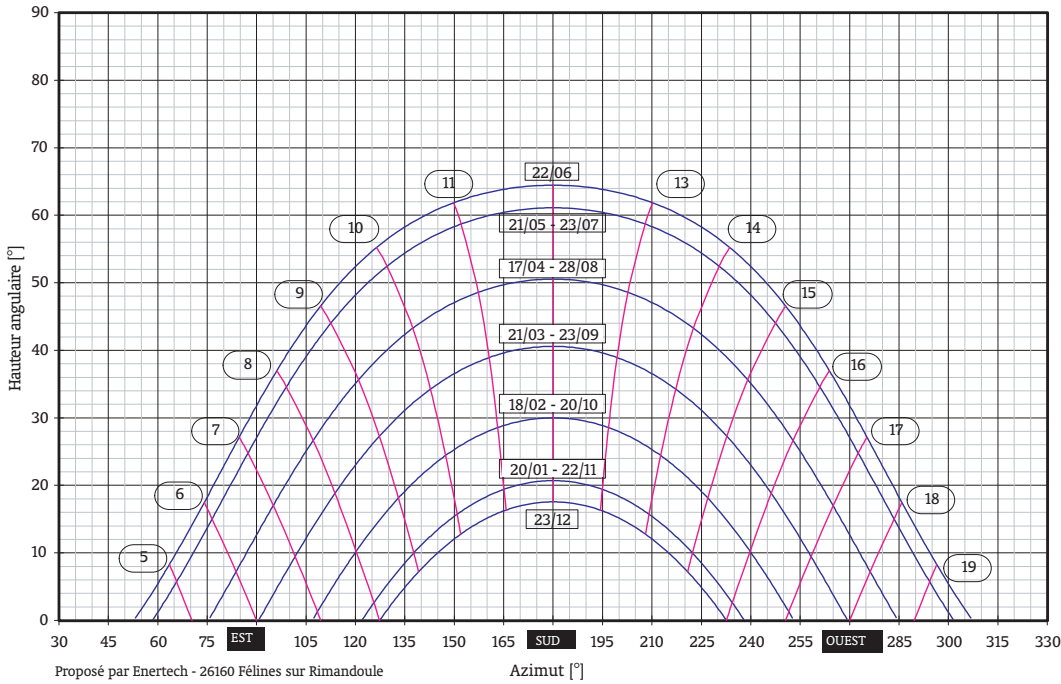
Perméabilité thermique des parois

	U murs (W/m ² /K)	Composition des murs				Taux de vitrage	Taux de double vitrage	Conductance vitrages (W/m ² /K)		Uparois (W/m ² /K)	
		enduit conductivité (W/K/m)	épaisseur (m)	calcaire tendre conductivité (W/K/m)	épaisseur (m)			Simple	Double		
antérieur XIX ^e	rue	1,75	0,9	1,05	0,35	20 %	30 %	4,95	2,4	rue	2,24
	cours	1,91	0,9	1,05	0,3					cours	2,37
1800-1850	rue	1,91	0,9	1,4	0,4	30 %	30 %	4,95	2,4	rue	2,59
	cours	2,22	0,9	1,4	0,3					cours	2,81
1850-1914	rue	2,01	0,9	1,7	0,5	30 %	30 %	4,95	2,4	rue	2,66
	cours	2,42	0,9	1,7	0,3					cours	2,95
1918-1939	rue	2,09	0,9	1,2	0,33	40 %	30 %	4,95	2,4	rue	2,93
	cours	2,09	0,9	1,2	0,33					cours	2,93
1945-1967	rue et cours	2,8	0,9	1,75	0,25	40 %	30 %	4,95	2,4	rue et cours	3,35
1968-1974	rue et cours	2,8	0,9	1,75	0,25	50 %	30 %	4,95	2,4	rue et cours	3,49
1975-1981	rue et cours	1,8				50 %	100 %		2,8	rue et cours	2,3
1982-1989	rue et cours	1,15				40 %	100 %		2,8	rue et cours	1,81
après 1990	rue et cours	0,65				40 %	100 %		1,2	rue et cours	0,87

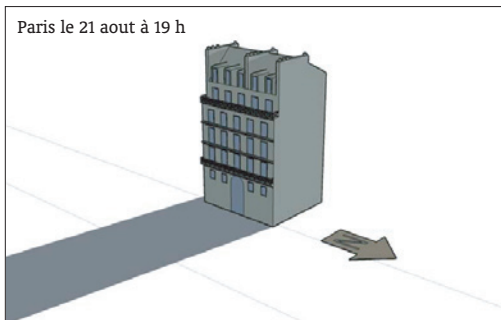
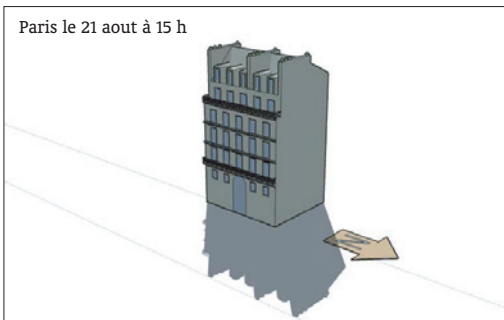
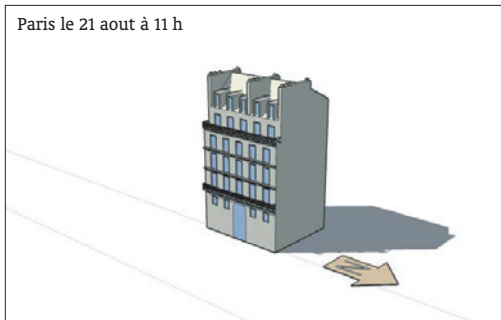
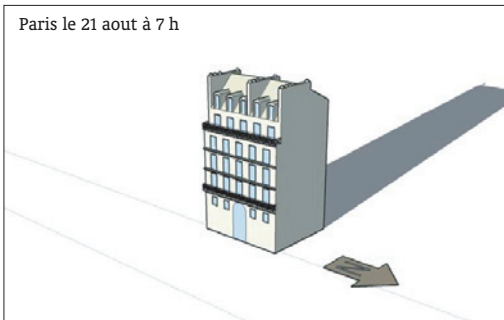
établi selon la composition de murs

établi selon les normes RT

TRAJECTOIRES DU SOLEIL (Latitude = 49 °N)



APPORTS SOLAIRES



Reprenons le terme des apports solaires de l'équation (4) :

$$As = 410 \times Sse$$

Cette équation se décompose en :

$$As = 410 \times Svitr \times Fts \times Fei \times C1$$

où :

Svitr : est la surface de vitrages en m²

Fts : le facteur de transmission solaire de la paroi.

On considère que les vitrages laissent passer 50 % du rayonnement incident. On considérera de plus que 15 % du rayonnement ne passe pas à cause

des obstructions créés par exemple par les rideaux. La valeur globale retenue est donc $Fts = 0,5 \times 0,85$

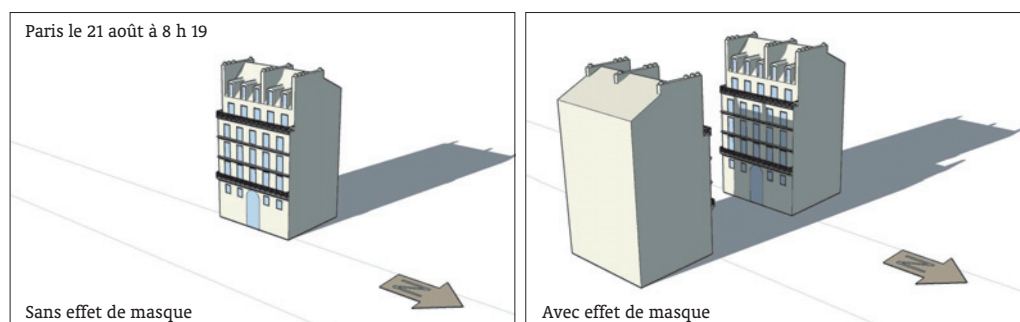
C1 : ce coefficient traduit le fait que la paroi considérée peut ne pas être orientée au sud et donc ne bénéficie pas d'une insolation maximale.

Les valeurs du coefficient sont détaillées ci-dessous :

	C1
Sud	1
Sud-est / sud-ouest	0,86
Est / ouest	0,55
Nord-est / nord-ouest	0,3
Nord	0,2

Fei : traduit le fait que le rayonnement solaire peut être obstrué par les constructions avoisinantes. Le coefficient dépend du type de voie (rue, boulevard, avenue, etc.) et de la règle de prospect suivie. Cet effet est appelé « effet de masque ».

EFFET DE MASQUE

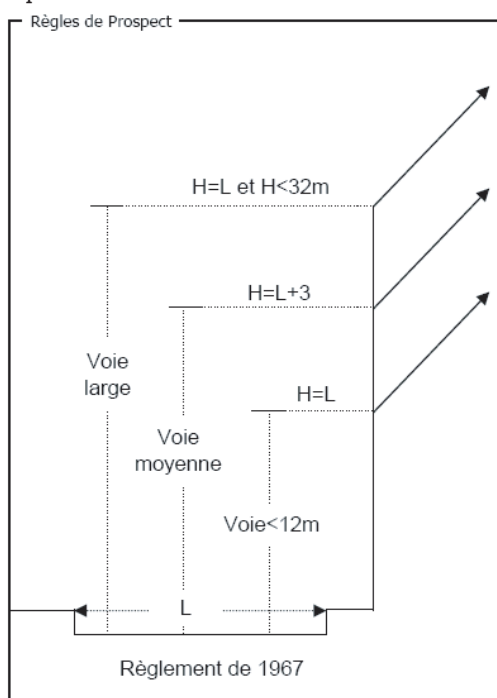


L'effet de masque dépend en premier lieu de la largeur de la voie. Pour simplifier ont été retenus 5 cas possibles de types de voies :

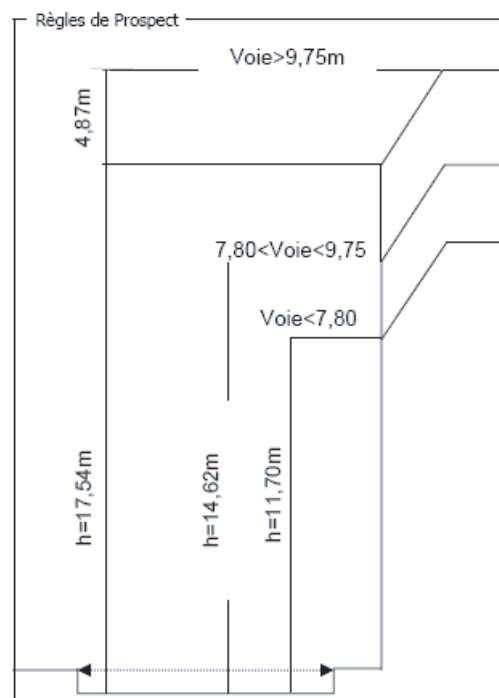
Dénomination	Largeur en m	Cas de prospect	Dénomination	Largeur en m	Cas de prospect
allée	12	1	ruelle	12	1
avenue	18	3	cours	12	1
boulevard	> 20	5	route	25	2
cour	12	1	sentier	12	1
impasse	12	1	villas	12	1
passage	12	1	carrefour	18	3
place	20	4	cité	12	1
quai	> 20	5	cour	12	1
rue	15	2	cour	12	1
square	15	2	esplanade	> 20	5
port	> 20	5	terrasse	> 20	5

L'effet de masque dépend aussi de la hauteur des constructions. Il y a une corrélation forte entre la largeur de la voie et la hauteur des bâtis la bordant. La règle suivie s'appelle le prospect. Pour simplifier, on a retenu deux cas de prospects selon la date de construction de l'édifice :

Après 1967



Avant 1967 :



De ce qui précède on déduit le tableau suivant donnant les différentes valeurs du coefficient Fei en fonction du type d'avenue, des cas de prospect et d'orientation (donnée par rapport au sud) :

Avant 1967

Orientation	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Ensoleillement
0	0,85	0,82	0,79	0,62	0,65	11h
45	0,81	0,77	0,75	0,60	0,61	8,5h
90	0,69	0,67	0,65	0,52	0,54	6h
135	0,85	0,84	0,83	0,77	0,78	2,5h
180	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	

Après 1967

Orientation	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Ensoleillement
0	0,45	0,55	0,53	0,45	0,45	11h
45	0,46	0,52	0,51	0,46	0,46	8,5h
90	0,43	0,47	0,46	0,43	0,43	6h
135	0,71	0,74	0,74	0,71	0,71	2,5h
180	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	

La ventilation

La ventilation des logements dépend de leur période de construction. Avant la première réglementation thermique, la ventilation est naturelle, l'air est renouvelé par les « fuites » (la mauvaise étanchéité du logement) et les ouvertures des portes ou des fenêtres par les occupants. Sur ce sujet, la valeur retenue par le diagnostic de performance énergétique relève d'une vision très pessimiste, puisque la valeur préconisée est au mieux de 1,03 volume par heure. Cette valeur n'a pas été retenue ici car elle conduit à surestimer fortement les consommations des logements anciens. On a procédé à des études de cas réels et on est arrivé à la conclusion que la valeur de 0,5 correspond mieux à la réalité des consommations. Notons que cette dernière valeur est confortée par d'autres études (Enertech notamment). Pour les périodes plus récentes, la ventilation est en effet mécanique et varie de 0,41 à 0,74 en fonction des exigences des différentes réglementations thermiques.

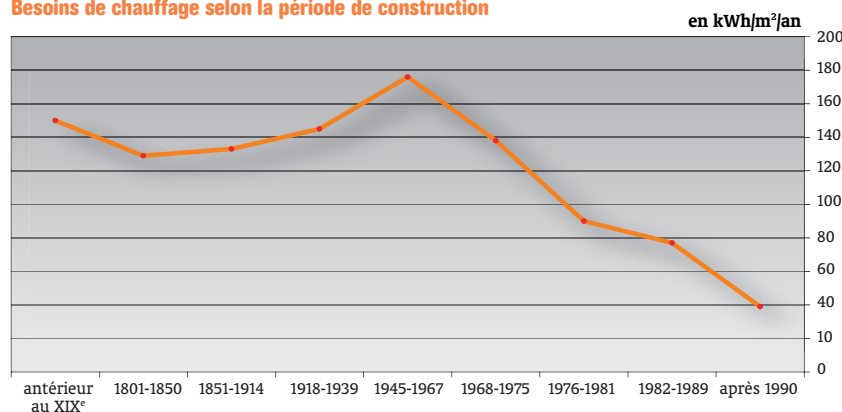
Calcul des équations

Su la base de ces considérations, le calcul des équations (1) à (5) peut alors être produit. On notera que les surfaces habitables retenues sont les emprises au sol affectées d'un coefficient 0,8 (place occupée par les murs et les parties communes). Il en va de même pour le volume chauffé. Le besoin théorique de l'immeuble est ensuite divisé par la surface habitable pour s'exprimer en kWh/m²/an.

Dans le cas d'un immeuble de type HBM à Paris, le besoin est aux alentours de 150 kWh/m²/an.

Afin de conforter les calculs, des îlots types ont été étudiés (voir annexe 1) illustrant les grandes périodes de construction à Paris. Les résultats sont synthétisés dans le graphique ci-dessous.

Besoins de chauffage selon la période de construction



Les règles de calcul utilisées ne sont valables que pour une occupation résidentielle des immeubles. Or la mixité résidentiel/tertiaire est très généralisée à Paris. Pour aboutir au nombre total de kWh/an dissipés dans les logements pour le chauffage, il convient de retirer du calcul les surfaces occupées par le tertiaire. Cette donnée est partiellement disponible grâce aux données de l'INSEE puisque, pour chaque IRIS, on aboutit à des tranches de surfaces par dates de construction. Cette donnée peut être reconstituée par croisement avec les données disponibles de la Direction Générale des Impôts.

La quantité totale d'énergie théoriquement dissipée pour le chauffage des résidences principales s'élève à **9 TWh/an**. La répartition géographique de ce total est donnée par la carte de besoin (voir carte 2). La valeur effectivement consommée est en réalité de **11 TWh/an**, ce point est explicité page suivante.

• LES CONSOMMATIONS RÉELLES DE CHAUFFAGE

On notera que la carte des besoins de chauffage à Paris ne correspond pas à la réalité des consommations d'énergie à Paris pour le chauffage, il s'agit en effet uniquement d'une part de ce total, celle liée à la qualité de l'enveloppe des bâtiments et à la morphologie urbaine (la mitoyenneté).

Pour approcher la réalité des consommations de chauffage à Paris, il convient en outre d'intégrer la connaissance de la répartition des types d'énergie de chauffage. L'information est disponible dans le recensement général de la population de 1999 de l'INSEE. Les deux énergies principales à Paris sont l'électricité et le gaz (voir graphique 8). Le charbon et le bois sont quasi inexistants. La répartition géographique de ces énergies donne les cartes suivantes (voir série de cartes 3).

Pour passer de la carte des « besoins théoriques » de chauffage à la carte des consommations réelles de chauffage (carte 4), la connaissance des équipements de chauffage à Paris est ensuite intégrée (série de cartes 3), et un coefficient comportemental propre à chaque énergie déduit des fichiers réels des grands fournisseurs d'énergie à Paris,

principalement : EDF, GDF, CPCU.

Ce coefficient comportemental est essentiel, il traduit l'attitude des consommateurs d'énergies et leur capacité à faire ou non des économies selon les types d'énergie qu'ils utilisent.

Les parisiens consomment en moyenne pour leur chauffage 10 000 kWh d'énergie finale par résidence principale, cette valeur est inférieure d'un tiers à la valeur nationale. Cet écart important traduit le fait que la forme urbaine parisienne est énergétiquement très performante car très compacte et très en hauteur (quasiment exclusivement composée d'immeubles collectifs et non pavillonnaires). Même si Paris est constitué à 90 % d'immeuble antérieurs à la première réglementation thermique, et donc avec des façades peu performantes, cet effet est ainsi largement compensé par la densité bâtie.

La comparaison des niveaux de consommation selon le type d'énergie aboutit aux résultats suivants (voir tableau 1).

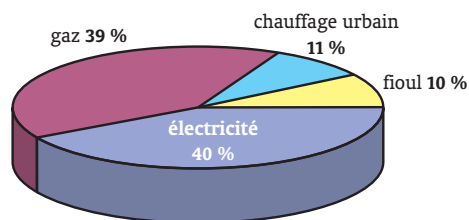
La colonne « consommation théorique » est la valeur prévue par le calcul en ne prenant en compte que les performances thermiques des bâtiments et le rendement des équipements de chauffage, la colonne « consommations réelles »

TABLEAU 1

	Consommations théoriques (kWh/m ² /an)	Consommations réelles (kWh/m ² /an)
électrique	174	86
CPCU	203	262
gaz individuel	276	159
gaz collectif	242	247
fioul (collectif)	256	216 ⁽⁶⁾

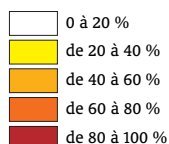
Graphique 8

Équipements de chauffage des résidences principales parisiennes (Insee 1999)



Carte 3

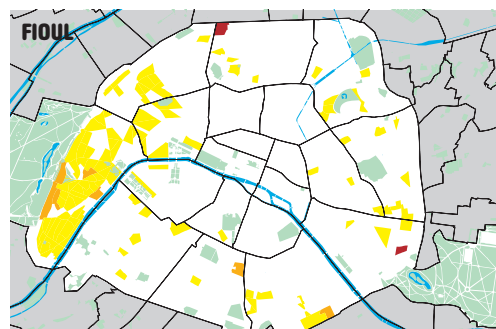
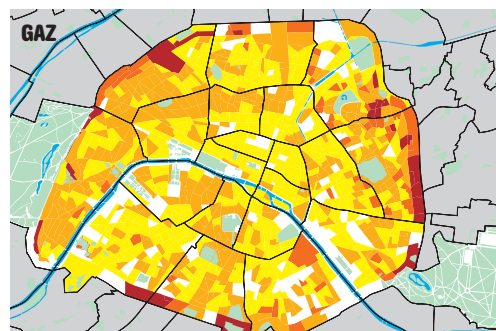
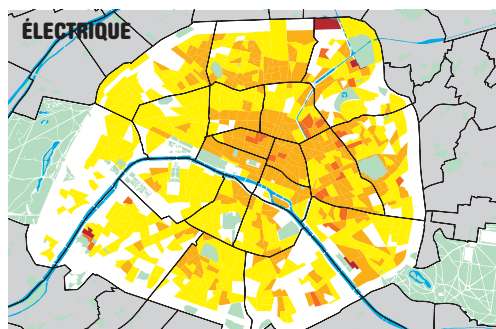
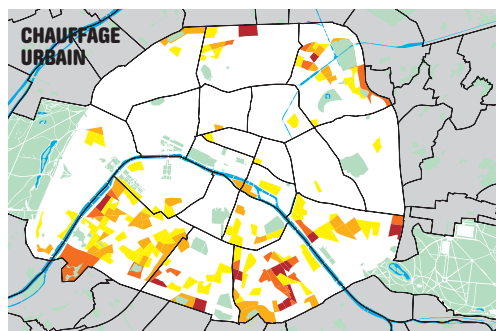
Équipements de chauffage des résidences principales parisiennes



espaces verts et sportifs, cimetières...

Ne sont représentés que les IRIS comportant plus de 50 logements

Sources: Recensement de la population 1999, Insee



(6) - La distribution du fioul n'étant pas centralisée comme celle du gaz, de l'électricité ou de la CPCU, le chiffre mentionné ici, repris de l'étude CEREN, est peut-être sous-estimé concernant le fioul.

montre les niveaux de consommations tels qu'ils sont dans la réalité. La différence entre les deux est déterminée par l'attitude du consommateur vis-à-vis de l'énergie. Cette attitude est conditionnée par le prix de l'énergie et son mode de facturation (individuel ou collectif). Le tableau indique bien que les modes individuels (gaz et électrique) induisent des comportements plus responsables qui conduisent à des niveaux de consommations nettement inférieurs à ceux du chauffage collectif, le rapport entre les deux va ainsi jusqu'à 2,5.

• LES ÉMISSIONS DE CARBONE

L'exercice du « facteur 4 » implique de repasser sous 500 kg de carbone par habitant, pour tous les usages de la vie de tous les jours : se déplacer, se nourrir, se chauffer, acheter des biens de consommations, etc.

Aujourd'hui pour le seul chauffage, on émet en moyenne 338 kg de carbone par habitant à Paris. Cette valeur est à peu près la même que la valeur nationale, alors que les consommations d'énergie à Paris sont très inférieures. La différence tient au fait que la biomasse (non contributrice à l'effet de serre) n'est pas représentée à Paris alors qu'elle représenterait plus de 20 % du chauffage en France. La carte 4 donnait les consommations énergétiques par m² et par an. En appliquant une règle de proportionnalité (selon l'énergie utilisée), on en déduit les émissions de CO₂ par m² et par an (carte 5).

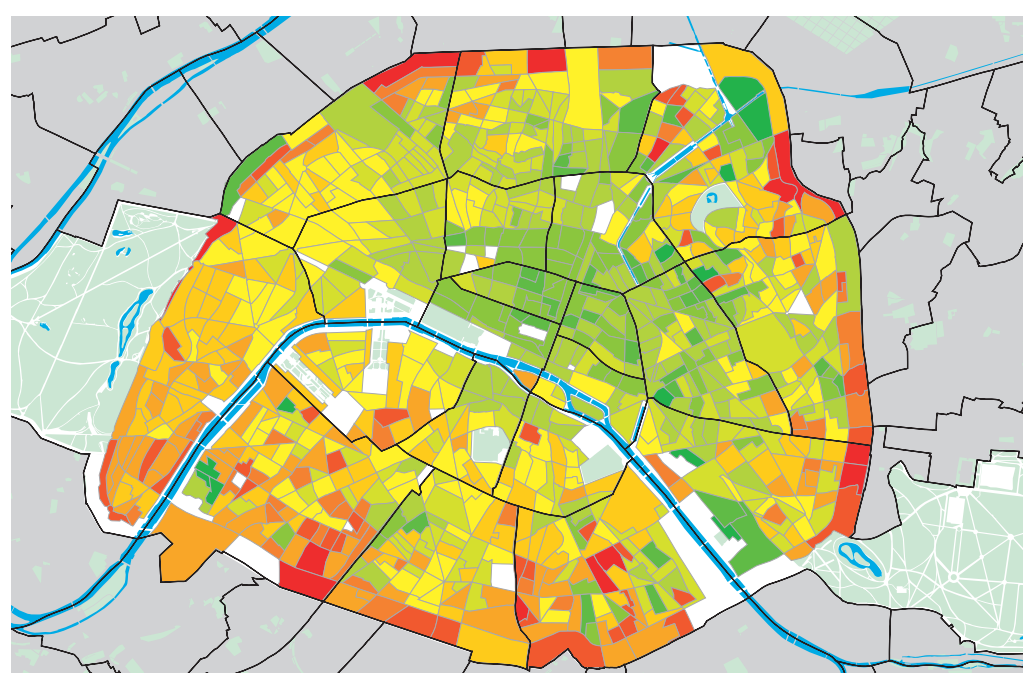
Afin de comprendre comment se situent les émissions parisiennes vis-à-vis du facteur 4, il faut maintenant présenter les émissions de carbone par habitant. Pour lire cette carte (carte 6) il faut considérer que tout ce qui dépasse les 100 kg de

carbone par habitant pour le seul chauffage du logement pose un problème à l'équilibre climatique. Les niveaux très élevés des 16^e et 7^e arrondissements s'expliquent par une forte utilisation du fioul couplée avec des surfaces de logement par habitant très importantes.

La carte 6 donne un regroupement géographique des émissions, on peut effectuer le même travail par type d'énergie. Le tableau 2 donne les émissions de carbone en fonction du mode de chauffage choisi par les parisiens.

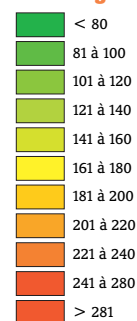
On observe des écarts très importants selon les types d'énergies utilisées, par exemple un parisien chauffé au fioul engendre 7,5 fois plus de carbone qu'un parisien chauffé à l'électricité. Les écarts très importants que montre le tableau 2 ont deux explications principales :

- les énergies ne sont pas équivalentes en terme d'émissions de carbone : le chauffage fioul, par exemple, émet 1,7 fois plus de carbone que l'électrique (voir tableau 3)
- l'attitude des consommateurs vis-à-vis de l'énergie : le mode de facturation et le prix de l'énergie engendrent de gros écarts entre les niveaux de consommations. À Paris, les gens qui se chauffent au fioul (essentiellement facturé en mode collectif) consomment 2,5 fois plus d'énergie que ceux qui sont chauffés à l'électricité.



Carte 4

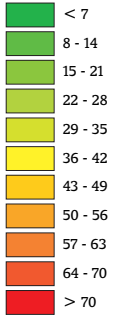
Consommations de chauffage en kWh/m²/an



Source: APUR 2007

Carte 5

Émissions surfaciques de en kgCO₂/m²/an



Source: APUR 2007

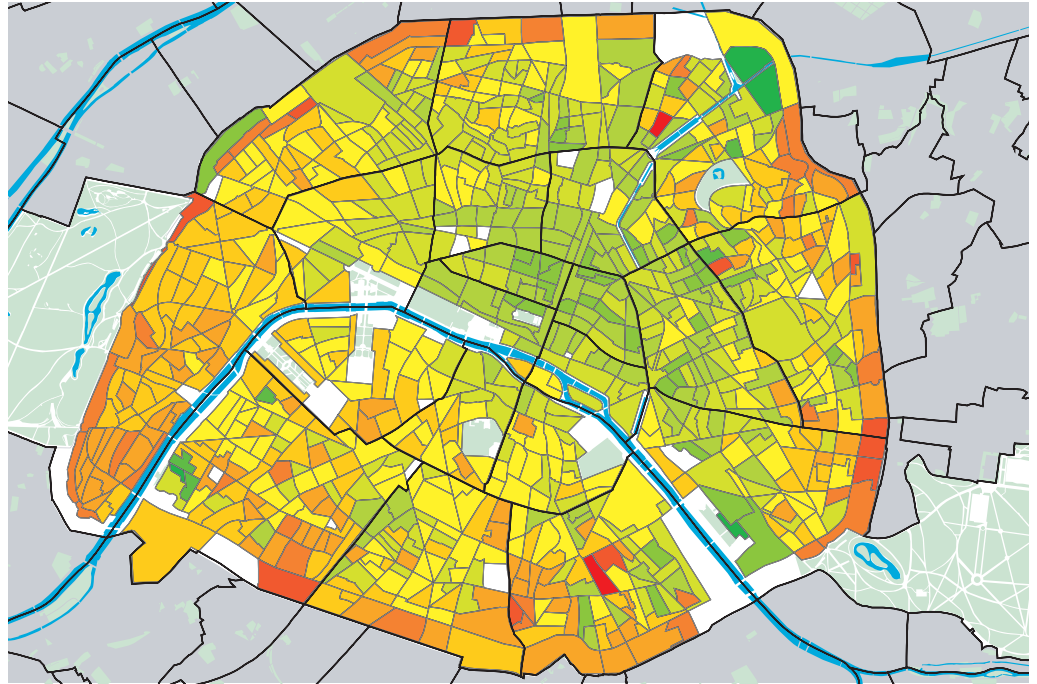


TABLEAU 2

	kg de carbone émis par habitant
électrique	89
CPCU	494
gaz individuel	403
gaz collectif	531
fioul (collectif)	665
moyenne parisienne	338

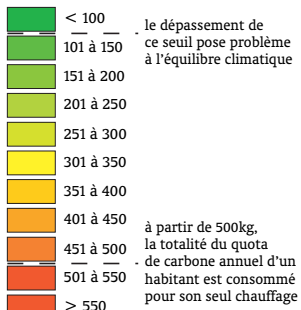
TABLEAU 3

	Facteurs d'émission des énergies de chauffage (gCO ₂ /kWh)
électrique	180
CPCU	200
gaz	234
fioul	300
charbon	384

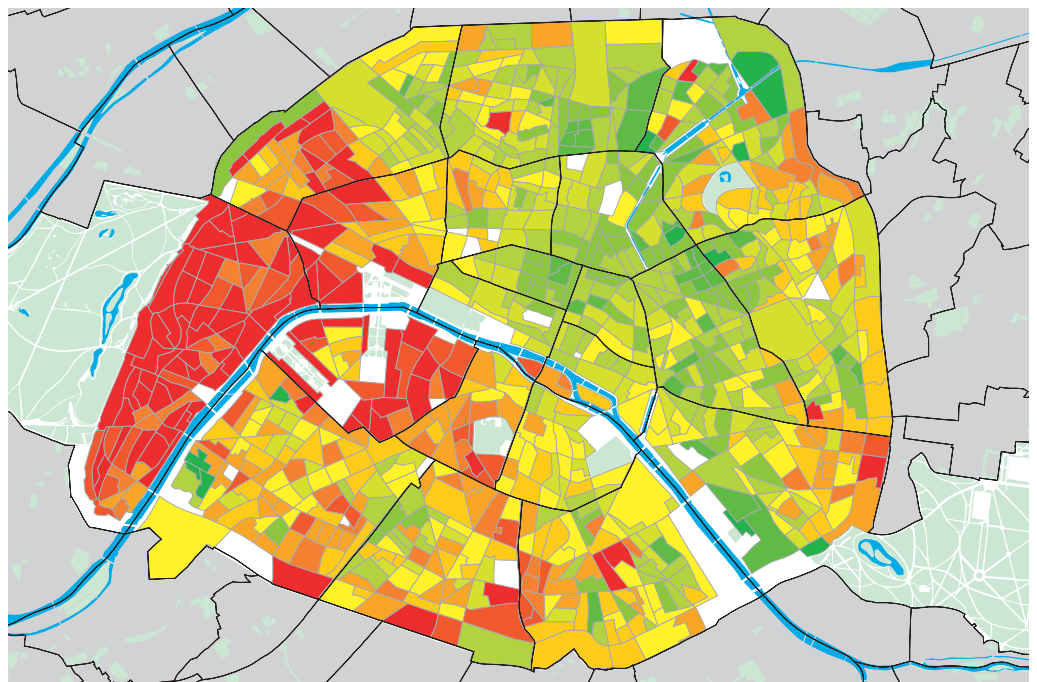
La carte ci-dessous illustre la répartition spatiale des émissions de carbone des parisiens pour le chauffage de leurs logements montre une très forte disymétrie entre l'ouest de Paris et le reste du territoire, ceci s'explique notamment par une forte utilisation du fioul couplée avec des surfaces de logement par habitant très importantes dans les 16^e et 7^e arrondissements.

Carte 6

Émissions de carbone pour le chauffage en kgC/hab/an



Source: APUR 2007



CONCLUSION

La méthode retenue pour évaluer les émissions de gaz à effet de serre des logements parisiens peut aussi se décliner comme un outil d'évaluations de futures actions sur le bâti. En effet, l'état actuel du bâti a été modélisé afin de chiffrer les émissions, mais il est bien sûr possible de modifier certains paramètres comme la part du double vitrage, les rendements des chaudières, le niveau d'isolation des enveloppes, la modernisation du chauffage urbain afin de mesurer l'impact en matière de réduction d'émissions de gaz à effet de serre de différentes mesures.

L'outil mis au point permet de mesurer à grande échelle l'impact d'un plan de rénovation d'une part du parc de logement. Il ne se substitue pas à l'exercice du diagnostic thermique puisque celui-ci est adapté à l'échelle du bâtiment, voire de l'îlot, il permet en revanche de prévoir à l'échelle de tout Paris l'impact de mesures locales de rénovations et d'organiser un suivi des efforts de réduction et de juger de leur pertinence dans l'objectif du « facteur 4 ».

À titre d'exemple, il est possible d'illustrer ce qui précède par l'analyse du cas du chauffage urbain. Paris possède un chauffage urbain qui équipe 9 % des résidences principales. L'avantage de ce réseau est de permettre la valorisation de l'énergie libérée par la combustion des ordures ménagères, ce qui est un atout du point de vue de la lutte contre l'effet de serre. Néanmoins cet avantage est plus que compensé par des niveaux de consommation d'énergie très élevés (facturation collective, prix de la vapeur très faible).

Aujourd'hui ce réseau utilise un large éventail de sources d'énergies : ordures ménagères, gaz en cogénération, fioul et charbon. Le charbon est la source de chaleur la plus émettrice de CO₂ et elle pèse environ 20 % de l'approvisionnement énergétique de la CPCU. Son remplacement est prévu à l'horizon 2012 par de la biomasse (issue des déchets verts et bois de chantiers).

En complément, pour pallier les niveaux de consommation élevés des immeubles reliés à son réseau, la CPCU prévoit d'individualiser le comptage de chaleur chez ses clients. On fera l'hypothèse que la totalité du parc CPCU est individualisé à l'horizon 2020 (on prendra dans les calculs une chute de consommation de 20 %).

Enfin, compte tenu des bénéfices apportés par l'individualisation des charges, la CPCU peut espérer augmenter sa part de marché aux dépens d'autres énergies, comme le fioul collectif. C'est d'autant plus vraisemblable que le fioul est très présent dans des arrondissements où la CPCU

possède déjà des réseaux (ex : 16^e et 15^e).

L'individualisation des charges et le remplacement du charbon par de la biomasse conduisent à une baisse globale des émissions de 10 % à Paris. Si l'objectif du « facteur 4 » est de diviser par 4 les émissions d'ici 2050, la façon d'y parvenir n'est pas neutre puisque les gaz à effet de serre s'accumulent dans l'atmosphère. Plus les baisses d'émissions sont rapides et plus on s'inscrit dans une trajectoire vertueuse. C'est à ce titre que l'Europe s'est fixée des objectifs intermédiaires, et préconise notamment d'ici 2020 une baisse de 20 % des émissions assortie d'une baisse de 20 % des consommations d'énergie et une part d'énergie renouvelable de 20 % (il s'agit d'énergie finale). La ville de Paris, dans le Plan Climat, s'est engagée aussi sur des objectifs intermédiaires qui dépassent même les objectifs européens. Elle s'engage à réduire les émissions liées aux bâtiments de 25 %, les consommations de 25 % avec participation des ENR à hauteur de 25 %.

L'accomplissement de ces objectifs passera par :

- des interventions sur le bâti notamment en incitant l'isolation du parc de logements anciens (antérieurs à 1974)
- des améliorations des équipements (chaudières par exemple)
- des substitutions d'énergie : en remplaçant, lorsque cela est possible, les énergies fossiles par des énergies sans CO₂ comme la géothermie ou la biomasse, via un réseau de chaleur, ou des combinaisons d'énergie faiblement émettrice comme l'association gaz/électricité (la « bi-énergie »)
- des modifications des comportements en remettant en cause les modes de facturation de l'énergie, encore aujourd'hui trop déresponsabilisant

Les simulations, qui pourront être réalisées à l'échelle de Paris, pourront permettre de comprendre l'influence de toutes ces mesures sur les émissions de gaz à effet de serre, et permettront de juger de leur faisabilité en termes économiques. Entre deux mesures qui portent les mêmes fruits en terme de réduction des émissions, la plus pertinente sera celle qui aura le prix le plus faible par tonne de carbone évitée.

On sait d'ores et déjà que des mesures simples comme le changement des vitrages ou le changement des chaudières se font à coût négatif, c'est-à-dire qu'elles rapportent plus sur leur durée de vie qu'elles ne coûtent.

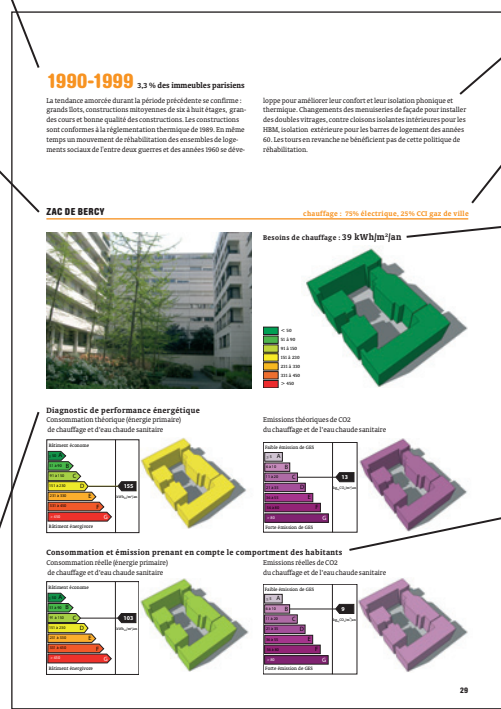
La valorisation de la géothermie ou de la biomasse via un réseau de chaleur font elles aussi partie des bonnes solutions, et peuvent devenir très attractives avec un prix du baril élevé (par exemple 100 \$).

ANNEXE 1

• PRÉSENTATION DES FICHES TYPOLOGIQUES

Période de construction : il s'agit de la période analysée :
avant 1800, 1801-1850, 1851-1914, 1918-1939, 1945-1967,
1968-1975, 1976-1981, 1982-1989, 1990-1999

Exemple d'un îlot entièrement bâti durant cette période



Spécificité architecturale de la période

Mode de chauffage de l'îlot

Besoin de chauffage : c'est l'énergie qu'il faut dissiper dans le bâtiment pour le maintenir à 19 °C durant la période de chauffe (octobre à avril). Il s'agit d'une valeur théorique ne prenant en compte que les caractéristiques physiques des bâtiments, leur configuration au sein de l'îlot et la rigueur du climat.

Consommation et émissions réelles : les consommations du diagnostic de performance énergétique sont affectées d'un coefficient traduisant le comportement des habitants. Cette pondération de la consommation traduit le fait que les modes de facturation de l'énergie (individuel ou collectif) et les types d'énergie encouragent des comportements plus ou moins économes chez les habitants. Cette pondération est une extrapolation à l'échelle de l'îlot des comportements moyens observés à Paris.

Diagnostic de performance énergétique : figurent ici des informations sur la consommation théorique d'énergie et les émissions théoriques de CO₂ de l'îlot conformément aux modes de calcul retenus par la législation. La consommation d'énergie est obtenue grâce à la valeur des besoins en prenant compte le rendement des équipements de chauffage ; la consommation est donnée en énergie primaire (l'électricité est affectée d'un coefficient 2,58 par rapport à sa valeur en énergie finale).

Avant 1800 10 % des immeubles parisiens

L'immeuble du XVIII^e et du XIX^e siècle est alors un bâtiment de 15 à 18 m de hauteur de façade, trois à quatre étages carrés sous comble, divisé en appartements desservis par un escalier collectif. Ce type varie peu jusqu'au XIX^e siècle. Les façades sont plates, les constructions alignées en bordure de voies, édifiées en mitoyenneté sur des parcelles profondes et étroites.

À l'arrière de petites courettes de 2 à 6 m de large, et parfois quelques cours plus grandes, donnent jour à des immeubles adossés aux mitoyens.

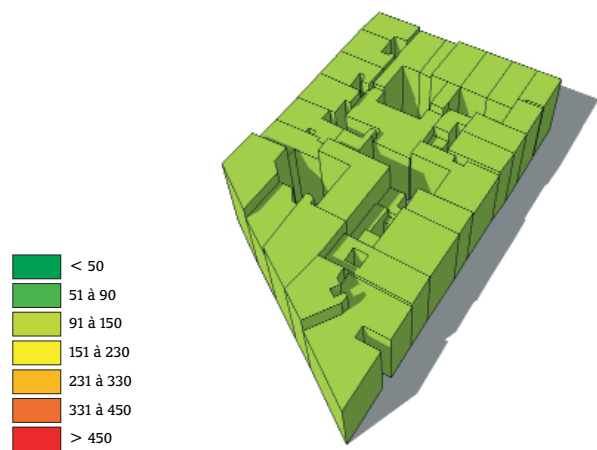
Les immeubles sont construits dans des matériaux composites : pierre de taille en soubassement, linteaux, lucarnes, angle et entourage des fenêtres pour les plus bourgeois, maçonnerie de pierre et/ou torchis et pans de bois, linteaux et pieds droits de lucarnes en bois pour les plus pauvres. La pierre est au mieux réservée à la façade noble mais le plus souvent les façades sont en torchis et pans de bois plâtrés. C'est cet immeuble « bourgeois », bien bâti, qui a servi de modèle pour les calculs thermiques.

QUAI D'ORLÉANS

chauffage : 60 % électrique, 30 % gaz individuel, 10 % fioul collectif

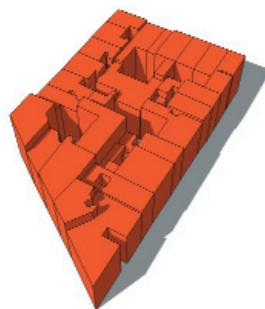
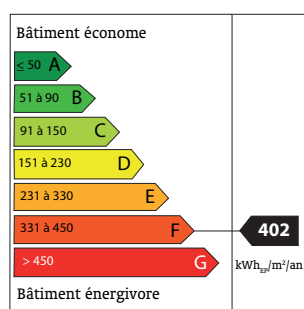


Besoins de chauffage : 150 kWh/m²/an

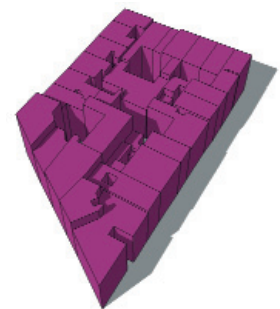
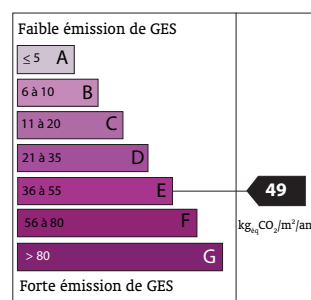


Diagnostic de performance énergétique

Consommation théorique (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire

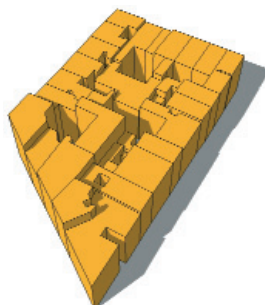
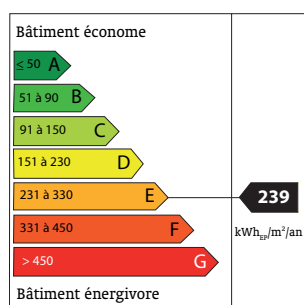


Emissions théoriques de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire

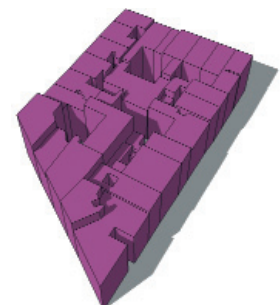
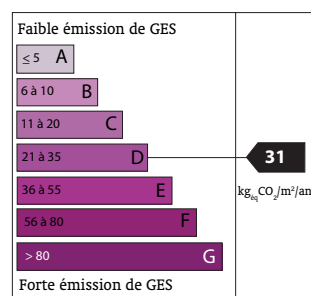


Consommation et émissions prenant en compte le comportement des habitants

Consommation réelle (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire



Emissions réelles de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire



1801-1850 15 % des immeubles parisiens

Les immeubles ont quatre ou cinq étages au dessus du rez-de-chaussée, surmontés d'un étage en comble, ils sont alignés sur rue et mitoyens. Les façades sont plates jusqu'en 1884, ensuite des saillies sont autorisées et se généralisent en 1902. Alors, le nombre d'étages augmente jusqu'à 8 étages. Cours et courettes restent de faible dimension, de 2 à 3 m de large, elles éclairent les pièces de services et les escaliers.

L'immeuble est épais, appuyé sur ses murs mitoyens, les îlots sont densément bâtis. La forme des parcelles est extrêmement variable, imposée par la géométrie des voies nouvelles.

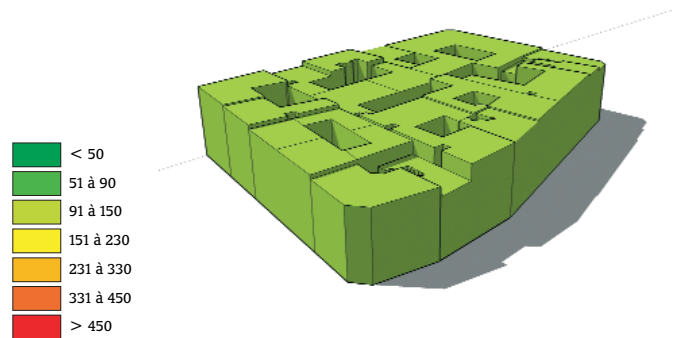
Jusqu'en 1850 Les modes de construction changent peu, les maçonneries à pans de bois perdurent.

RUE DE CHATEAUDUN

chauffage : 60 % électrique, 40 % gaz individuel

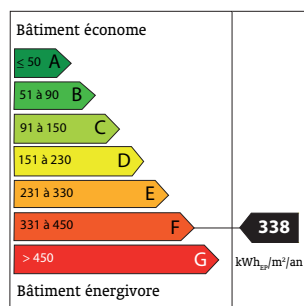


Besoins de chauffage : 129 kWh/m²/an

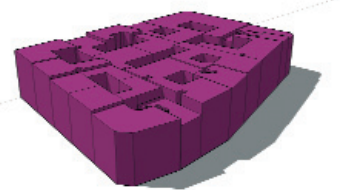
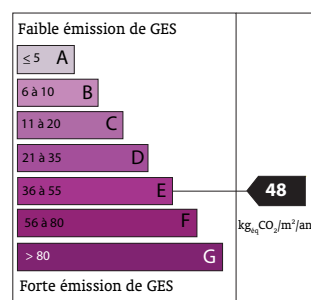


Diagnostic de performance énergétique

Consommation théorique (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire

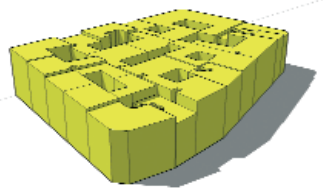
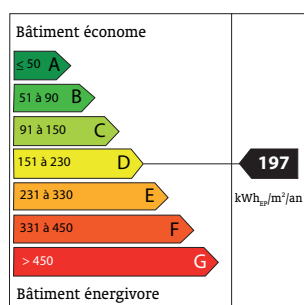


Emissions théoriques de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire

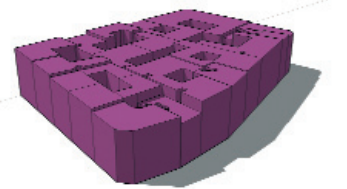
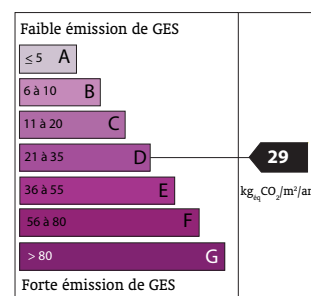


Consommation et émissions prenant en compte le comportement des habitants

Consommation réelle (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire



Emissions réelles de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire



1851-1914 49 % des immeubles parisiens

À partir de 1850, les murs de pierre d'une épaisseur de 40 à 45 cm constituent désormais la plus grande part de la construction des façades sur rue. Sur cour, la pierre de taille apparaît également, même si l'emploi de maçonnerie plâtrée ou de mur de brique est courant, les murs mitoyens sont généralement édifiés en meulière. La plupart du temps le mur de façade s'amincit au fur et à mesure

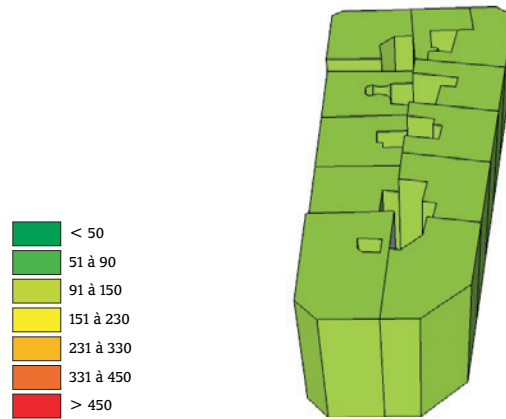
que l'on gravit les étages, pour n'être plus que de 25 ou 30 au dernier niveau. 1902 marque un tournant dans l'utilisation des matériaux, terres cuites céramiquées, mosaïques, linteaux de métal, deviennent d'un usage fréquent ainsi que la brique pleine comme maçonnerie de remplissage.

BOULEVARD DIDEROT

chauffage : 30 % gaz individuel, 30 % gaz collectif, 30 % électrique, 10 % chauffage urbain



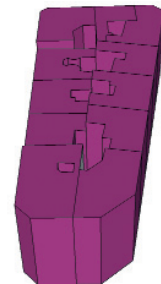
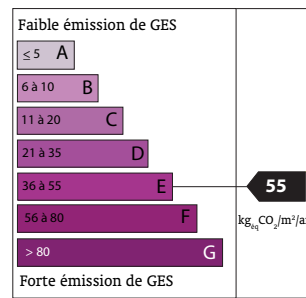
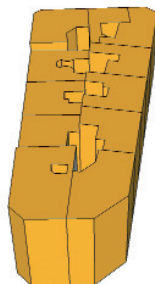
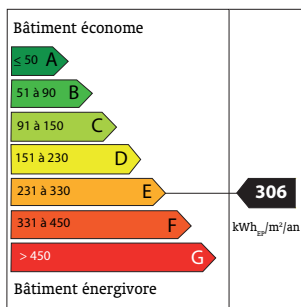
Besoins de chauffage : 133 kWh/m²/an



Diagnostic de performance énergétique

Consommation théorique (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire

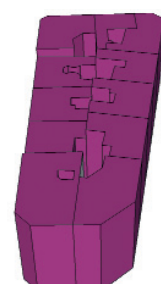
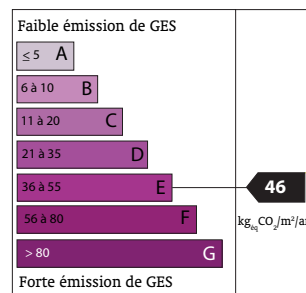
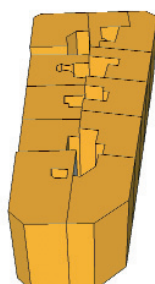
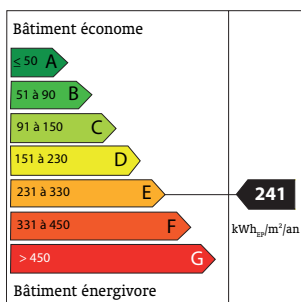
Emissions théoriques de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire



Consommation et émissions prenant en compte le comportement des habitants

Consommation réelle (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire

Emissions réelles de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire



1918-1939 9 % des immeubles parisiens

Les immeubles sont désormais implantés dans les îlots d'une nouvelle manière. Désormais ils ne sont plus mitoyens mais entourent de larges cours ouvertes sur rues ou s'étirent en de multiples redents. Des hauteurs de six à sept niveaux au dessus du rez-de-chaussée sont habituelles. Les combles percés de lucarnes perdurent, ils accueillent plusieurs étages de logement.

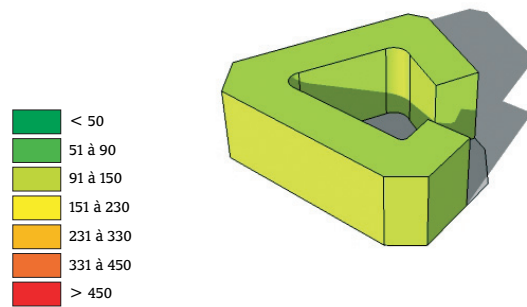
Les manières de bâtir changent. Les murs de brique pleine dominent, alors que les premiers bétons apparaissent dans des soubassements, des linteaux et des colonnes ainsi que les premiers toits terrasses. Les façades s'ornent de bow-windows en saillie, les fenêtres s'élargissent, les portes fenêtres se multiplient.

PORTE D'IVRY

chauffage : 90 % gaz individuel, 10 % électrique

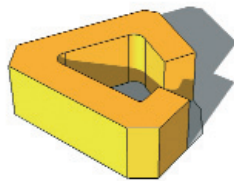
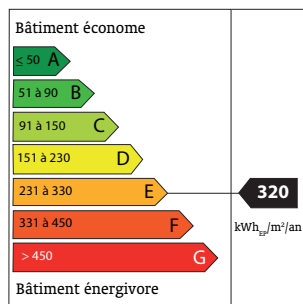


Besoins de chauffage : 145 kWh/m²/an

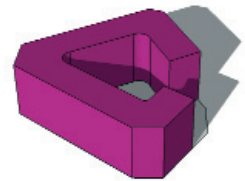
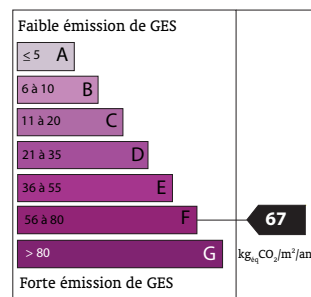


Diagnostic de performance énergétique

Consommation théorique (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire

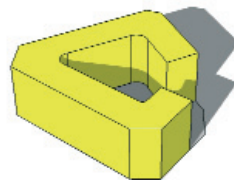
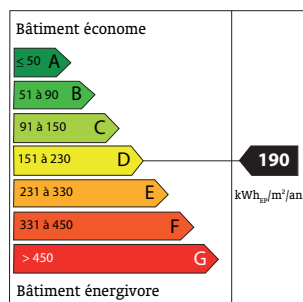


Emissions théoriques de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire

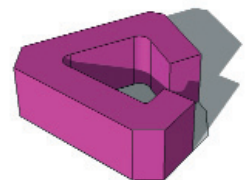
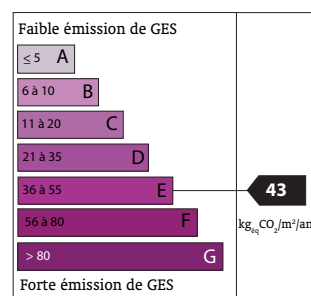


Consommation et émissions prenant en compte le comportement des habitants

Consommation réelle (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire



Emissions réelles de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire



1945-1967 5 % des immeubles parisiens

Dans les années cinquante et au début des années soixante, les formes architecturales évoluent très vite vers les préceptes de l'architecture moderne, façades de pierre à balcons filants pour l'habitat et façades de verre et panneaux préfabriqués pour les bureaux. Dans tous les cas, les surfaces vitrées augmentent, sans souci d'économie d'aucune sorte et le toit terrasse devient la règle. Désormais les murs de façades ne sont plus porteurs. L'ossature des bâtiments, n'est plus basée sur la portance des murs. Les murs de face deviennent de simples remplissages entre les poutres, multipliant les ponts thermiques. Il est ainsi possible de diminuer la paroi jusqu'à ce qu'elle en soit plus qu'une plaque de verre.

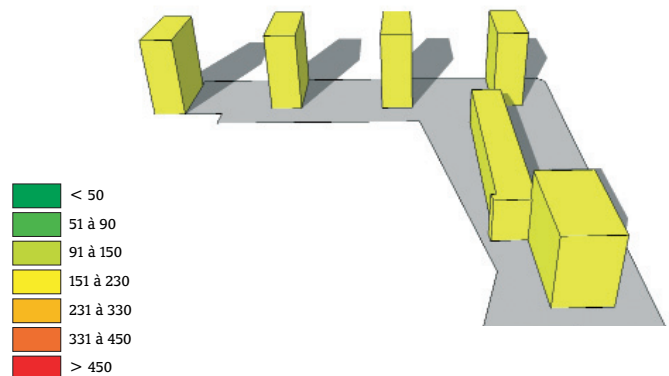
PORTE DE VINCENNES

Se développent des expérimentations audacieuses d'édifices en structure métallique et panneaux de remplissage préfabriqué de plus en plus minces et de plus en plus vitrés. L'immeuble non mitoyen est délaissé au profit du « plan libre » chaque fois que la forme de la parcelle le permet. Les immeubles ont désormais quatre façades. Si les premiers immeubles de grande hauteur apparaissent, ils restent l'exception. Dans les arrondissements centraux, l'immeuble édifié en mitoyenneté sur rue reste le plus courant. Dans la profondeur des parcelles, l'implantation des bâtiments est désormais inverse des manières de bâtir anciennes. Les immeubles sont généralement édifiés au centre de la parcelle sans adossement aux limites parcellaires.

chauffage : 70 % gaz collectif, 30 % chauffage urbain

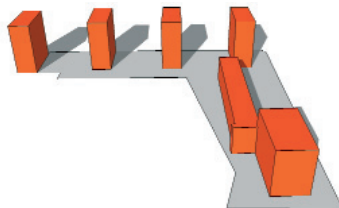
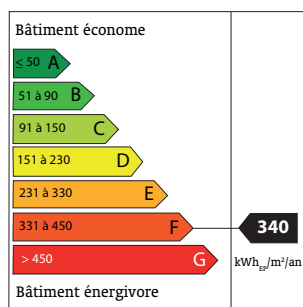


Besoins de chauffage : 176 kWh/m²/an

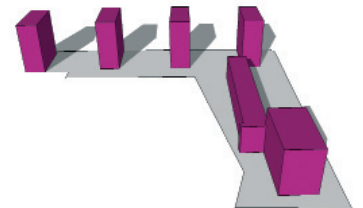
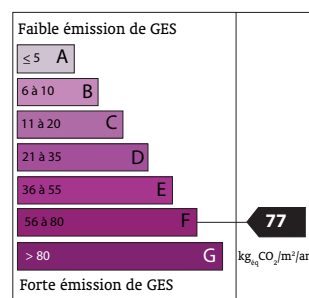


Diagnostic de performance énergétique

Consommation théorique (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire

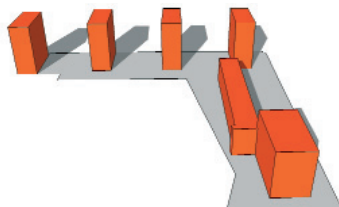
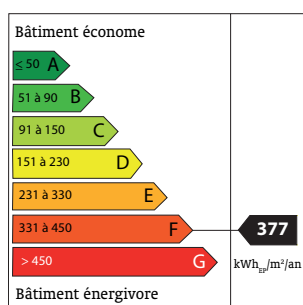


Emissions théoriques de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire

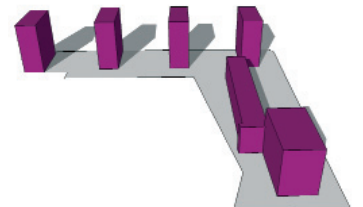
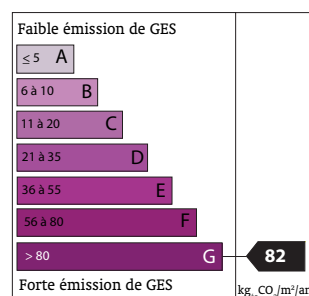


Consommation et émissions prenant en compte le comportement des habitants

Consommation réelle (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire



Emissions réelles de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire



1968-1975 3 % des immeubles parisiens

1967 est l'année de l'adoption du PUD qui met en œuvre une réglementation des constructions radicalement différente des précédentes, et autorise notamment les immeubles de grande hauteur. Les grandes opérations de rénovation mettent en œuvre des ensembles de barres et de tours sur des dalles. Elles commencent au milieu des années soixante et s'arrêtent globalement en 1975 même si quelques tours du Front de Seine ou les tours des Orgues de Flandre sont encore bâties dans les trois années suivantes. Le béton devient le matériau dominant, il est enduit, parementé de

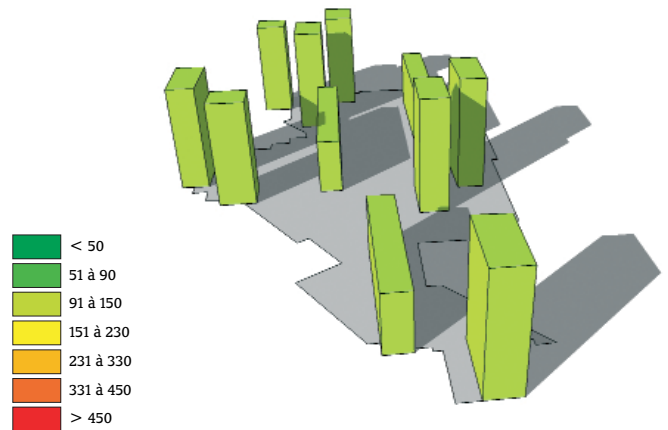
briques, de plaques de pierre mince ou doublé de béton architectonique préfabriqué, d'une épaisseur de 15 à 17 cm pour la structure des immeubles bas et de 25 cm pour celle des tours. Il est généralement plâtré ou parementé également à l'intérieur mais très rarement doublé d'un isolant. Seuls les toits terrasses sont flanqués d'une épaisseur de 8 à 10 cm de laine de verre afin d'assurer un semblant d'isolation thermique. Ponts thermiques et façades minces sont monnaie courante, notamment dans les immeubles de grande hauteur.

OLYMPIADES

chauffage : 100 % chauffage urbain

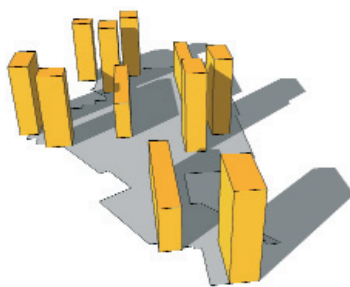
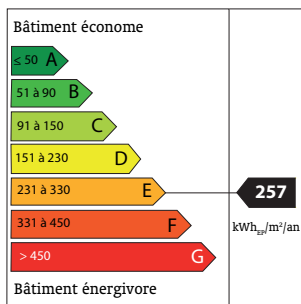


Besoins de chauffage : 138 kWh/m²/an

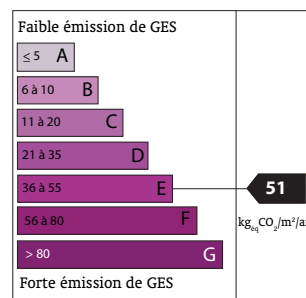


Diagnostic de performance énergétique

Consommation théorique (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire

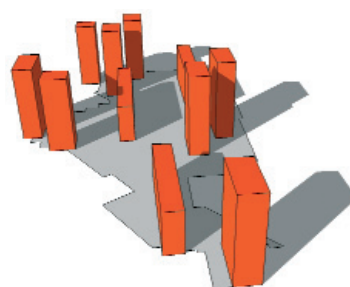
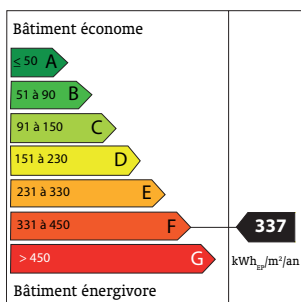


Emissions théoriques de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire

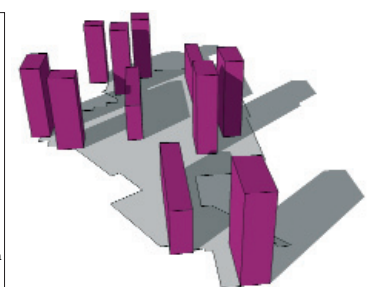
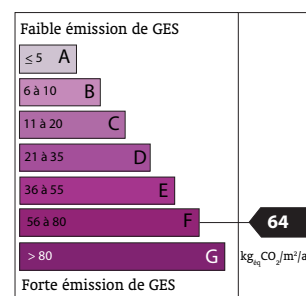


Consommation et émissions prenant en compte le comportement des habitants

Consommation réelle (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire



Emissions réelles de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire



1976-1981 2 % des immeubles parisiens

À partir de 1975, la politique urbaine amorce un tournant brusque. Les grandes opérations de rénovation urbaine sont arrêtées. Le nouveau Plan d'Occupation des Sols est en préparation et appliqué par anticipation, il remet à l'ordre du jour les constructions mitoyennes, le nouveau plafond des hauteurs ne permet plus de faire des immeubles dépassant 7 à 8 étages. Cependant, dans la profondeur des parcelles, le règlement continue de préconiser la construction au

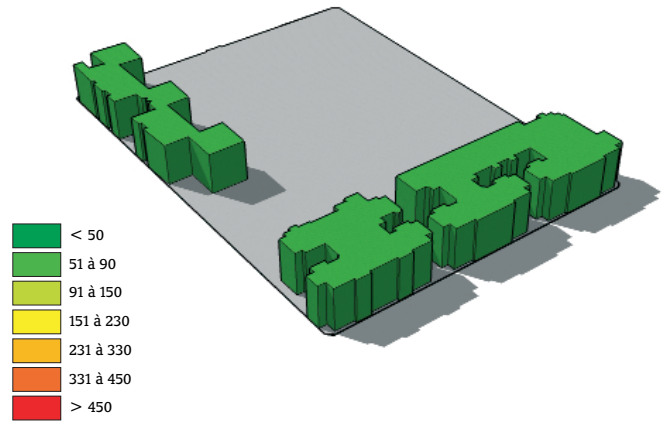
centre des terrains en interdisant l'adossement au mitoyen, cette disposition restera en vigueur jusqu'à la révision du POS de 1989. Si la forme des immeubles change alors radicalement, apportant une amélioration des performances thermiques des immeubles du fait du retour à l'implantation en mitoyenneté, les normes nouvellement édictées restent peu appliquées et la mode des bâtiments chahutés continue de les rendre peu performants.

RUE DURANTI

chauffage : 95 % gaz individuel, 5 % électrique

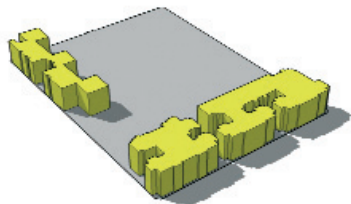
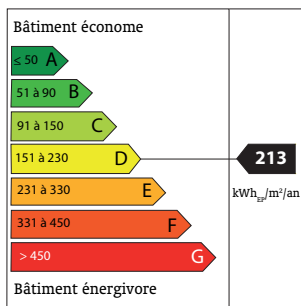


Besoins de chauffage : 90 kWh/m²/an

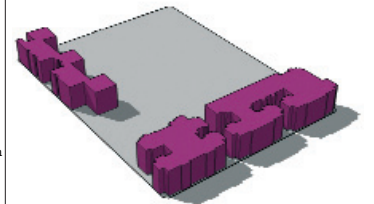
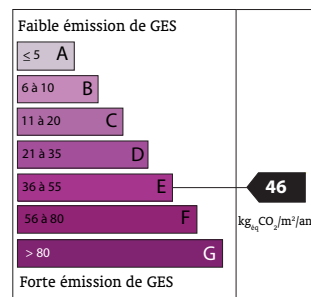


Diagnostic de performance énergétique

Consommation théorique (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire

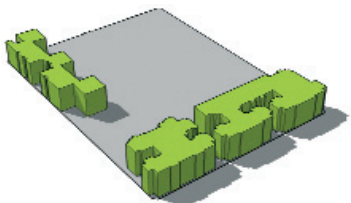
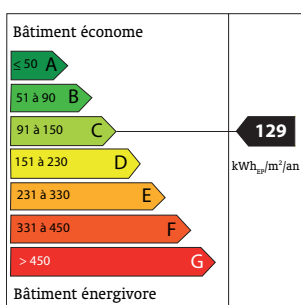


Emissions théoriques de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire

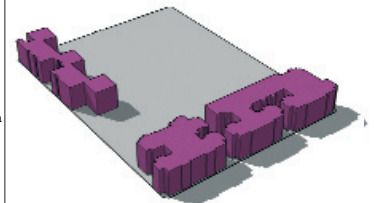
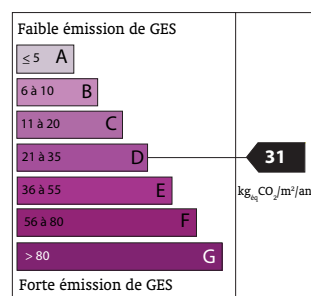


Consommation et émissions prenant en compte le comportement des habitants

Consommation réelle (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire



Emissions réelles de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire



1982-1989 2 % des immeubles parisiens

Durant cette période, on assiste à Paris à une nette amélioration de la qualité des constructions. La plus grande part des constructions de logements est regroupée dans les ZAC. Là se développe une nouvelle manière de composer les îlots ; les constructions sont moins denses qu'elles ne le furent durant la première moitié du xx^e siècle, de grandes cours organisent les bâtiments à l'intérieur

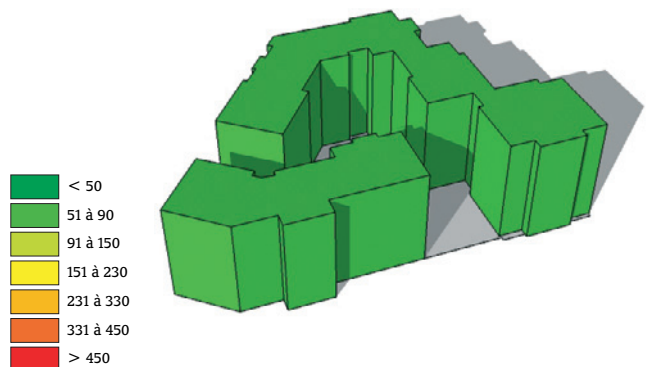
des îlots. Les concours d'architecture se multiplient, Les programmes d'habitat bénéficient d'un plus grand soin apporté aux matériaux employés, aux finitions et à l'isolation thermique et phonique. 8 cm d'isolant protégé par un placoplâtre double désormais l'intérieur des murs de béton, de maçonnerie de parpaings ou de briques creuses, le double vitrage se développe.

AVENUE D'IVRY

chauffage : 95 % gaz individuel, 5 % électrique

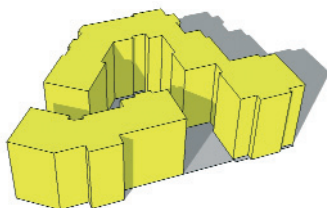
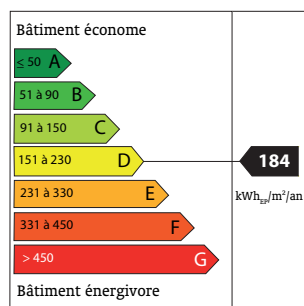


Besoins de chauffage : 77 kWh/m²/an

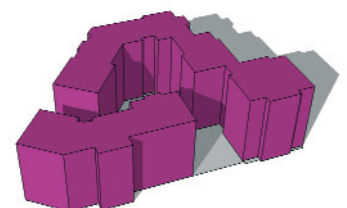
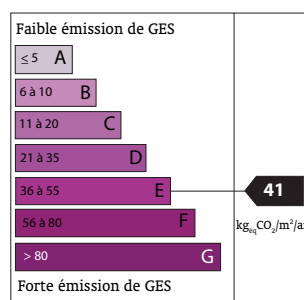


Diagnostic de performance énergétique

Consommation théorique (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire

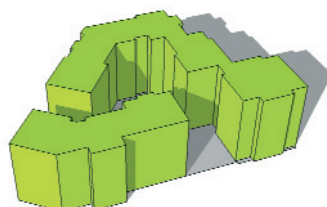
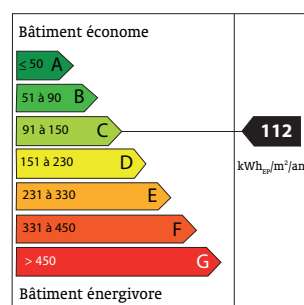


Emissions théoriques de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire

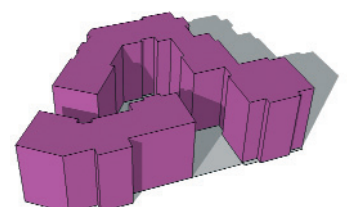
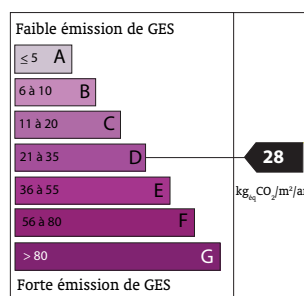


Consommation et émissions prenant en compte le comportement des habitants

Consommation réelle (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire



Emissions réelles de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire



1990-1999 4 % des immeubles parisiens

La tendance amorcée durant la période précédente se confirme : grands îlots, constructions mitoyennes de six à huit étages, grands cours et bonne qualité des constructions. Les constructions sont conformes à la réglementation thermique de 1989. En même temps un mouvement de réhabilitation des ensembles de logements sociaux de l'entre deux guerres et des années 1960 se développe

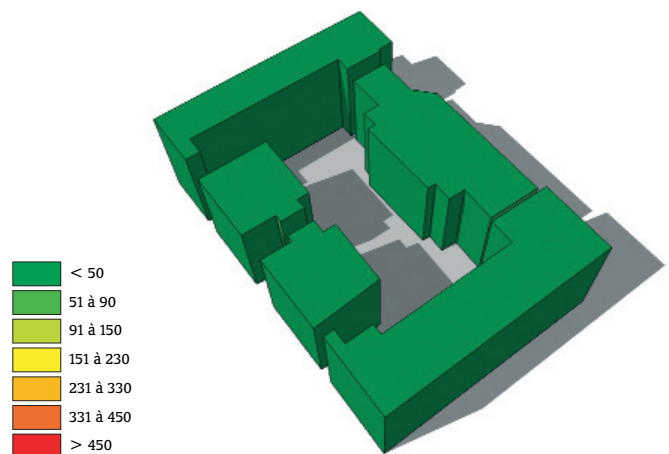
pour améliorer leur confort et leur isolation phonique et thermique. Changements des menuiseries de façade pour installer des doubles vitrages, contre cloisons isolantes intérieures pour les HBM, isolation extérieure pour les barres de logement des années soixante. Les tours en revanche ne bénéficient pas de cette politique de réhabilitation.

ZAC DE BERCY

chauffage : 75 % électrique, 25 % CCI gaz de ville

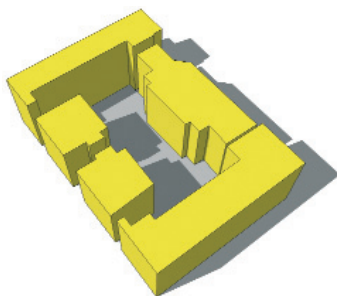
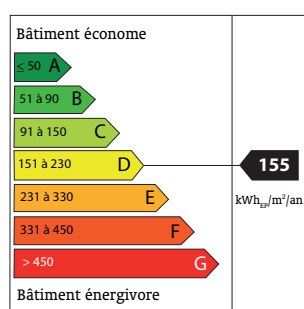


Besoins de chauffage : 39 kWh/m²/an

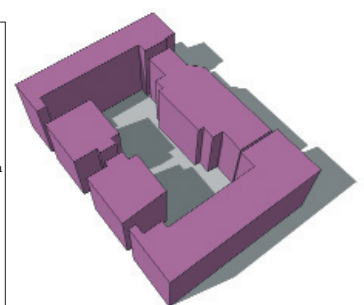
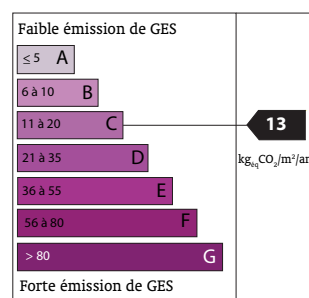


Diagnostic de performance énergétique

Consommation théorique (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire

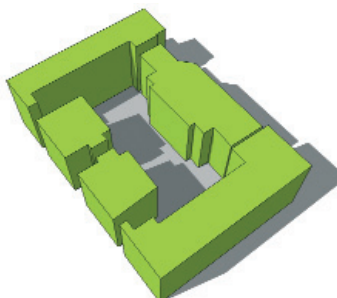
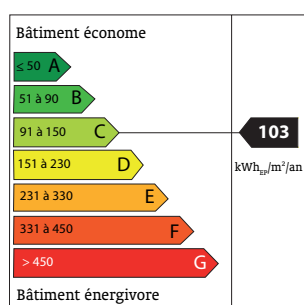


Emissions théoriques de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire

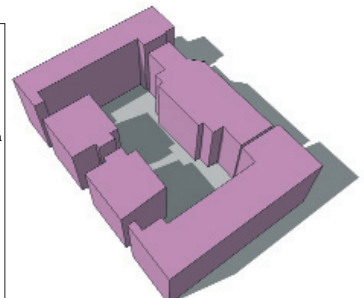
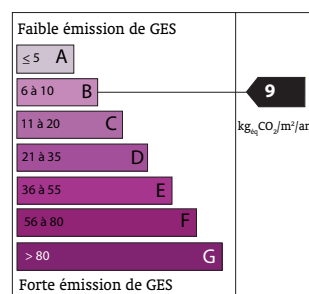


Consommation et émissions prenant en compte le comportement des habitants

Consommation réelle (énergie primaire) de chauffage et d'eau chaude sanitaire



Emissions réelles de CO₂ du chauffage et de l'eau chaude sanitaire



ANNEXE 2

• PRESENTATION DU TRAVAIL DE SAISIE ET DE MISE A JOUR DU BATI PARISIEN

Mode de constitution de la couche vectorielle des emprises bâties

Afin de représenter et mettre à jour correctement l'information relative à la date de construction des bâtiments, une couche graphique des emprises bâties a dû être initialisée à partir des sources existantes. Cette couche vectorielle représente chaque bâtiment sous forme d'un polygone (géométrie en plan) correspondant à son emprise au sol et de lui affecter les informations nécessaires à la datation.

Plusieurs sources graphiques étaient disponibles, mais aucune d'elles n'étaient adaptées au besoin. L'objectif étant bien sûr de pouvoir avoir une représentation géométrique précise, récente, et complète du bâti parisien, mais également de disposer d'une couche cohérente topologiquement afin de pouvoir calculer les mitoyennetés de façon précise (longueurs correspondant à une mitoyenneté, longueurs correspondant aux façades sur rue, longueurs correspondant aux façades sur cours). Ainsi, au niveau de la saisie et des outils associés, une attention toute particulière a été portée à la notion d'accroche, de façon à s'assurer qu'aucun chevauchement ni trou ne soient présents entre deux immeubles mitoyens, auquel cas les façades correspondantes auraient été considérées comme étant sur cours et non comme mitoyennes.

Enfin, afin de prendre en compte correctement la compacité des immeubles dans les calculs de déperdition, un traitement manuel a dû être effectué pour différencier les parties hautes des

parties basses des immeubles (dalles et rez-de-chaussée, correspondant à une hauteur de moins de 8 mètres). La source de donnée principale permettant de faire cette distinction étant un modèle numérique de surface, donnant l'élévation des constructions au pas de 1 mètre (cf. tableau des sources raster ci-dessous).

La couche résultante du bâti devait également être cohérente avec le parcellaire, puisque les calculs étaient ensuite agrégés à la parcelle, à l'îlot puis à l'IRIS.

Afin d'optimiser le travail de correction et de saisie entre les différents architectes, la couche bâtie a été morcelée en 8 secteurs avant d'être assemblée pour les traitements ultérieurs.

Sources graphiques (vecteur)

Le tableau ci-dessous résume la nature et le contenu de chaque source vectorielle dont l'APUR disposait.

L'idée était d'initialiser la couche des emprises bâties de façon à disposer d'une couche de départ la plus complète possible et la plus à jour possible sur laquelle les mises à jour et corrections pourraient ensuite être effectuées.

Il a donc été décidé de s'appuyer au départ sur la couche FTC de la DGI et de l'actualiser de façon semi-automatique en la croisant avec la couche de la BD Topo, plus récente et complète (bien que moins précise) de façon à repérer les bâtiments nouveaux, ou encore retirer les bâtiments ayant disparus. Les nouveaux bâtiments ainsi repérés ont ensuite été redécoupés par superposition avec le parcellaire (clip) avant de les intégrer dans la couche du bâti, de façon à introduire la notion de bâtiment et de mitoyenneté sur ces nouveaux éléments.

Nom	Organisme	Nature	Remarques
Fond topographique cadastral (FTC)	DGI	Fond des emprises bâties au sol cohérent avec le parcellaire (50 cm)	Précision intéressante (<50 cm) Cohésion avec le parcellaire Actualisation au milieu des années 80 (Actualisation en cours avec le plan cadastral informatisé - PCI)
BD Topo)	IGN	Emprise au sol des bâtiments	Emprises ne tenant pas compte des mitoyennetés Précision 1 à 2 mètres pour le bâti (1/5000°) Actualisation 2003
Parcellaire	APUR/VP	Découpage parcellaire du foncier	Permet le cas échéant le redécoupage du bâti récupéré de la BD Topo
Volumes bâtis	Ville de Paris - STDF	Emprises de chaque volume bâti avec projection au sol	Précision intéressante, mais pas forcément cohérent avec les emprises actuelles Trop de détail par rapport au besoin Couverture à 50 % aujourd'hui
Emprises bâties études APUR	APUR bureau de dessin	Emprises définies à partir du linéaire Bati STDF	Disponible uniquement sur certaines ZAC/Secteurs d'études

Sources graphiques (raster)

Parallèlement à ces sources, des données raster étaient également disponibles. Bien que n'étant :

Nom	Organisme	Nature	Remarques
Fond raster STDF	Ville de Paris (STDF)	Fond de plan topographique raster noir et blanc contenant les limites des emprises bâties et des parcelles	Précision intéressante (<50 cm) Exploitation au 1/500° Actualisation en continu (transmission à l'APUR à chaque trimestre) Détail de chaque volume bâti
Photo aérienne	APUR - Interatlas	Orthophotoplan	Résolution pixel à 12,5 cm Campagne 2005
Modèle numérique d'élévation	APUR - Interatlas	Hauteur des bâtiments	Relevé des hauteurs au pas de 1 mètre Campagne 2005



Plan raster 1/500 du STDF (avec limites du plan parcellaire vectoriel)



Orthophotoplan

Superposition par transparence du plan STDF et de la photo aérienne permettant une lecture plus complète.



Sources de datation

Les données de datation sont représentées sous forme d'attributs rattachés à chaque bâtiment, le principal étant un code indiquant la période de construction du bâtiment.

Code	Période
1	Avant 1800
2	1800 - 1850
3	1851 - 1890
4	1891 - 1914
5	1915 - 1939
6	1940 - 1967
7	1968 - 1975
8	1976 - 1981
9	1982 - 1989
10	1990 - 1999
11	2000 et plus
20	1851 - 1914
98	Non-bâti
99	Non-daté

(6) — Le plan « Loyer » au 1/10000^e disposait d'un poste de légende supplémentaire, affinant la période 1851-1914 en deux, soit 1851-1890 et 1891-1914. Ce plan étant dégradé et ayant une précision moindre que le plan au 1/2000^e, la restitution automatique a été effectuée avec le plan au 1/2000^e. Le détail de la période 1851-1914 n'a donc pas pu être pris en compte dans la restitution. Cette distinction a été faite par d'autres sources lorsque ceci était possible, notamment en recoupant avec l'information contenu sur le fichier MAJICII des propriétés bâties, lorsque l'information était disponible et cohérente avec la période indiquée sur le plan au 1/2000^e. Il s'agit bien de 13 couleurs puisque chacune représente une combinaison de l'information de datation et de qualité (Exemple : rouge vif étant associé à la période Avant 1800, qualité exceptionnelle, bordeaux à la période Avant 1800, qualité bonne, etc.

Les sources concernant cette information pouvaient quant à elle prendre diverses formes : plans papier, fichiers à l'adresse des permis de construire, fichiers de données à la parcelle, relevés terrain.

La carte de datation de Paris 1800-1940 réalisée par François Loyer dans les années 1970.

Cette carte, originalement au format papier et éditée à deux échelles (1/10000^e et 1/2000^e) est basée sur le plan cadastral de l'époque et renseigne sur l'ancienneté et la qualité architecturale des bâtiments sur rue (visible en 1970). La légende du plan 1/2000^e comporte cinq codes correspondant à chaque période (cf. tableau ci-dessous) et trois postes selon la qualité ⁶.

Code	Période
1	Avant 1800
2	1801 - 1850
3	1851 - 1914
5	1915 - 1939
99	Non-daté

Code	Qualité
1	Médiocre
2	Moyenne
3	Exceptionnelle
99	Non-renseigné

Inexploitable en tant que telle sur la plate-forme SIG, la carte a été numérisée et l'information de datation reportée sur le SIG. 74 000 bâtiments datant d'avant 1940 ont en effet été datés par un processus de classification automatique permettant de transposer l'information de datation des bâtiments de la carte « Loyer » sur les emprises vectorielles représentant le bâti parisien.

Numérisation et géoréférencement : Le plan papier (au format A0) a d'abord été scanné et géoréférencé à l'aide du fond de plan parcellaire afin de le rendre cohérent avec le référentiel SIG de l'APUR (Lambert I Nord).

Vectorisation : Dans un deuxième temps, les aplats de couleurs tracés au feutre ont été vectorisés à partir de la planche scannée, le but étant d'isoler dans la carte uniquement l'information relative à la datation, de lisser les variations des aplats sur la carte et d'obtenir des contours (polygones) de chaque aplat différenciés en 13 couleurs en fonction

de celles représentées sur la carte. Ce processus a été géré par un logiciel spécialisé de traitement et de classification d'image (eCognition).

Transposition des codes couleurs : Dans un dernier temps, les codes correspondants aux aplats obtenus ont été transposés à la couche vectorielle des bâtiments (où chaque bâtiment est représenté par un polygone correspondant à son emprise au sol du bâtiment). Cette opération se fait dans le SIG par recouvrement spatial, en croisant la couche des emprises de bâtiment à celle des aplats de couleurs correspondant à la datation. Au final, à chaque emprise de bâtiment présente dans le plan « Loyer » sera affecté un code correspondant à la légende.

Normalisation de l'information « couleur » : Le code couleur représentant deux informations sémantiques bien distinctes, il a été normalisé ainsi et donc éclaté en deux afin d'obtenir deux attributs distinct pour chaque emprise :



Plan raster scanné

Isolation et
classification
des aplats « datation »



Aplats de couleurs vectorisés

- la période de construction (dite « période Loyer »)
- la qualité de construction (dite « Qualité Loyer »)

Correction et validation : Dans une première étape, les immeubles sont donc datés à quelques erreurs informatiques près (entre 5 et 10 % de non-reconnaissance des légendes ou d'aplats de couleurs non affectés sur le bâti principalement du fait des emprises de bâtiments qui ne sont pas forcément assez découpées). Des corrections s'imposent donc pour régler ces confusions ; les vérifications se font par enquête terrain.

La base de données MAJIC II de la Direction Générale des Impôts (DGI)

La DGI est le principal détenteur de données relatives aux unités foncières (parcelles cadastrales), informations collectées lors de la saisie de déclarations diverses et mise à disposition de l'Apur par le biais d'une convention.

Concernant l'année de construction, les chiffres ne sont toutefois pas disponibles pour l'ensemble des 35 000 bâtiments datant d'après 1940. De plus ces informations ne sont disponibles qu'au niveau de la parcelle et non du bâtiment, sous la forme d'année de construction la plus récente et la plus ancienne sur une parcelle. Enfin, leur exactitude est parfois sujette à caution, d'autant que l'année de construction peut être modifiée dès lors qu'un permis de construire est autorisé sur la parcelle. Les vérifications se font par enquête terrain.

Les dates des Permis de Construire après 1990

Les années de déclaration et d'obtention des permis de construire ont été communiquées tardivement et localement mais ont permis dans certains cas d'affiner la datation. Ceux-ci étant localisés à l'adresse et pouvant être facilement associés à l'emprise bâtie associée.



Méthodologie de calcul de mitoyennetés

La déperdition d'énergie a été calculée par un modèle de simulation alimenté par les données concernant l'ensemble des bâtiments. Le calcul a été exprimé en ramenant le bâti au niveau de la parcelle, donc en traitant comme un tout les bâtiments d'une même parcelle. Ce niveau a permis d'avoir suffisamment d'information, d'autant que le niveau parcellaire était bien renseigné et identifié. Le problème pouvait venir de l'hétérogénéité éventuelle des bâtiments dans une même parcelle (plusieurs dates de construction, plusieurs orientations, etc.). Dans ce cas, l'information qui a primé correspondait au bâtiment ayant la plus grande emprise sur la parcelle.

Pour chaque parcelle, les informations suivantes ont été recensées :

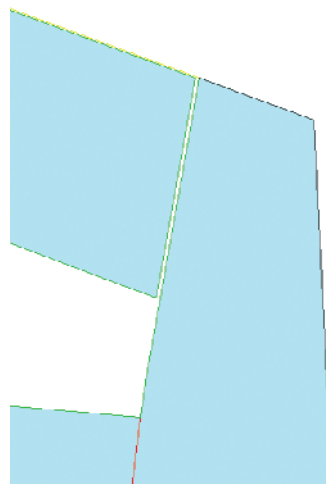
- Superficie de la projection au sol de l'ensemble des bâtiments de la parcelle
- Longueur du périmètre sur cours de l'ensemble des bâtiments de la parcelle
- Longueur des périmètres mitoyens de l'ensemble des bâtiments de la parcelle
- Orientation moyenne des façades sur rue par rapport au Nord (calculée à partir de l'orientation des annotations d'adresse de la parcelle)
- Position de l'immeuble par rapport à la rue (Immeuble d'angle de rues...)
- Période de construction du bâtiment ayant la plus grande emprise sur la parcelle

La hauteur du bâtiment n'a pas été directement retenue pour l'étude, mais comme décrit précédemment, le modèle numérique de surface a été utilisé pour procéder à la différenciation des parties basses des immeubles (concept de rez-de-chaussée et de dalles) afin d'en faire abstraction dans la calcul des mitoyennetés des bâtiments.

Afin de procéder à ce calcul, la couche des emprises bâties (surfactive) a été convertie en couche linéaire, l'identifiant d'origine de l'emprise bâtie étant conservée sur chaque segment. Ainsi, un segment d'emprise bâtie correspond à une portion de périmètre de l'emprise entre deux arêtes de bâtiments se touchant (cette segmentation peut être d'autant détaillée lorsque la couche linéaire de bâti est croisée avec la couche des bordures d'îlots toujours dans le but d'affiner la typologie des segments).

Dans l'extrait de carte ci-dessous, la couche des emprises bâtie est représentée par des aplats bleus (les aplats gris représentent les rez-de-chaussée et dalles et ne rentrent pas dans la prise en compte des calculs de mitoyenneté). La couleur des segments représente le type de mitoyenneté. Lors du passage de la couche surfactive en couche

linéaire, les segments mitoyens de deux bâtiments sont dédoublés et se chevauchent. Ceci permettra de les différencier des autres segments afin de les typer correctement. L'identification des segments sur rue se fait par requête spatiale avec les bordures d'îlots. En effet, tout segment du bâti (centroïde du segment) à moins de deux mètres du bord d'îlot sera considéré comme étant sur rue. La prise en compte de la mitoyenneté dépend de l'adjacence exacte de deux bâtiments moyens, montrant ainsi l'importance d'une topologie rigoureuse des bâtiments dans la constitution de cette couche. Ainsi, deux bâtiments ayant une légère superposition ou ayant un léger décalage ne seront pas considérés comme mitoyens. Dans l'exemple ci-dessous, les bâtiments ne se juxtaposent pas parfaitement (trou). Deux segments distincts ne se chevauchant pas sont ainsi générés. L'ensemble des segments sont considérés comme étant sur cours.



Une fois la typologie des périmètres des bâtiments opérée, celle-ci est transférée sur les bâtiments correspondants. Chaque bâtiment aura donc son périmètre sur cours, sur rue, et en mitoyenneté. Le lien avec la parcelle ayant également été défini sur chaque emprise bâtie, ces données peuvent donc ensuite être agrégées à la parcelle.

BIBLIOGRAPHIE

Arrêté du 15 septembre 2006 relatif aux méthodes, et procédures applicables au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine

Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement.

Habitat et développement durable : bilan rétrospectif et prospectif

JP. Traisnel. Les cahiers du CLIP numéro 13, 2001.

Le bilan énergétique de Paris.

CEREN, 2006.

Les chiffres clés du bâtiment : énergie et environnement.

ADEME, 2004.

The Physical Science Basis, fourth assessment report (AR4).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007.

Rapport d'activité 2004

CPCU.

CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE ET ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE LIÉES AU CHAUFFAGE DES RÉSIDENCES PRINCIPALES PARISIENNES

L'Apur a conduit ici une étude des émissions de gaz à effet de serre liées au chauffage des résidences principales à Paris. La démarche repose sur une modélisation du parc de logement parisien (96 000 bâtiments) et établit un diagnostic complet de ses performances énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre induites par le chauffage.

La consommation d'énergie des résidences principales parisiennes est de 247 kWh/m²/an dont 167 kWh/m²/an pour le chauffage.

Ces chiffres, conformes aux moyennes nationales, recouvrent des écarts très importants selon le type de chauffage retenu par les habitants. Aujourd'hui le mode le moins énergivore est l'électrique (<100 kWh/m²/an), les modes les moins économes sont le collectif gaz et le chauffage urbain (aux alentours de 250 kWh/m²/an).

Les raisons de ces écarts sont économiques et sociales.

En effet, en chauffage collectif (gaz, fioul ou chauffage urbain), les habitants ne sont pas facturés en fonction de leurs consommations. Les modes collectifs diluent donc très largement la responsabilité des consommateurs, dans la mesure où chacun ne peut réellement mesurer sur sa facture l'effet d'éventuelles économies d'énergie. Si l'on ajoute à cela les problèmes de régulation de température du collectif, il est courant d'observer des températures de plus de 23 °C dans les appartements, obligeant les occupants à ouvrir les fenêtres pour réguler eux-mêmes la température de leurs logements.

À l'inverse, les modes individuels incitent aux économies d'énergies car le fait de payer exactement ce qu'on doit a un effet responsabilisant, en particulier si l'énergie est chère. C'est le cas du chauffage électrique.

Au total les émissions de carbone par habitant sont de 338 kg par an pour le chauffage à Paris.

Cette valeur, qui est conforme à la moyenne nationale, recouvre elle aussi des écarts très importants allant de 89 kg/hab dans le cas du chauffage électrique à 665 kg/hab pour le fioul.