

Communauté urbaine de Bordeaux
Conseil général de la Gironde



Caractérisation thermique du parc bâti résidentiel de la CUB

Partie 1 : premier diagnostic de la performance
thermique du bâti résidentiel
(calcul des besoins de chauffage)

Objet de l'étude

Dans sa globalité, l'étude vise à quantifier les performances thermiques du parc résidentiel communautaire (besoins de chauffage, énergies utilisées, émissions de GES).

Il s'agit de disposer d'un outil paramétrable permettant de mesurer l'efficacité de différents scénarios d'actions publiques ou privées (isolation, changement du matériel de chauffage, recours aux énergies renouvelables...).



Équipe projet

Sous la direction de
Jean-Christophe Chadanson

Bob Clément
Emmanuel Fernandez
Jonas Biancolli

Avec la collaboration de
Christine Dubart
Jérôme Fuseau
Catherine Le Calvé
Stella Manning

Ce travail a été conduit avec la collaboration technique de l'Agence locale de l'Énergie Agglomération bordelaise et Gironde (ALEAB33).

Composition de l'étude

Après un rappel du contexte énergétique actuel, l'étude élabore une typologie thermique du parc résidentiel de la CUB. Sont ensuite présentés les paramètres du calcul des besoins de chauffage et les principaux résultats obtenus.



Sommaire

1 | Contexte

- 1.1 Les engagements internationaux
- 1.2 La loi Grenelle 1
- 1.3 Le contexte local
- 1.4 Le secteur du bâtiment : répartition des consommations

2 | Présentation de l'étude

- 2.1 Finalités globales de l'étude
- 2.2 Objectifs de l'étude et méthodologie

3 | Phase 1 : élaboration d'une typologie du bâti résidentiel

- 3.1 Le bâti de la communauté urbaine de Bordeaux
- 3.2 Fiches typologiques

4 | Phase 2 : calcul des besoins de chauffage spatialisés

- 4.1 Datation du bâti
- 4.2 Les paramètres de calcul : les déperditions de chaleur
 - 4.2.1 Propriétés constructives
 - 4.2.2 Propriétés morphologiques et urbaines
- 4.3 Les paramètres de calcul : les apports gratuits
 - 4.3.1 Les apports solaires
 - 4.3.2 Les apports internes
- 4.4 Calcul du besoin en énergie de chauffage
- 4.5 Résultat des besoins en énergie de chauffage

Note de synthèse



A l'heure où le Grenelle de l'environnement affiche des objectifs ambitieux de réduction des consommations d'énergie (38 % pour le parc existant d'ici 2020) et alors que différentes démarches d'élaboration de plans climats sont en cours sur le territoire girondin, une quantification des performances thermiques du parc résidentiel communautaire s'avère un outil précieux.

Cette démarche, dont le présent rapport ne constitue que la première phase, se veut un travail de fond, pensé en trois grandes étapes :

- étape 1 : élaboration d'une typologie thermique du parc communautaire et calculs des besoins théoriques de chauffage à la parcelle ;
- étape 2 : calcul des consommations et émissions de GES théoriques du parc, par intégration des données sur les équipements de chauffage ;
- étape 3 : élaboration et évaluation de différents scénarios spatialisés d'amélioration des performances du parc (isolation, changement des appareils de chauffage, recours aux énergies renouvelables...).

De fait, il s'agit globalement de disposer d'un outil de connaissance très précis du parc dont le support informatique (bases de données SIG) permet de modifier les paramètres d'entrée en vue de mesurer quantitativement les gains apportés par des scénarios d'actions publiques ou privées.

Le présent document rend compte des résultats de la première phase : calcul des besoins de chauffage du parc.

La première étape de ce calcul a été l'élaboration de fiches typologiques précisant, par grandes périodes de construction, les propriétés thermiques du bâti, eu égard aux matériaux employés et aux caractéristiques architecturales de la période.

Dans un second temps, un travail de datation du bâti a été conduit par croisement de différentes sources de données (INSEE, DGI, a'urba).

Enfin, pour chaque parcelle, a été calculé le besoin en énergie de chauffage des bâtiments, en intégrant à la fois les paramètres des fiches typologiques et des paramètres liés à forme urbaine : mitoyenneté, orientation et apports passifs.

Les résultats de l'étude mettent en évidence, l'importance du paramètre mitoyenneté dans les besoins de chauffage du parc communautaire. Ainsi, pour les constructions antérieures à 1990, les immeubles collectifs affichent-ils un besoin de chauffage au m²



d'un tiers inférieur à ceux des maisons individuelles, du fait principalement d'une mitoyenneté globalement plus élevée à surface habitable équivalente.

Ce paramètre morphologique profite largement aux constructions d'avant 1900 (et dans une moindre mesure à celles de la période 1900-1950), qui démontrent, grâce à une mitoyenneté importante (tissus d'échoppes, immeubles du centre ancien) et malgré la faible performance thermique de la pierre, des besoins équivalents aux constructions de la première réglementation thermique de 1975 !

A contrario, les constructions de la période 1950-1974 affichent les plus mauvais résultats par la combinaison de mauvaises propriétés thermiques constructives et d'une très faible mitoyenneté (tissus pavillonnaires périphériques, grands ensembles).

Cette cible prioritaire de la rénovation thermique représente environ 30% du parc de logements 2006. Cela étant, ce volume est à pondérer par l'effort de réhabilitation déjà engagé sur ce parc, et non pris en compte à ce stade de l'étude, par manque de données statistiques locales.

Les grands enjeux de la poursuite du travail sont donc :

- de qualifier la part de réhabilitation de l'ancien, afin de s'approcher au plus près de la réalité actuelle du parc ;
- d'intégrer les données sur les équipements de chauffage afin de traduire les besoins de chauffage en consommations d'énergie et en émissions de gaz à effet de serre ;
- de définir, par une analyse détaillée de la base de connaissance ainsi constituée, les secteurs dans lesquels conduire en priorité des actions de réhabilitations thermiques, en vue notamment de recourir aux énergies renouvelables ou « fatales » (récupération de chaleur) à basse température. De fait, les pompes à chaleur, la géothermie, voire le solaire thermique fournissent de la chaleur à « très basse température », et ne peuvent ainsi être utilisées que pour le chauffage de bâtiments très bien isolés. Ainsi, sauf à recourir à des énergies « à flamme », de type bois-énergie, la plupart des bâtiments du parc existant nécessitent d'importants travaux d'isolation en préalable à la mobilisation d'énergies renouvelables ou « fatales » pour leur chauffage.



1 | Contexte

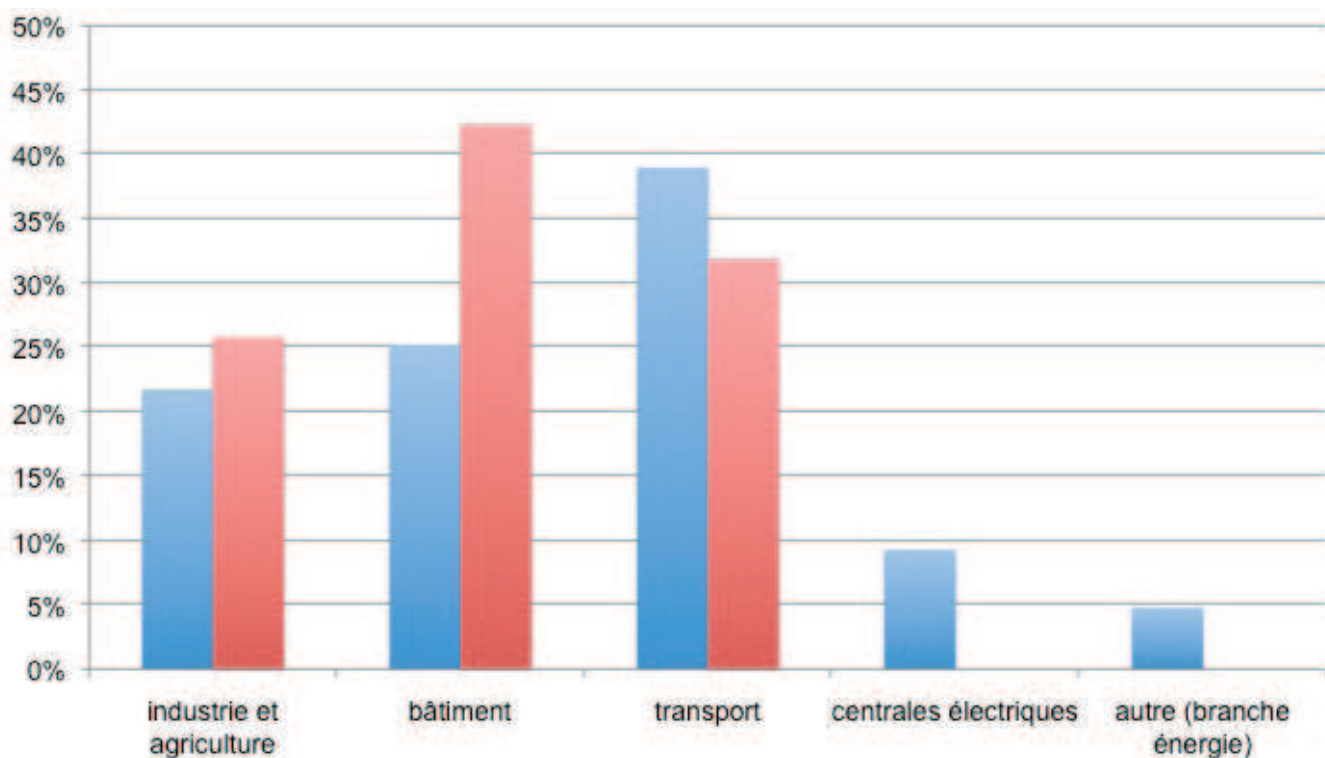


Illustration 1 : émissions de GES et consommations d'énergie par secteur en France.

Source : Service de l'Observation des Statistiques (Soes), 2007.

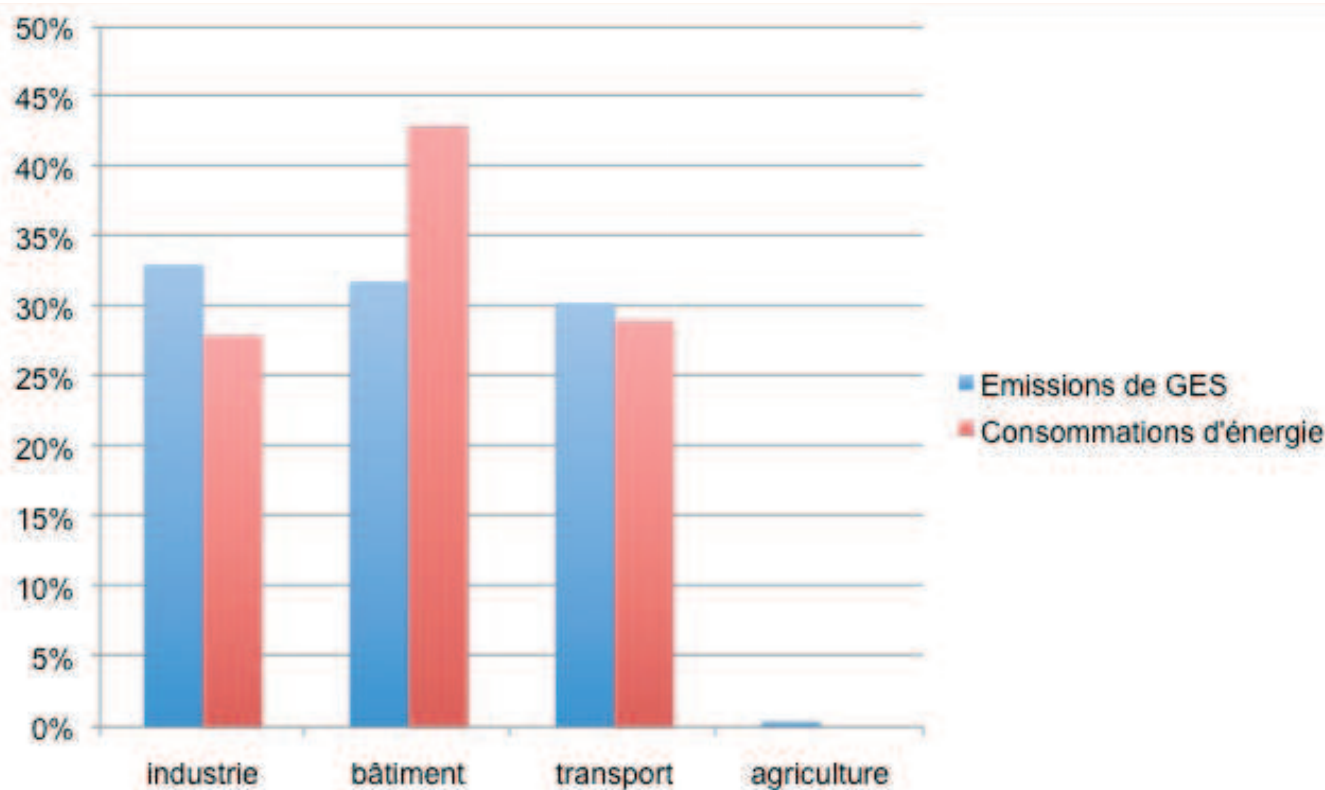


Illustration 2 : émissions de GES énergétiques et consommations d'énergie par secteur sur la CUB.

Source : ALEAB33, bilan énergie du territoire de la CUB 2007.

1 | Contexte

1.1 | Les engagements internationaux

La France a signé deux grands engagements internationaux sur la réduction de ses émissions de gaz à effet de serre (GES) :

- **le protocole de Kyoto**, qui se traduit par un engagement de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'au moins 5 % par rapport à leur niveau de 1990 à horizon 2012 ;
- **le paquet climat-énergie de l'Union Européenne**, qui prévoit un triple objectif à l'horizon 2020 :
 - une réduction de 20 % des émissions de GES par rapport à leur niveau de 1990 ;
 - porter la part des énergies renouvelables à 20 % de la consommation d'énergie finale ;
 - réaliser 20 % d'économies d'énergie.

1.2 | La loi Grenelle 1

La loi relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (Grenelle 1) réaffirme les engagements du paquet climat-énergie européen (le « 3x20 » à horizon 2020, avec une majoration de 3 points pour la part des énergies renouvelables dans la consommation totale, soit 23 %), tout en concentrant les efforts de réduction sur les secteurs des transports et du bâtiment. Ce dernier est identifié comme « le principal gisement d'économies d'énergie exploitable immédiatement ».

De fait, le projet prévoit la réduction des consommations d'énergie du parc de bâtiments existants d'au moins 38 % d'ici à 2020.

1.3 | Le contexte local

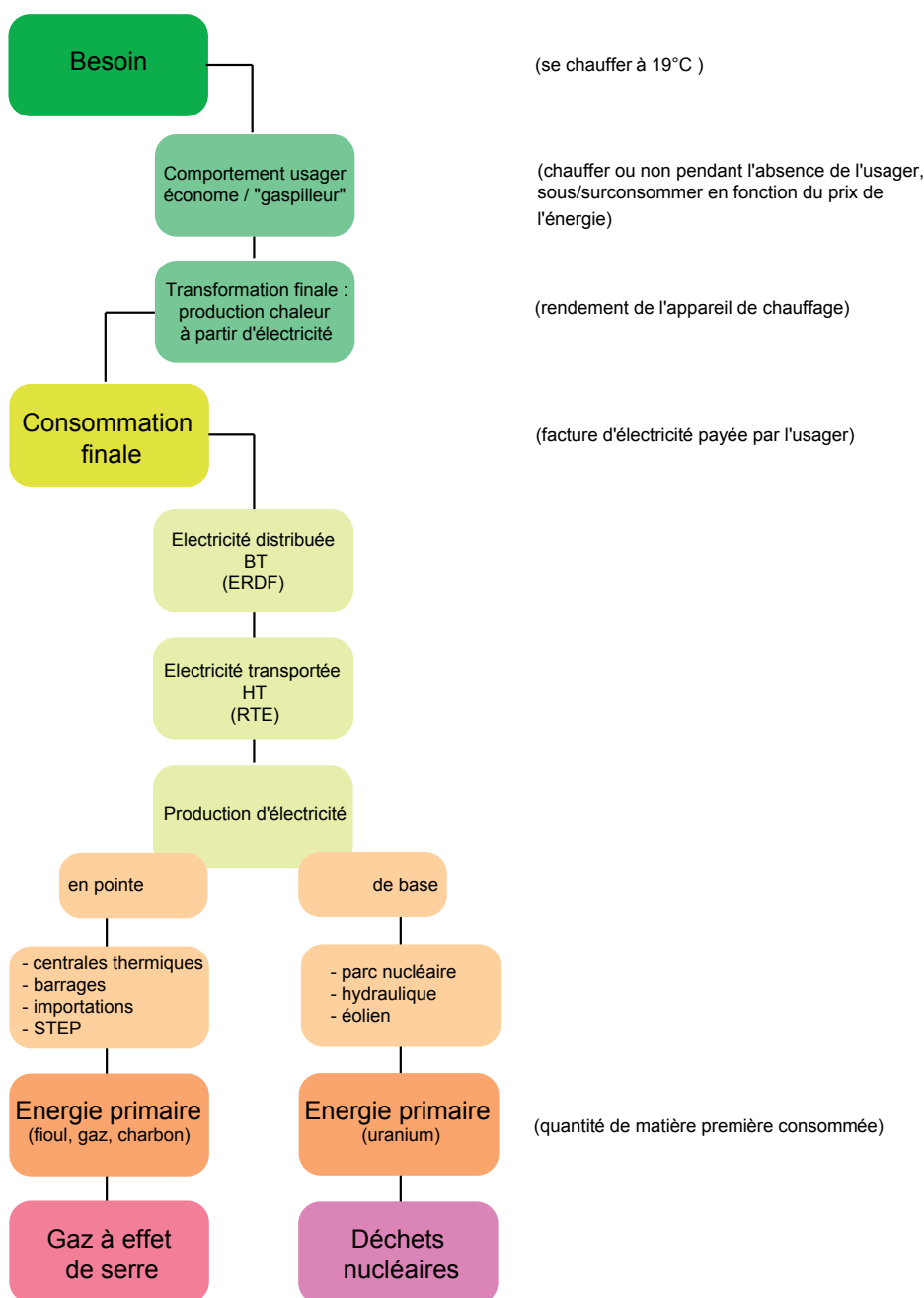
Afin de mettre en place une telle politique, à la fois volontariste et ambitieuse, la France doit mobiliser les collectivités locales et les inciter à agir à leur échelle. Ainsi, un certain nombre de Plans climats sont en cours d'élaboration au niveau régional (Plan climat de la région Aquitaine), départemental (Plan climat du département de la Gironde et Plan climat du Pays de la Haute-Gironde), communautaire (Plan climat de la CUB) et communal (Plan climat de la ville de Bordeaux, Mérignac et Pessac).

Les mesures de réductions visent tous les secteurs émetteurs. Cependant, la répartition nationale et locale des émissions de GES et des consommations d'énergie, met en évidence la part importante et grandissante que prend le secteur du transport et du bâtiment. Selon les données du service de l'observation des statistiques du ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, le bâti résidentiel représente les deux tiers de la consommation du secteur du bâtiment, contre un tiers pour le bâti tertiaire.

1 | Contexte

1.4 | Le secteur du bâtiment : répartition des consommations

La consommation d'énergie et l'émission de GES dans le secteur du bâtiment interviennent pour rendre un service à l'utilisateur qu'on appellera « besoin » ou énergie utile. Schématiquement, la chaîne qui part du besoin pour arriver à l'émission de GES est la suivante (le cas de l'éclairage est pris ici à titre d'illustration) :



Source : a'urba, ALEA B33

1 | Contexte

Ce système se décline pour chacun des usages consommateurs du secteur résidentiel (cf. illustration 3). La répartition des usages dans le secteur du bâtiment résidentiel met en évidence la part du **poste chauffage** qui représente les trois quarts des consommations d'énergie. **Ce sera donc sur ce poste consommateur et émetteur que les efforts de réduction devront se concentrer afin d'avoir un impact significatif sur les résultats globaux du secteur.**

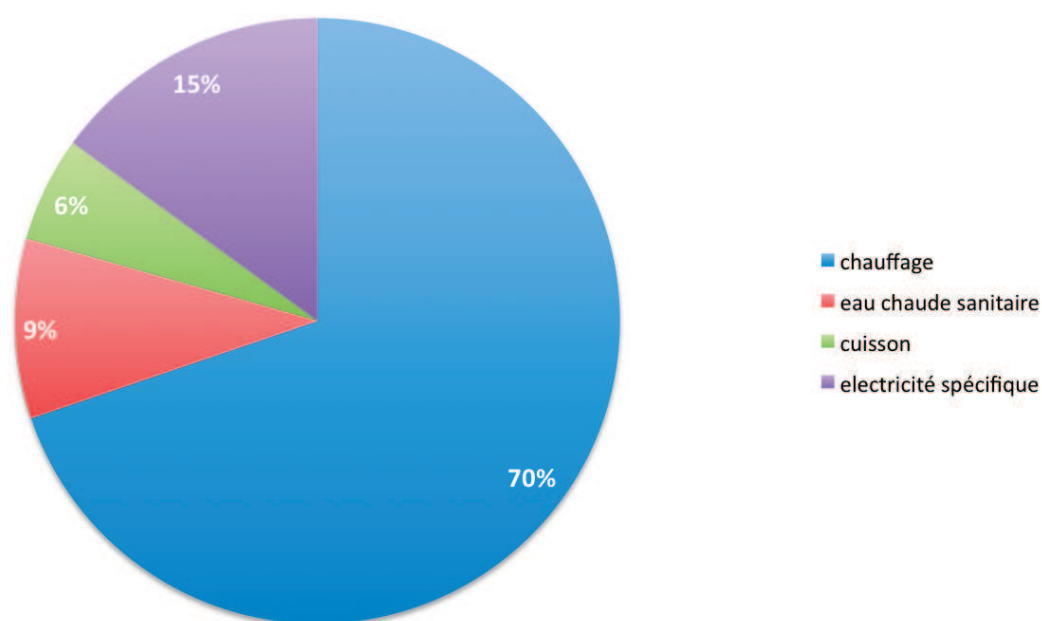


Illustration 3 : répartition de la consommation d'énergie du secteur résidentiel en fonction de l'usage.

Source : Soes d'après CEREN, 2007.

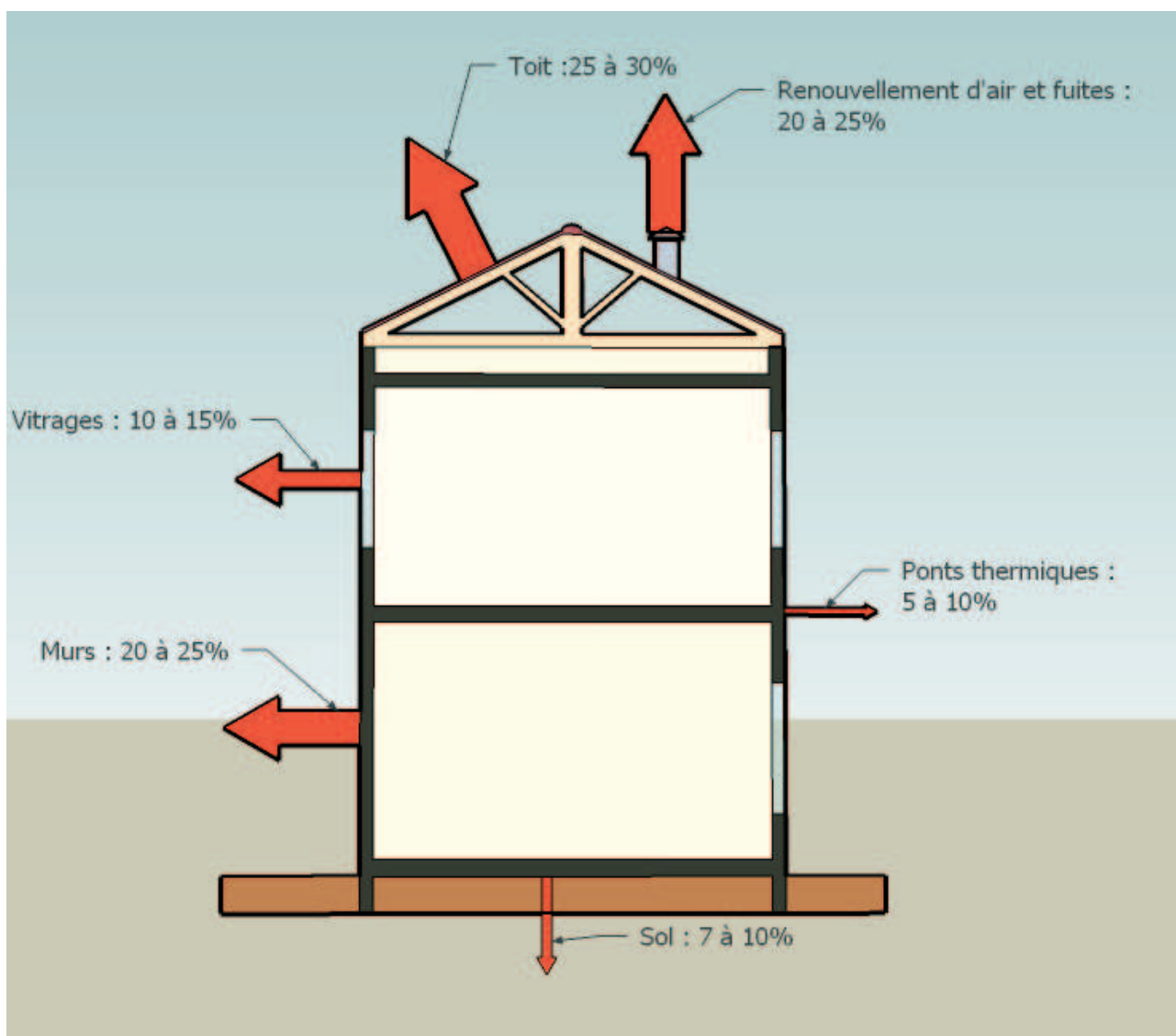


Illustration 4 : déperditions de chaleur dans une maison individuelle sans isolation thermique.
Source : ADEME

Paramètres de calculs dans le cas du chauffage

Le **besoin** en énergie de chauffage est l'énergie utile qu'il faut fournir afin de chauffer un bâtiment à une température de consigne, donc pour compenser les déperditions de chaleur, déduction faite des apports gratuits récupérables (apports solaires et internes). Les déperditions de chaleur d'un immeuble concernent son enveloppe, le renouvellement d'air et les infiltrations parasites (cf. illustration 4). La connaissance des propriétés constructives des bâtiments est donc indispensable au calcul du besoin en énergie thermique.

La **consommation d'énergie finale** sera l'énergie effectivement consommée, celle qui apparaîtra sur le compteur. Elle prend en compte les pertes du système de chauffage et le comportement de l'utilisateur.

Soit :

Consommation finale = besoin + pertes dues au rendement de l'appareil de chauffage + sur ou sous-consommation de l'utilisateur

La **consommation d'énergie primaire** prend en compte le rendement moyen à la production. Concrètement, il s'agit de multiplier la consommation d'énergie finale par un ratio afin d'obtenir la consommation d'énergie primaire. Ce ratio est égal à 1 dans le cas des énergies fossiles et a été fixé conventionnellement à 2,58 dans le cas de l'énergie électrique (soit l'inverse du rendement de production fixé par convention à 0.388 pour l'électricité produite par des procédés essentiellement thermiques incluant le nucléaire).

Consommation primaire = consommation finale x ratio

Enfin, l'émission de GES, sera le poids de GES émis pour chauffer le bâtiment. Il est directement proportionnel à la consommation finale, et dépend du type d'énergie utilisée pour chauffer le bâtiment.

Soit :

Émission = conso finale x facteur d'émission de l'énergie de chauffage

Le facteur d'émission de l'énergie de chauffage étant la masse de GES émise pour un kWh d'énergie finale consommée. Il varie donc en fonction de l'énergie utilisée.

Ainsi, une des possibilités offertes par la mise en place de cette caractérisation thermique est de définir qualitativement et quantitativement les paramètres sur lesquels intervenir en priorité afin de réduire le besoin en énergie de chauffage.



2 | Présentation de l'étude

2 | Présentation de l'étude

2.1 | Finalités globales de l'étude

Les études énergétiques sont, pour la plupart, basées sur l'exploitation de ratios de consommations et d'émissions de GES établis à l'échelle nationale par des bureaux d'études publics ou privés. Ceux-ci ne permettent donc pas de décrire précisément la situation locale et encore moins d'établir des scénarios chiffrés de réduction des consommations et des émissions de GES.

Une des finalités de cette étude sera donc de calculer ces ratios en partant de la réalité locale, c'est à dire directement des besoins en énergie de chauffage du parc résidentiel de la communauté urbaine

Soulignons à ce titre l'intérêt du bilan énergétique actuellement en cours de réalisation par l'agence locale de l'énergie (ALEAB33). Fondé sur l'analyse des consommations réelles du territoire, ce travail permettra d'alimenter en données locales fiabilisées la présente étude.

Enfin, au vu des nombreux Plans climats initiés sur le territoire, l'étude proposera une approche transversale à plusieurs échelles (communauté urbaine, communes) permettant une cohérence dans la mise en place d'actions publiques.

2.2 | Objectifs de l'étude et méthodologie

L'objectif visé dans cette première phase de l'étude est de caractériser les propriétés thermiques du parc bâti résidentiel au regard de ses besoins en énergie thermique. Pour cela la méthodologie employée comprend deux étapes :

- élaboration de fiches typologiques précisant les caractéristiques constructives du bâti de la CUB en fonction de la période de construction et du type d'habitat (collectif ou individuel) ;
- calcul et spatialisation des besoins en énergie de chauffage.

En outre il s'agit d'initier la construction d'une base de connaissance informatisée permettant à terme l'élaboration de scénarios prospectifs de réduction des consommations de chauffage et des émissions de GES liées.

Pour ce faire, un travail d'analyse des systèmes et équipements de chauffage du parc sera à conduire, lors d'une phase ultérieure de travail, à partir des données disponibles auprès de l'INSEE. Le croisement des besoins calculés dans cette première phase de l'étude et des équipements de chauffage recensés permettra de calculer les consommations théoriques du parc, qui pourront être validées soit individuellement, par échantillonnage et sondage, soit globalement, en rapprochant les consommations totales calculées des consommations réelles fournies par le bilan énergétique de l'ALEAB33.



3 | Phase 1 : élaboration d'une typologie du bâti résidentiel

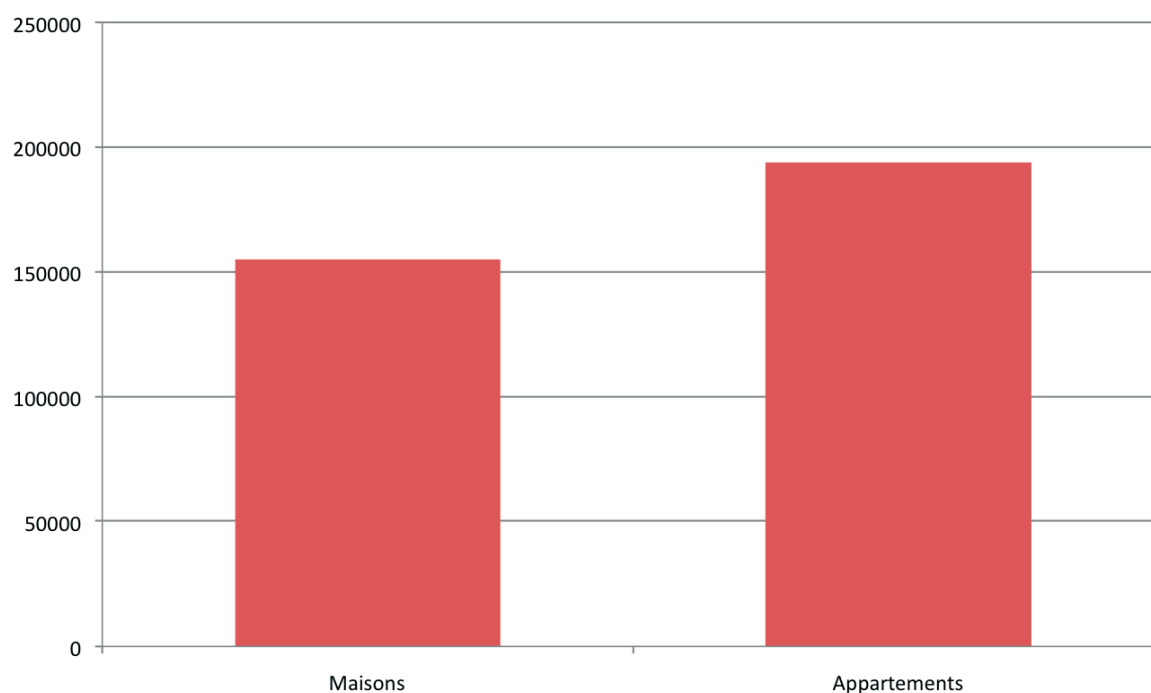


Illustration 5 : type d'habitat sur la CUB (en nombre de logements).

Source : INSEE, recensement continu de la population 2006

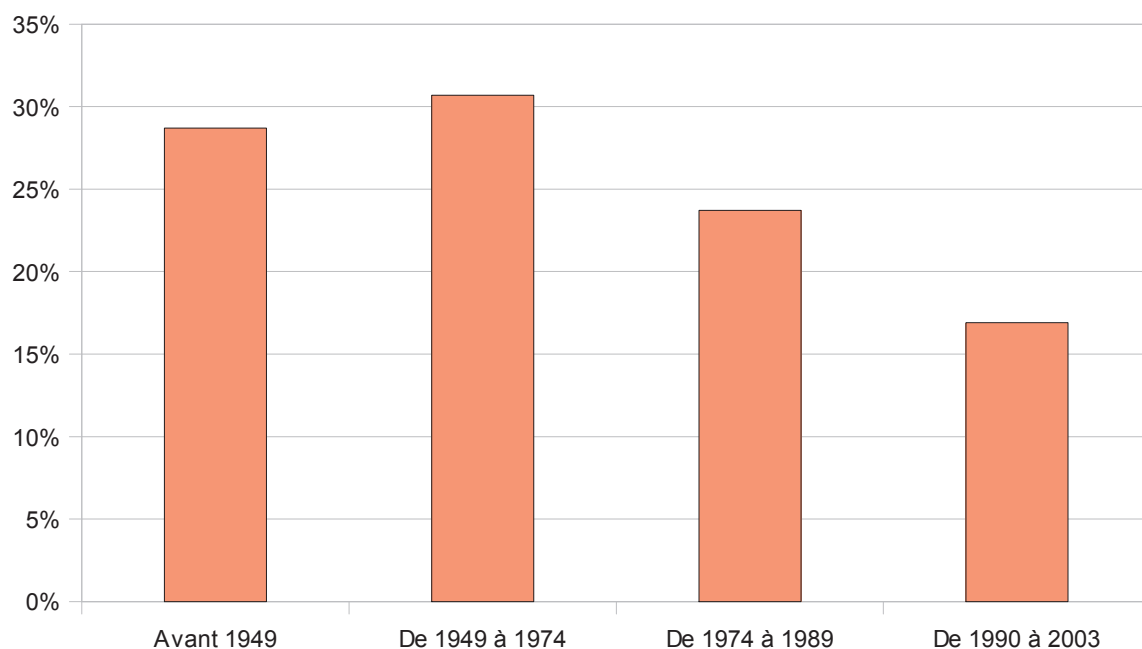


Illustration 6 : répartition des résidences principales selon leur date de construction.

Source : INSEE, recensement continu de la population 2006

3 | Phase 1 : élaboration d'une typologie du bâti résidentiel

Les caractéristiques thermiques d'un bâtiment sont directement liées aux matériaux de construction, il est donc nécessaire de recenser les différentes solutions constructives employées sur le territoire communautaire et d'en déduire les propriétés thermiques.

La méthode choisie consiste à dégager des procédés constructifs typiques pour chaque période de construction, pour les immeubles collectifs d'une part et pour les maisons individuelles d'autre part.

3.1 | Le bâti de la communauté urbaine de Bordeaux

Le territoire de la communauté urbaine de Bordeaux regroupe 27 communes, et compte 715 000 habitants, dont 236 000 sur la seule commune de Bordeaux. Le territoire communautaire comprend plusieurs formes d'urbanisme, allant du plus compact au plus diffus, de l'immeuble collectif de ville à la maison individuelle de lotissement.

Identifier les types architecturaux présents sur le territoire revient à retracer l'histoire urbaine de l'agglomération à partir du XVIII^e siècle. Au cours de ce siècle, la restructuration urbaine se traduit par la construction d'immeubles de rapport dans le centre ville Bordelais. Immeubles construits en pierres de taille apparentes formant la « ville de pierre » aujourd'hui classée au patrimoine mondial de l'UNESCO.

La vague suivante de construction, datant du milieu du XIX^e siècle et allant jusqu'aux années précédant la Seconde Guerre mondiale, se caractérise par la construction massive de maisons individuelles de ville, dites échoppes. Ces maisons typiquement bordelaises ont vocation d'habitat ouvrier, puis ont évolué en maisons bourgeoises abritant plutôt des classes moyennes.

Dans les années 50, des projets de grands ensembles, tel que la cité du Grand Parc, voient le jour, parallèlement à la systématisation de la maison individuelle de lotissement qui se poursuivra jusqu'à nos jours. Ces opérations touchent en particulier les communes périphériques à la ville de Bordeaux.

L'habitat individuel représente donc une part importante du parc de logements de la communauté urbaine. Selon les résultats du recensement continu de la population de 2006 cette proportion s'élève à 44 % du parc, soit environ 155 000 logements sur un total de 351 700 logements.

En terme de répartition du bâti selon leur âge, les résultats de l'INSEE mettent en évidence la part majoritaire de bâti construit avant 1974 (environ 60 %), c'est à dire avant la première réglementation thermique.

Présentation des fiches typologiques

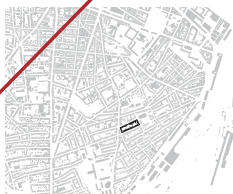
Période de construction étudiée : elles sont au nombre de sept et regroupées en quatre fiches. Les périodes régies par une réglementation thermique sont traitées ensemble.

Avant 1900

Maisons individuelles

Les maisons individuelles construites sur la communauté urbaine avant 1900 sont de deux types : les échoppes et les maisons de ville. Leur construction a débuté au XVIII^e siècle pour s'intensifier dans la seconde partie du XIX^e et pour finir au début du XX^e siècle. Les échoppes étaient destinées à accueillir une population ouvrière, d'où leurs dimensions inférieures à celles des maisons de ville accueillant des propriétaires plus aisés. Toutes deux sont organisées en îlots fermés et constitués pour la plupart de jardins privatifs intérieurs.

Caractéristiques urbaines et constructives



L'îlot considéré se situe au sud-est de la ville de Bordeaux dans le quartier Saint-Jean, près de la gare. Il est délimité par les rues Pelleport et d'Aubidey.

Densité bâti : 1,10
Nombre d'étages moyen : 1,75
Coefficient d'emprise au sol : 62 %
Mitoyenneté moyenne : 55 %



Les échoppes de cette époque présentent généralement une façade en pierres de taille apparentes dont l'épaisseur est d'environ 50 cm sur rue et 25 cm sur cour. Elles sont formées d'un ou de deux étages d'une hauteur variant entre 3 et 4 m. Le toit est composé de tuiles grondes ou bien plates s'appuyant sur une charpente en bois.

Propriétés constructives

Vitrage (taux de vitrage de 20 %) :
- vitrage simple

Propriétés thermiques

4,95 W/K.m²

Murs sur rue - cour : 1,45 - 2,2 W/K.m²
Toiture : 1,50 W/K.m²
Porte : 3,5 W/K.m²
Sol : 1,05 W/K.m²
Ponts thermiques planchers - autres : 0,9 W/K.m - 0,15 W/K.m

Ventilation naturelle :

1 volume / heure

Immeubles collectifs

La grande majorité des immeubles collectifs construits avant 1900 se situe dans le cœur historique de la communauté urbaine que constitue « la ville de pierre ». Rares sont les constructions datant d'avant le XVII^e siècle, la plupart ayant été construites au XVIII^e et au XIX^e siècle. Avant le XIX^e siècle les immeubles étaient implantés dans un parcellaire étroit et profond présentant une cour intérieure modeste. Le XIX^e siècle connaît des constructions plus larges et plus monumentales comprenant dans certains cas un étage de comble sous les toits.

Caractéristiques urbaines et constructives



L'îlot est situé en plein centre de la commune de Bordeaux, dans le quartier Fondaudège, près de la place des Quinances et du jardin public. Il est entouré par les rues Fondaudège et Duplessy.

Densité bâti : 2,60
Nombre d'étages moyen : 3
Coefficient d'emprise au sol : 85 %
Mitoyenneté moyenne : 64 %



Les immeubles de cette époque présentent des façades sur rue et sur cour en pierres de taille apparentes respectivement d'épaisseur de 65 cm et de 25 cm. Le nombre d'étage reste variable, mais est rarement supérieur à 5. Les étages mesurent entre 3 et 4 mètres. La toiture est constituée de tuiles grondes ou plates ainsi que d'une charpente en bois.

Propriétés constructives

Vitrage (taux de vitrage de 30 %) :
- vitrage simple

Propriétés thermiques

4,95 W/K.m²

Murs sur rue : 1,15 W/K.m²
Murs sur cour : 2,2 W/K.m²
Toiture : 1,50 W/K.m²
Ponts thermiques planchers - autres : 0,9 W/K.m - 0,15 W/K.m

Ventilation naturelle :

1 volume / heure

Étude morphologique d'un îlot type.

Gabarit.

Propriétés constructives de l'enveloppe extérieure du bâti et de la ventilation intérieure et coefficients de déperdition thermique qui leur sont associés. Les valeurs données sont les conductances, soit la capacité qu'ont les matériaux à laisser passer la chaleur.

Brève histoire de la construction et de l'implantation de ce type de bâti sur le territoire.

3 | Phase 1 : élaboration d'une typologie du bâti résidentiel

3.2 | Fiches typologiques

Les fiches typologiques présentent les propriétés constructives et morphologiques des bâtiments résidentiels du territoire communautaire, en fonction de leur période de construction ainsi que de leur caractère individuel ou collectif. Le choix des périodes de constructions s'est fait selon celles de l'INSEE et selon les réglementations thermiques successives (RT74/81, RT89, RT2000, RT2005).

Ont ainsi été retenues les sept périodes suivantes : avant 1900, 1901-1950, 1951-1974, 1975-1989, 1990-2000, 2001-2005, après 2005.

Les fiches ont été élaborées à partir d'un travail de documentation bibliographique (CSTB, cahiers du Clip, réglementations thermiques), d'observations sur le terrain, et d'entretiens avec des architectes spécialisés en histoire de l'architecture.

Les indicateurs utilisés pour préciser les caractéristiques urbaines et constructives sont définies ainsi :

Coefficient d'emprise au sol (CES) : surface de l'emprise bâtie rapportée à la surface totale de l'îlot.

Densité bâti d'un îlot : $CES \times$ hauteur moyenne du bâti.

Mitoyenneté (ou taux de mitoyenneté) d'un bâtiment : proportion de façade linéique mitoyenne avec du bâti adjacent (soit le rapport entre la longueur de façade mitoyenne et le périmètre du bâti considéré).

Mitoyenneté moyenne d'un îlot : moyenne des taux de mitoyenneté des bâtiments d'un îlot

Avant 1900

Maisons individuelles

Les maisons individuelles construites sur la communauté urbaine avant 1900 sont de deux types : les échoppes et les maisons de ville. Leur construction a débuté au XVIII^e siècle pour s'intensifier dans la seconde partie du XIX^e et pour finir au début du XX^e siècle. Les échoppes étaient destinées à accueillir une population ouvrière, d'où leurs dimensions inférieures à celles des maisons de ville accueillant des propriétaires plus aisés. Toutes deux sont organisées en îlots fermés et constitués pour la plupart de jardins privatifs intérieurs.

Caractéristiques urbaines et constructives



L'îlot considéré se situe au sud-est de la ville de Bordeaux dans le quartier Saint-Jean, près de la gare. Il est délimité par les rues Pelleport et d'Aubidey.

Densité bâti : 1,10
Nombre d'étages moyen : 1,75
Coefficient d'emprise au sol : 62 %
Mitoyenneté moyenne : 55 %



Les échoppes de cette époque présentent généralement une façade en pierres de taille apparentes dont l'épaisseur est d'environ 50 cm sur rue et 25 cm sur cour. Elles sont formées d'un ou de deux étages d'une hauteur variant entre 3 et 4 m. Le toit est composé de tuiles girondes ou bien plates s'appuyant sur une charpente en bois.

Propriétés constructives

Vitrage (taux de vitrage de 20 %) :
- vitrage simple

4,95 W/K.m²

Murs sur rue - cour :
Toiture :
Porte :
Sol :
Ponts thermiques planchers - autres :

1,45 - 2,2 W/K.m²
1,50 W/K.m²
3,5 W/K.m²
1,05 W/K.m²
0,9 W/K.m - 0,15 W/K.m

Ventilation naturelle :

1 volume / heure

Immeubles collectifs

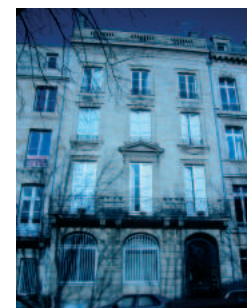
La grande majorité des immeubles collectifs construits avant 1900 se situe dans le cœur historique de la communauté urbaine que constitue « la ville de pierre ». Rares sont les constructions datant d'avant le XVII^e siècle, la plupart ayant été construites au XVIII^e et au XIX^e siècle. Avant le XIX^e siècle les immeubles étaient implantés dans un parcellaire étroit et profond présentant une cour intérieure modeste. Le XIX^e siècle connaîtra des constructions plus larges et plus monumentales comprenant dans certains cas un étage de comble sous les toits.

Caractéristiques urbaines et constructives



L'îlot est situé en plein centre de la commune de Bordeaux, dans le quartier Fondaudège, près de la place des Quinconces et du jardin public. Il est entouré par les rues Fondaudège et Duplessy.

Densité bâti : 2,60
Nombre d'étages moyen : 3
Coefficient d'emprise au sol : 85 %
Mitoyenneté moyenne : 64 %



Les immeubles de cette époque présentent des façades sur rue et sur cour en pierres de taille apparentes respectivement d'épaisseur de 65 cm et de 25 cm. Le nombre d'étage reste variable, mais est rarement supérieur à 5. Les étages mesurent entre 3 et 4 mètres. La toiture est constituée de tuiles girondes ou plates ainsi que d'une charpente en bois.

Propriétés constructives

Vitrage (taux de vitrage de 30 %) :
- vitrage simple

4,95 W/K.m²

Murs sur rue :
Murs sur cour :
Toiture :
Ponts thermiques planchers - autres :

1,15 W/K.m²
2,2 W/K.m²
1,50 W/K.m²
0,9 W/K.m - 0,15 W/K.m

Ventilation naturelle :

1 volume / heure

1900-1950

Maisons individuelles

Les maisons individuelles construites sur la communauté urbaine entre 1900 et 1950 sont extérieurement peu différenciables des échoppes construites précédemment. La construction de maisons individuelles type échoppe se poursuit donc dans les quartiers périphériques du centre bordelais et dans certaines communes alentours telles que Pessac ou Mérignac. Ces échoppes, contrairement aux précédentes, accueillent plutôt des classes moyennes de cadres, d'employés ou de fonctionnaires. La morphologie des îlots reste la même que durant le siècle précédent.

Caractéristiques urbaines et constructives



L'îlot considéré se situe à l'ouest de la ville de Bordeaux près du quartier Mériadeck et du cimetière de la Chartreuse. Il est délimité par le boulevard Georges Pompidou et la rue Berruer.

Densité bâti : 0,87
Nombre d'étages moyen : 1,42
Coefficient d'emprise au sol : 61 %
Mitoyenneté moyenne : 49 %

Les maisons individuelles de cette époque sont plus majoritairement des échoppes doubles que simples. La façade est en pierres de taille apparentes d'environ 50 cm d'épaisseur sur rue et d'environ 25 cm sur cour.

La toiture est constituée de tuiles gironde ou plates appuyées sur une charpente en bois.



Propriétés constructives

Vitrage (taux de vitrage de 30 %) :
- vitrage simple

4,95 W/K.m²

Murs sur rue - cour :
Toiture :
Porte :
Sol :
Ponts thermiques planchers - autres :

1,45 - 2,2 W/K.m²
1,50 W/K.m²
3,5 W/K.m²
1,05 W/K.m²
0,9 W/K.m - 0,15 W/K.m

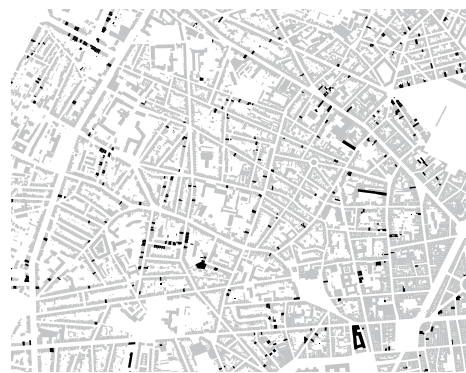
Ventilation naturelle :

1 volume / heure

Immeubles collectifs

Il n'y a pas eu de grandes opérations de construction d'immeubles collectifs entre 1900 et 1950. Ainsi, ils viennent compléter des îlots déjà existant ou bien remplacer des immeubles plus anciens. La situation géographique de ces immeubles sur le territoire est donc diffuse. On en retrouve aussi bien dans le centre de l'agglomération comme en périphérie. Mêmes si les immeubles sont extérieurement semblables à ceux des périodes de construction antérieures, de nouveaux matériaux font leur apparition dans leur composition, comme le béton employé dans l'ossature.

Caractéristiques urbaines et constructives



Les immeubles pris comme exemple se trouvent dans le centre de l'agglomération bordelaise. Les caractéristiques urbaines ont été calculées à partir d'un immeuble situé rue Pedroni.

Densité bâti : 1,76
Nombre d'étages moyen : 3
Coefficient d'emprise au sol : 59 %
Mitoyenneté moyenne : 53 %

Les immeubles de cette époque présentent des façades sur rue et sur cour en pierres de taille apparentes respectivement de 65 cm et 25 cm d'épaisseur. L'ossature des immeubles est généralement en béton. Le nombre d'étage reste variable, mais est rarement supérieur à 5. La toiture est constituée d'une charpente en bois ainsi que de te tuiles plates ou gironde.



Propriétés constructives

Vitrage (taux de vitrage de 30 %) :
- vitrage simple

4,95 W/K.m²

Murs sur rue :
Murs sur cour :
Toiture :
Ponts thermiques planchers - autres :

1,15 W/K.m²
2,2 W/K.m²
1,50 W/K.m²
0,9 W/K.m - 0,15 W/K.m

Ventilation naturelle :

1 volume / heure

1950-1975

Maisons individuelles

Les maisons individuelles construites à partir des années 50 sont essentiellement regroupées en zones pavillonnaires, fruit d'une volonté d'une partie de la population d'accéder à la propriété. Celles-ci sont implantées dans les territoires périphériques et périurbains de la communauté de communes. Au sein des îlots, le découpage parcellaire est régulier et homogène. Les maisons sont de faibles hauteurs, construites en retrait par rapport à la voirie, et présentent un jardin privatif.

Caractéristiques urbaines et constructives



L'îlot considéré se situe dans la commune d'Eysines, au nord-ouest de Bordeaux. Il est entouré par les rues Honoré de Balzac et Gustave Flaubert.

Densité bâti: 0,23
Nombre d'étages moyen: 1,77
Coefficient d'emprise au sol: 17 %
Mitoyenneté moyenne: 10 %



Les maisons individuelles de cette époque sont construites en parpaings de béton d'environ 30 cm d'épaisseur avec une ossature en béton. D'un ou deux étages maximum, ceux-ci ne dépassent pas la hauteur de trois mètres. La toiture est constituée de tuiles rondes appuyées sur une charpente en bois.

Propriétés constructives

Vitrage (taux de vitrage de 30 %) :
- vitrage simple

4,95 W/K.m²

Murs :
Toiture :
Porte :
Sol :
Ponts thermiques planchers - autres :

2,5 W/K.m²
1,50 W/K.m²
3,5 W/K.m²
1,05 W/K.m²
1,2 W/K.m - 0,15 W/K.m

Ventilation naturelle :

1 volume / heure

Immeubles collectifs

Après guerre, commence une période de construction massive de logements, à la fois pour moderniser les villes et faire face à une grave crise du logement. Ce sera donc l'occasion pour les architectes du Mouvement moderne de s'exprimer. Ainsi, l'îlot « vert » et ouvert fera son apparition préférant les constructions tout béton à la traditionnelle pierre de taille. Les immeubles collectifs de cette époque sont de hauteur élevée pour permettre de créer un maximum de logements dans un minimum d'occupation au sol.

Caractéristiques urbaines et constructives



L'îlot étudié se situe dans le grand ensemble « Grand Parc », au nord-est de la commune de Bordeaux.

Densité bâti : 1,71
Nombre d'étages moyen : 10
Coefficient d'emprise au sol : 17 %
Mitoyenneté moyenne : 0 %



Les immeubles de cette époque présentent des façades largement vitrées, dont les murs sont en voile de béton et le toit terrasse en béton également. Les deux faisant une épaisseur d'environ 20 cm. Les immeubles ont une hauteur importante et sont isolés les uns des autres par une dalle ou un parc.

Propriétés constructives

Vitrage (taux de vitrage de 50 %) :
- vitrage simple

4,95 W/K.m²

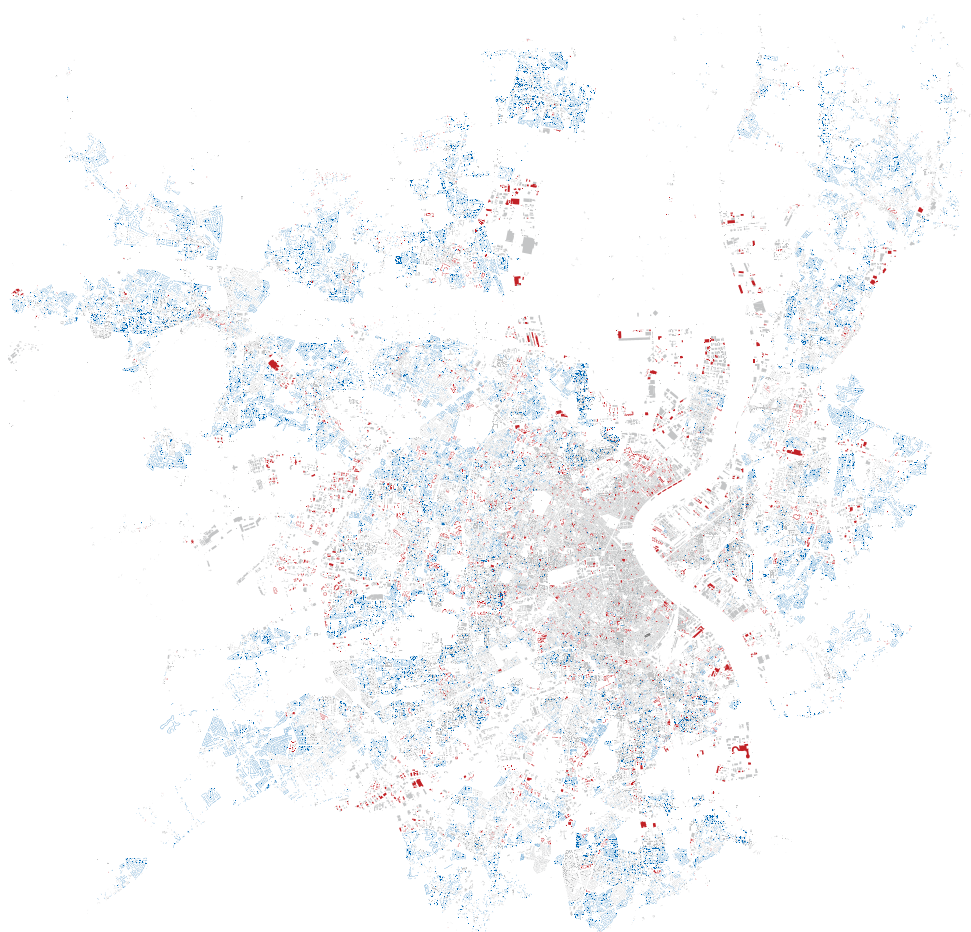
Murs :
Toiture :
Ponts thermiques planchers - autres :

2,50 W/K.m²
2,50 W/K.m²
1,2 W/K.m - 0,15 W/K.m

Ventilation naturelle :

1 volume / heure

Périodes de construction soumises à des réglementations thermiques



Maisons individuelles construites après 1975

Immeubles collectifs construits après 1975

En 1974, le premier choc pétrolier fait prendre conscience de l'importance et l'intérêt d'une politique d'économie d'énergie. Ainsi, en 1974 sera publiée la première réglementation thermique (RT) de la construction neuve. Son but est de contraindre les constructions nouvelles à adopter des matériaux plus performants en terme d'isolation thermique afin de diminuer les consommations en énergie de chauffage de ceux-ci. De 1974 à nos jours, trois réglementations vont se succéder, durcissant progressivement les exigences à respecter. A partir de la RT2000, l'objectif étant d'obtenir un gain de consommation de 10 % tous les 5 ans sur la consommation d'énergie globale des bâtiments neufs.

Sur le territoire, les maisons individuelles construites à partir de 1974 se situent surtout en périphérie de la communauté urbaine et au sein de lotissements ou de zones pavillonnaires. Les immeubles collectifs sont eux clairsemés sur le territoire aussi bien en centre qu'en périphérie. Dans la plupart des cas, il s'agit d'opérations isolées de remplacement de bâtiment existant ou bien de construction dans des îlots datant de périodes antérieures.

Une analyse morphologique de l'implantation urbaine du bâti de ces époques ne serait pas viable étant donné l'hétérogénéité des opérations de construction.

Les matériaux de construction de l'enveloppe extérieure sont systématiquement associés à des matériaux isolants placés à l'intérieur ou bien à l'extérieur de l'édifice (ce qui permet de diminuer fortement les pertes de chaleur à travers les ponts thermiques), et choisis afin de respecter la réglementation thermique en vigueur.

		RT 1975	RT 1989	RT 2000	RT 2005
Maisons individuelles	murs	0,8	0,7	0,4	0,35
	vitrage	4,8	2,45	2,2	2
	toiture	0,65	0,3	0,25	0,22
	Porte	3,5	3,5	1,5	1,5
	Sol	0,55	0,35	0,22	0,2
	ventilation	1	0,5	0,5	0,5
Immeubles collectifs	murs	1,15	0,75	0,65	0,6
	vitrage	4,8	2,45	2,25	2
	toiture	1,15	0,5	0,4	0,35
	ventilation	1	0,5	0,5	0,5

Coefficients moyens de déperdition (Umoy), exprimés en W/m².K suivant le type de construction et la réglementation thermique en vigueur. Ces coefficients prennent en compte les déperditions par les ponts thermiques.



4 | Phase 2 : calcul des besoins de chauffage spatialisés

Schématisation de l'algorithme de datation

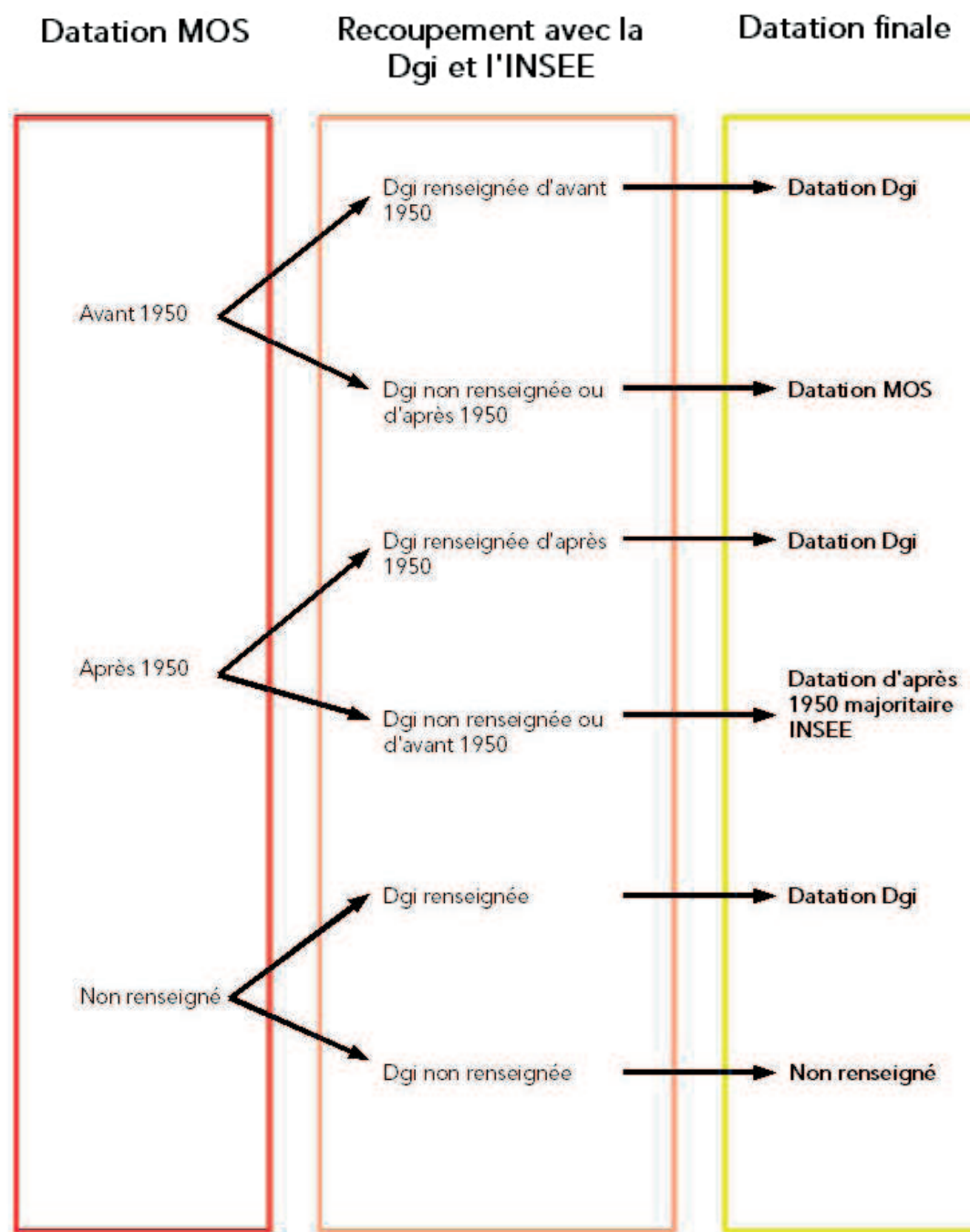


Illustration 7 : Algorithme de datation du bâti résidentiel.

4 | Phase 2 : calcul des besoins de chauffage spatialisés

Le calcul des besoins en énergie de chauffage passe par la détermination de deux familles de paramètres : les déperditions de chaleur et les apports gratuits. Leur quantification à l'échelle du bâtiment permet en prenant en compte les conditions climatiques locales, d'en déduire un besoin en chauffage.

Les déperditions de chaleur comme les apports gratuits sont tous deux à la fois fonction des propriétés constructives du bâtiment ainsi que de sa morphologie et de son implantation dans l'environnement urbain.

Afin d'établir la caractérisation thermique la plus juste possible, les calculs associeront les propriétés thermiques des matériaux fixées par les fiches typologiques aux surfaces d'enveloppes et aux volumes réels de chaque bâtiment. La donnée de liaison entre ces paramètres étant la période de construction du bâti.

4.1 | Datation du bâti

Chaque bâtiment résidentiel doit être daté afin de pouvoir lier ses caractéristiques réelles aux paramètres thermiques théoriques.

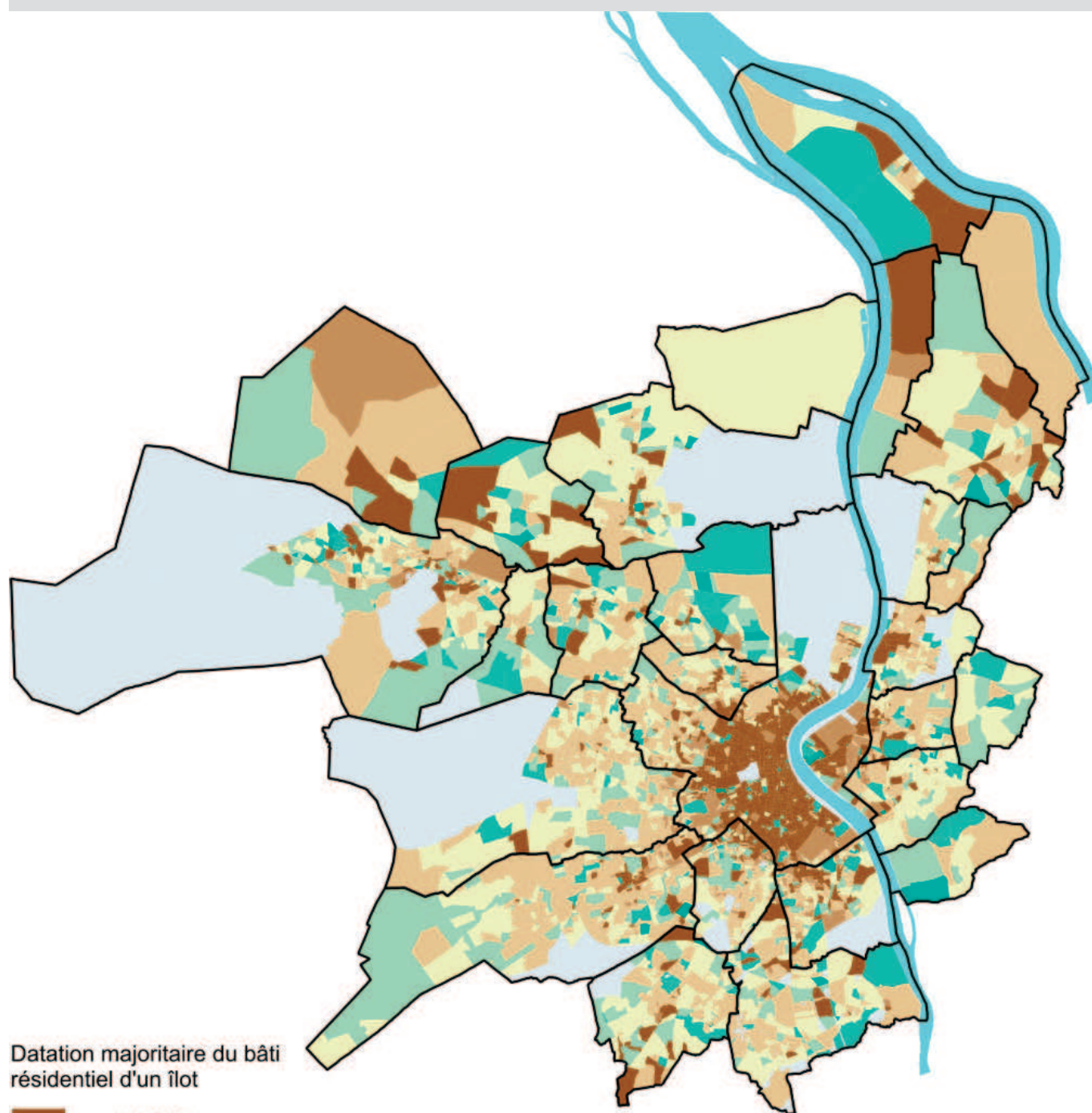
La méthode utilisée est de dater chaque parcelle du territoire communautaire, en recoupant les informations de plusieurs bases de données disponibles à l'a-urba :

- la base du mode d'occupation du sol (MOS), qui indique si la parcelle accueille un bâtiment construit avant ou après 1950, et si il s'agit d'une maison individuelle ou bien d'un immeuble collectif. Cette base de donnée a été construite par l'agence à partir d'un travail de terrain en 2003 ;
- la base de la direction générale des Impôts (DGI), qui indique l'année de construction ou de validation du permis de construire, pour une opération de réhabilitation ou de construction. Cette base est déclarative, donc sujette à de fréquentes erreurs ;
- la base du recensement général de la population de 1999 réalisée par l'INSEE, qui renseigne le nombre de logements construits lors de chacune des périodes de construction à l'échelle de l'îlot INSEE.

Chacune des bases présentées ci-dessus comporte des parcelles non renseignées ou bien des erreurs de datation. Un travail de terrain a donc été essentiel pour élaborer un algorithme permettant de tirer meilleur profit de chacune des bases afin de s'approcher au plus près d'une datation exhaustive et précise du bâti résidentiel de la communauté urbaine.

Le but de l'algorithme a donc été de hiérarchiser les informations fournies par les bases et de les compléter plus précisément dans la mesure du possible. Cet algorithme de datation est complété ensuite par un recoupement avec la base des permis de construction, qui renseigne sur l'année de construction des immeubles construits depuis 2000.

Datation majoritaire du bâti résidentiel



Datation majoritaire du bâti résidentiel d'un îlot

- avant 1900
- 1900 - 1950
- 1950 - 1974
- RT74
- RT89
- RT2000
- RT2005

- Activité / autres
- Limites communales

Sources : DGI 2008, INSEE 1999, a'urba.

4 | Phase 2 : calcul des besoins de chauffage spatialisés

La datation finale attribuée à chacune des parcelles est répartie suivant les périodes de constructions suivantes :

- avant 1900,
- entre 1900 et 1950,
- entre 1951 et 1974,
- entre 1975 et 1981,
- entre 1982 et 1989,
- entre 1990 et 2000,
- entre 2000 et 2005,
- après 2005.

Caractérisation du bâti

La méthode employée pour différencier l'habitat individuel du collectif se base essentiellement sur le MOS et sur la base de la DGI.

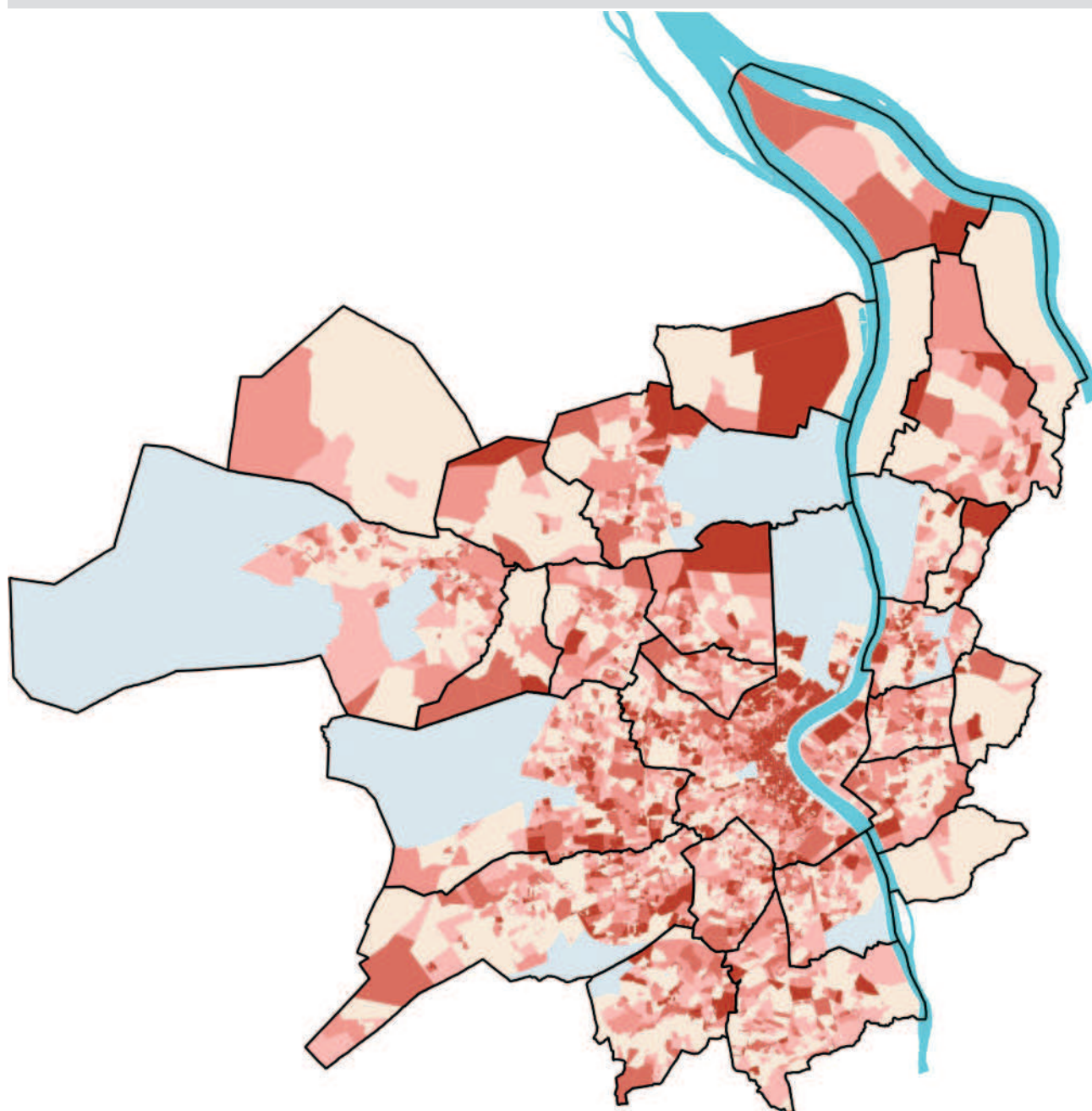
Le MOS renseigne directement le type d'habitat, mais seulement dans les périodes récentes (après 1950). Ce manque de précision est complété par la base de la DGI qui indique le nombre d'étages du bâtiment ayant la plus grande emprise au sol sur la parcelle.

Ainsi, tout bâtiment présentant deux étages ou moins est identifié comme maison individuelle, si il est situé dans un secteur du plan local de l'urbanisme (PLU) compatible avec ce type d'habitat.

Autres bases de données utilisées dans l'étude

Les calculs effectués dans les parties suivantes (taux de mitoyenneté, orientation du bâti, besoins de chauffage,...) utilisent les données de la DGI du bâti cadastre 2008 et des données de l'IGN du bâti BD topo 2007.

Proportion d'immeubles collectifs à l'îlot



Proportion d'immeubles collectifs dans un îlot

< 20%

20 - 40%

40 - 60%

60 - 80%

> 80%

Activité / autres

Limites communales

Sources : DGI 2008, INSEE 1999, a'urba.

a'urba.
agence d'urbanisme
Bordeaux métropole Aquitaine

4 | Phase 2 : calcul des besoins de chauffage spatialisés

4.2 | Les paramètres de calcul : les déperditions de chaleur

Les pertes thermiques dans un bâtiment se font à la fois par convection (renouvellement d'air et infiltrations) et par conduction (à travers l'enveloppe en contact avec l'extérieur).

4.2.1 | Propriétés constructives¹

L'enveloppe

L'enveloppe du bâtiment est la somme des parois qui sont en contact avec l'extérieur. Elle est donc composée du toit, du plancher bas, des parois vitrées et des parois opaques constitutives des murs.

Chaque matériau constitutif de l'enveloppe du bâtiment possède ses qualités thermiques propres traduites par la conductance U , exprimée en Watt par degrés d'écart entre l'intérieur et l'extérieur du bâti et par mètre carré d'enveloppe.

Aux déperditions surfaciques par l'enveloppe, s'ajoutent les déperditions linéaires par les ponts thermiques. Ceux-ci résultent de la faiblesse des résistances thermiques aux jointures entre les éléments constructifs (façades, planchers, menuiseries, toiture).

Enfin, la nature des matériaux de constructions, leur masse et leur arrangement confèrent une inertie thermique propre aux bâtiments. Il s'agit de la capacité que possède le bâtiment à conserver la chaleur. L'inertie joue un rôle non négligeable dans la part que prennent les apports gratuits dans le bilan thermique.

La ventilation

Le renouvellement de l'air dans le bâtiment se fait soit naturellement, soit mécaniquement ainsi que par les infiltrations d'air parasites. La déperdition de chaleur est directement proportionnelle au débit qui en résulte, exprimé en volume intérieur d'air renouvelé par heure.

1 | Se reporter à l'annexe « propriétés thermiques des matériaux et hypothèses de calcul retenues ».



Illustration 10 : décomposition des façades mitoyennes du bâti.

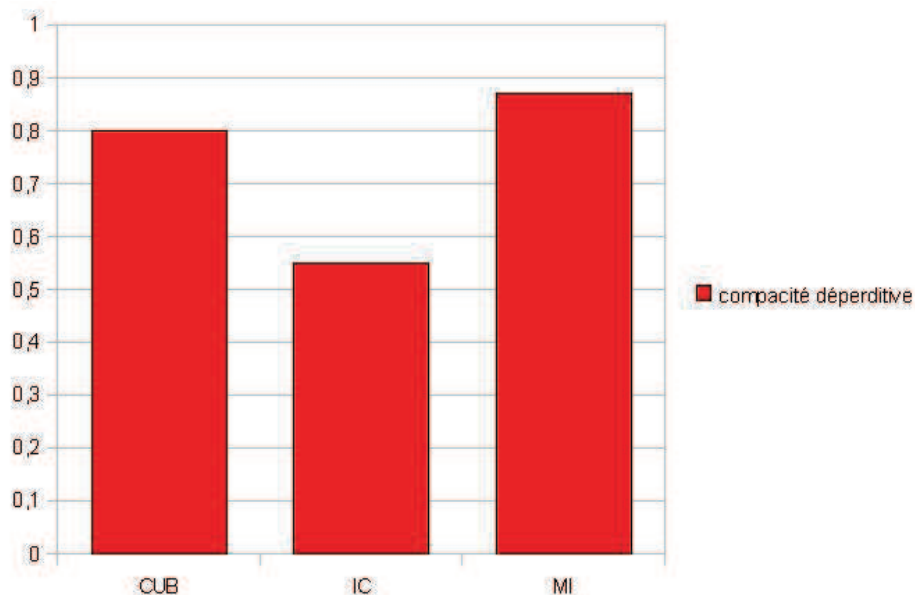


Illustration 11 : compacité déperditive moyenne sur la CUB et pour chaque type d'habitat (exprimée en m⁻¹).

datation	Maisons individuelles		Immeubles collectifs	
	Mioyenneté	Senv/Sh	Mitoyenneté	Senv/Sh
Après 2005	6%	2,6	8%	1,4
2000-2004	6%	2,4	11%	1,2
1989-1999	9%	2,7	18%	1,2
1981-1988	7%	2,8	19%	1,2
1975-1980	8%	2,8	11%	1
1950-1974	12%	2,7	15%	1,4
1900-1950	27%	2,4	39%	1,3
avant 1900	36%	2	50%	1

Illustration 12 : valeurs moyennes des taux de mitoyenneté et rapport (surface d'enveloppe/surface habitable) sur la CUB, par typologie.

4 | Phase 2 : calcul des besoins de chauffage spatialisés

4.2.2 | Propriétés morphologiques et urbaines

Les propriétés morphologiques et urbaines du bâti sont déterminantes dans la détermination des déperditions de chaleur, étant donné qu'elles conditionnent les surfaces déperditives et les volumes à prendre en compte dans les calculs. Deux paramètres sont essentiels : la mitoyenneté du bâtiment et la forme de celui-ci représenté par la compacité.

La mitoyenneté¹

Les surfaces de façades mitoyennes ne déperdent pas de chaleur pour plusieurs raisons :

- l'épaisseur des murs mitoyens est cumulée avec celle des murs de l'immeuble contigu ;
- les immeubles mitoyens sont eux aussi chauffés (dans l'immense majorité des cas), ce qui n'engendre donc pas de pertes réciproques.

La mitoyenneté évite donc la déperdition de chaleur. A titre d'exemple, un taux de mitoyenneté de 50 % pour une maison individuelle non isolée thermiquement équivaut à la pause de 10 cm de laine de verre en terme de gain obtenu sur le besoin en énergie de chaleur².

Sur le territoire de la CUB, le taux de mitoyenneté³ moyen des bâtiments est de 20 %. La répartition se disperse de façon homogène entre une mitoyenneté nulle et une mitoyenneté de 40 % (soit les façades latérales mitoyennes). Les maisons individuelles ont une mitoyenneté moyenne de 15 %, valeur plutôt élevée, qui s'explique par le poids des échoppes insérées dans le tissu urbain dense par rapport aux maisons individuelles de lotissement généralement isolées ou peu mitoyennes. Les immeubles collectifs présentent quant à eux une valeur moyenne de 30 %, soit une mitoyenneté double en comparaison à celle des maisons individuelles.

Pour se représenter les déperditions évitées grâce à la mitoyenneté, il suffit de rapporter la surface d'enveloppe en contact avec l'extérieur à la surface habitable. Cette opération permet alors de comparer les niveaux de déperditions par l'enveloppe entre les différents bâtiments.

Ainsi, les immeubles collectifs anciens présentent-ils un taux de déperdition ramené à la surface habitable deux fois moindre que celui des maisons individuelles d'avant 1975, ce qui aura un impact certain sur les besoins en énergie de chauffage étant donné que ce type de bâti ne comporte pas d'isolation thermique.

1 | La mitoyenneté est entendue au sens large, que les murs soient mitoyens ou simplement contigus.

2 | Source a'urba

3 | Le taux de mitoyenneté représente le pourcentage de façade linéaire mitoyenne d'un immeuble avec un bâtiment adjacent.

4 | Phase 2 : calcul des besoins de chauffage spatialisés

La compacité déperditive

Les déperditions de chaleur provenant de l'enveloppe du bâtiment et du renouvellement de son air intérieur, il est important que la forme du bâti soit optimisée. La compacité est un indicateur qui se définit par le rapport de la surface d'enveloppe d'un bâtiment sur son volume. Ainsi, un coefficient de compacité satisfaisant est celui d'un immeuble qui limite son enveloppe extérieure tout en optimisant son volume interne. Cependant, la limite de cet indicateur est l'absence de prise en compte de l'implantation du bâti au sein de son environnement urbain, à savoir sa mitoyenneté.

L'expression la plus adaptée afin d'exprimer la compacité sera donc **le rapport de la surface d'enveloppe extérieure du bâtiment perdant effectivement de la chaleur (surfaces non mitoyennes) sur son volume interne**. Nous parlerons alors de compacité déperditive.

Cet indicateur met en évidence l'efficacité de l'habitat collectif du point de vue de la compacité déperditive, de part sa morphologie et son implantation dans le tissu urbain.

4.3 | Les paramètres de calcul : les apports gratuits

Les apports gratuits dans le bâtiment sont de deux sortes : les apports solaires et les apports internes. Ils compensent partiellement les déperditions de chaleur dans le bilan thermique et donc le calcul des besoins en énergie de chauffage.

4.3.1 | Les apports solaires

Il s'agit de l'énergie du rayonnement solaire entrant dans les bâtiments grâce à l'ensoleillement des façades vitrées. En chauffant les parois ainsi que l'air ambiant des bâtiments, les apports solaires compensent une partie des déperditions de chaleur par l'enveloppe ou par le renouvellement de l'air.

Plusieurs facteurs entrent en compte dans le calcul des apports solaires reçus par le bâti :

- l'intensité de l'ensoleillement reçu, fonction de la situation géographique ;
- la surface de vitrage ;
- le facteur de transmission des parois vitrées ;
- l'orientation des façades ;
- l'ensoleillement effectif des façades, lié aux masques urbains.

Les paramètres cités ci-dessus sont directement dépendants de la situation géographique du bâti, de ses caractéristiques constructives, ainsi que de la morphologie du tissu urbain.

4 | Phase 2 : calcul des besoins de chauffage spatialisés

Ensoleillement

« Il s'agit de l'ensoleillement reçu pendant la période de chauffage par une paroi verticale orientée au sud en absence d'ombrage. »¹.

L'ensoleillement est fonction de la situation géographique. Ainsi, sur la CUB, **l'ensoleillement est de 492 kWh/m² par période de chauffe**. Il est de 20 % supérieur à l'ensoleillement parisien. Cette propriété naturelle est un atout non négligeable quant aux gains de chaleur obtenus grâce aux apports solaires.

La surface de vitrage

Les apports solaires entrant par les parois opaques étant négligeables, nous conviendrons de ne retenir que ceux captés par le vitrage. Il est donc nécessaire de connaître le taux de vitrage des bâtiments².

Ainsi, pour chaque période de construction discrétisée ci-dessous, est affecté un taux de vitrage issu des fiches typologiques.

Taux de vitrage des maisons individuelles et des immeubles collectifs en fonction de la période de construction :

datation	Maisons individuelles	immeubles collectifs
Après 1975	40%	40%
1950-1974	50%	50%
1900-1950	30%	30%
avant 1900	20%	30%

Enfin, pour savoir quelle part du rayonnement solaire entre dans le bâtiment, il faut pondérer le taux de vitrage par le facteur de transmission des parois vitrées. Il est fonction du type de vitrage utilisé. Par convention, nous prendront une valeur moyenne donnée par la réglementation thermique.

1 | CSTB, règles de calcul Th-D, avril 1991.

2 | Le taux de vitrage est la part que représente la surface de vitrage sur l'ensemble de la surface de façade.

4 | Phase 2 : calcul des besoins de chauffage spatialisés

Orientation des façades

L'orientation des façades se calcule par rapport au sud. Il est évident qu'une façade orientée plein sud captera plus de rayonnement solaire qu'une façade orientée ouest ou bien au nord.

Sur le territoire communautaire, la répartition selon l'orientation des façades est homogène, étant donné qu'un peu plus de la moitié d'entre elles sont orientées est/ouest, 22 % sud et 22 % nord.



Ensoleillement des façades

L'ensoleillement des façades est le pourcentage de celles-ci recevant le rayonnement solaire direct. Il faut donc évaluer les effets de masques limitant l'ensoleillement des bâtiments. L'approche employée est de dissocier les bâtiments construits avant 1950 des autres de par leur répartition différentes au sein des îlots (cf fiches typologiques) :

- **bâtiments construits avant 1950** : la méthode utilisée consiste à ne considérer que l'ensoleillement des façades donnant sur la rue, l'hypothèse émise est donc que les autres façades ne reçoivent pas d'apports solaires de par l'exiguïté des cours intérieures ou bien l'ombrage des végétaux des jardins privés. L'ensoleillement est alors directement calculé, en prenant en compte la hauteur des constructions, leur orientation ainsi que la largeur des rues.

4 | Phase 2 : calcul des besoins de chauffage spatialisés

- **bâtiments construits après 1950** : chaque façade non mitoyenne reçoit des apports solaire, l'implantation en parcelle étant plus « aérée ». Les retraits des constructions par rapport à la voirie rendent incompatible la méthode utilisée précédemment pour les bâtiments datant d'avant 1950. Des coefficients d'ensoleillement issus de la réglementation thermique sont alors appliqués en fonction de la densité du bâti, et de son caractère individuel ou collectif.

4.3.2 | Les apports internes

Les apports internes représentent le gain de chaleur acquis grâce aux usages du bâtiment. Ils sont calculés de manière forfaitaire, proportionnellement à la surface habitable.

Les calculs conduits sur le bâti résidentiel de la CUB montrent que la non prise en compte des apports gratuits augmenterait de 20 % la moyenne des besoins en énergie de chauffage.

4.4 | Calcul du besoin en énergie de chauffage

Le besoin en énergie de chauffage s'exprime de la façon suivante :

$$\text{Besoin} = [\text{Déperditions} \times (1-F)] \times \text{DH}$$

Les besoins sont exprimés en kWh/an, les déperditions en W/K.

Le coefficient F est la couverture d'apports thermiques, issue du rapport des apports gratuits aux déperditions et prenant en compte l'inertie thermique.

DH représente les degrés-heures de chauffage à compenser pour maintenir le bâtiment à une température de consigne. Sur Bordeaux, DH est égale à 46 680°H¹, un nombre de degrés heures inférieur de 25 % comparativement à la ville de Paris.

Le calcul final des besoins en énergie de chauffage se réalise en liant les propriétés théoriques du bâti, issues des fiches typologiques, aux paramètres morphologiques réels, provenant des bases de données spatialisées, grâce à la datation de chaque parcelle.

Avertissement : les premiers résultats présentés sont le fruit d'une version zéro du calcul, en prenant les propriétés thermiques des bâtiments telles qu'elles apparaissent dans les fiches typologiques, et donc sans prendre en compte le taux d'application des réglementations thermiques ou les réhabilitations diffuses et lourdes. Il s'agit d'un état primitif du calcul.

1 | Le guide d'audit énergétique 1999 de l'Utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment donne les degrés jours unifiés (DJU) sur la commune de Bordeaux. La somme des DJU sur la période de chauffe, multipliée par 24 fournit les degrés/heures sur la période de chauffe.

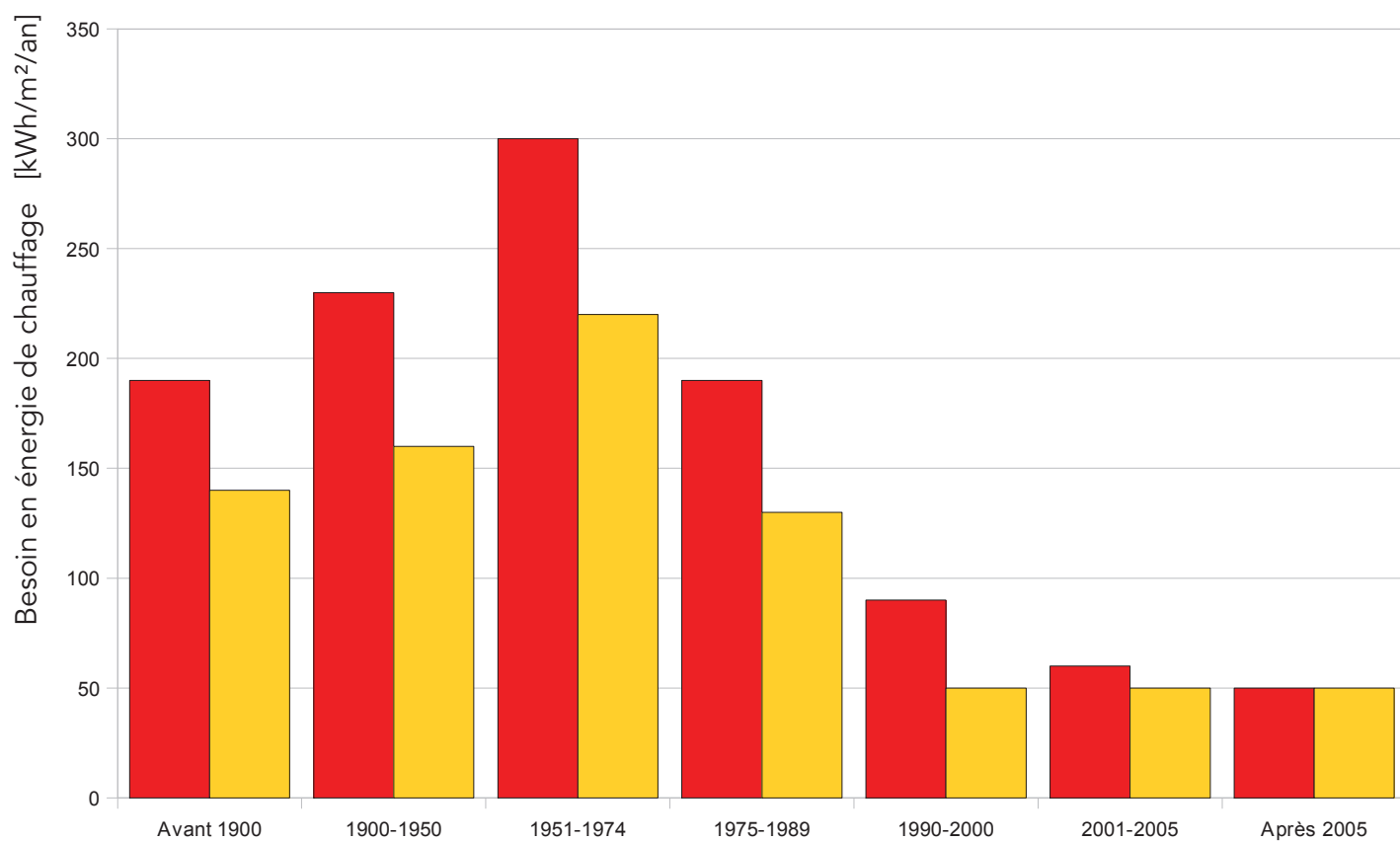


Illustration 13 : besoins de chauffage moyen sur la CUB pour chacune des typologies.

Les besoins sont exprimés en kWh/(m².an)

4 | Phase 2 : calcul des besoins de chauffage spatialisés

4.5 | Résultat des besoins en énergie de chauffage

Les besoins en chauffage moyens sur la CUB par typologie mettent en exergue la différence de comportement thermique des maisons individuelles et des immeubles collectifs.

Pour les bâtiments construits avant 1990, soit près de 85 % du parc total de logements, les maisons individuelles ont un besoin en chauffage de près d'un tiers supérieur à celui des immeubles collectifs. Les matériaux de construction ne pouvant pas expliquer en totalité ces résultats, l'importance du rôle joué par la morphologie urbaine est donc vérifiée. Comme dit précédemment, une maison individuelle a un rapport entre les déperditions de l'enveloppe et la surface habitable de deux fois supérieur à celui d'un immeuble collectif.

Cela signifie qu'à compacité et matériaux équivalents une maison doit compenser deux fois plus de pertes par l'enveloppe qu'un immeuble !

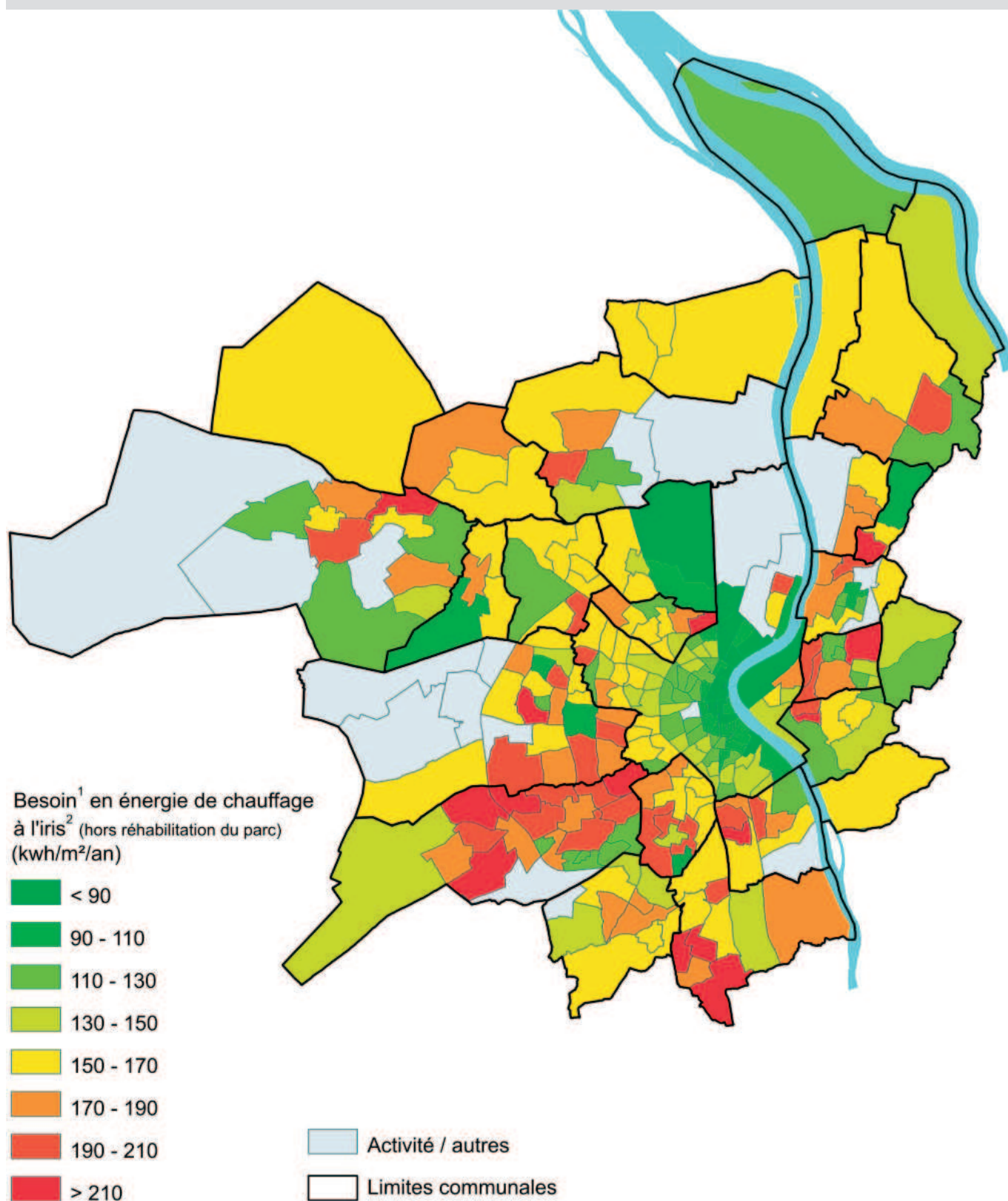
Cependant, ce phénomène s'estompe devant l'efficacité des matériaux isolants, comme le montre les besoins de chauffage des périodes postérieures à 1990.

Le gain obtenu par la morphologie urbaine cumulé avec celui lié à la compacité, explique les besoins en chauffage relativement bas des bâtiments construits avant 1950. Ceux-ci se trouvent dans un tissu urbain dense et de centre ville. Les effets de la forme du bâti et de l'environnement urbain compensent les mauvaises propriétés thermiques des matériaux employés.

A contrario, le cumul d'un comportement thermique mauvais avec un environnement urbain isolé, a pour conséquence des besoins extrêmement élevés, comme c'est le cas pour le bâti construit entre 1950 et 1974, qui représente environ 30 % des logements de la CUB (INSEE 2006). **Ainsi une maison individuelle construite durant cette période, et non réhabilitée, a, en moyenne, un besoin au mètre carré, deux fois plus important qu'un immeuble collectif d'avant 1900 !**

La spatialisation des résultats met en évidence leur homogénéité par type de tissu urbain. Les besoins faibles et moyens sont situés respectivement dans les zones récentes de construction et dans les zones urbaines compactes. Inversement, les besoins élevés se trouvent globalement en périphérie, secteurs urbanisés après 1950 principalement par des maisons individuelles et des immeubles collectifs sans mitoyenneté.

Besoins en énergie de chauffage à l'IRIS



Sources : DGI 2008, INSEE 1999, a'urba.

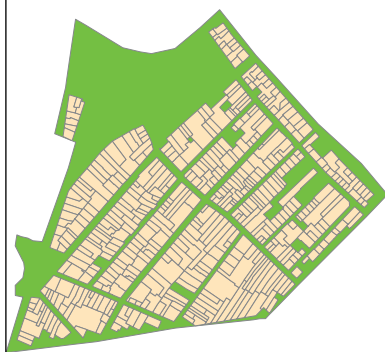
1 | Le besoin est calculé à partir de propriétés constructives types par période de construction et de paramètres morphologiques liés à l'implantation du bâtiment sur la parcelle (mitoyenneté, orientation)

2 | L'IRIS est une unité statistique de l'INSEE regroupant au minimum 2000 habitants

4 | Phase 2 : calcul des besoins de chauffage spatialisés

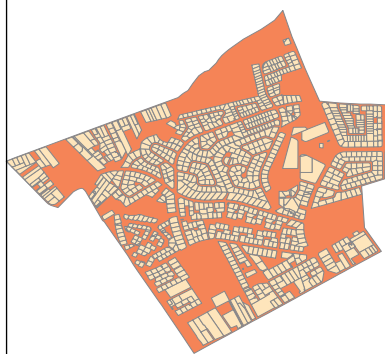
Rappelons enfin que l'étude n'intègre pas, à ce stade, d'éléments concernant la réhabilitation du parc, par manque de données statistiques locales sur ce point. L'ensemble des résultats ici présentés proviennent de calculs issus des bases de données de l'a'urba et ne constituent à ce titre que des évaluations. Celles-ci demanderont à être confirmées par la poursuite de l'étude et par recoupement avec des données de terrain plus précises.

Analyse comparative de deux tissus représentatifs



Tissu urbain ancien du centre bordelais

Le besoin moyen en énergie de chauffage sur cet IRIS est de 90 kWh/m²/an. Le bâti dans son immense majorité est collectif et date d'avant 1900. Le taux de mitoyenneté moyen est de 60 %.



Tissu urbain récent de type lotissement

Le besoin moyen en énergie de chauffage sur cet IRIS est de 180 kWh/m²/an. Le bâti est entièrement individuel et a été construit entre 1950 et 1989. Le taux de mitoyenneté moyen est de 5 %, soit quasi nul.



Conclusion

Conclusion

Ce premier volet de l'étude permet de dégager plusieurs niveaux d'enseignement.

En termes de propriétés thermiques constructives (conductance des matériaux) :

- les constructions d'avant 1950 (en pierre principalement) sont globalement plus performantes que les constructions de la période 1950-1974 (en béton principalement), à la fois en raison de déperditions par les murs (et toitures pour les immeubles collectifs) plus faibles et de taux de vitrage moins élevés ;
- à partir de 1975, les différentes réglementations thermiques permettent d'obtenir progressivement des performances bien supérieures à celles des périodes précédentes, pour l'ensemble des paramètres de la déperdition (murs, toitures, ventilation...).

En termes de formes urbaines, l'étude met en évidence l'importance du paramètre « mitoyenneté » sur les déperditions :

- à l'échelle de la CUB, les maisons individuelles ont un taux de mitoyenneté¹ moyen de 15 %, les immeubles collectifs de 30 %, ce qui confère un avantage comparatif certain à ces derniers en terme de performances énergétiques, toutes choses égales par ailleurs ;
- les constructions individuelles ou collectives d'avant 1950 présentent une mitoyenneté relativement importante (tissus d'échoppes, immeubles des centres anciens denses), celles de la période 1950-1974 étant beaucoup plus faible (pavillons isolés, grands ensembles).

Ainsi, **le cumul de ces différents facteurs permet d'expliquer le « classement » suivant du parc au regard de ses performances thermiques** (besoin de chauffage/m²/an) :

- les constructions les moins performantes sont celles de la période 1950-1974, en raison à la fois de mauvaises propriétés thermiques sur le plan constructif et d'une mitoyenneté peu importante ;
- a contrario, bénéficiant d'une mitoyenneté importante, les constructions individuelles et collectives d'avant 1900 (et dans une moindre mesure celles de la période 1900-1950), atteignent des niveaux de performances équivalents à ceux de la première réglementation thermique (1975-1989) ;
- enfin, les bâtiments résidentiels construits après 1990 montrent, malgré une mitoyenneté faible, une performance beaucoup élevée, liée à l'application de réglementations de plus en plus ambitieuses.

Sur ce dernier point, les résultats de cette étude montrent néanmoins **l'importance des facteurs morphologiques** (mitoyenneté et compacité) dans l'enjeu de réduction des coûts d'atteinte des objectifs de la réglementation thermique pour la construction neuve.

En termes de volume, il convient de souligner que **le bâti résidentiel de la période 1950-1974, cible prioritaire de rénovation thermique, représente une part élevée du parc total** (30 % des logements en 2006).

1 | Le taux de mitoyenneté représente le pourcentage de linéaire de façade mitoyenne d'un immeuble avec un bâtiment adjacent.

Conclusion

Cela étant, **ce constat est à relativiser au regard de l'ensemble des actions de réhabilitation thermique déjà engagées sur le parc de la période 1950-1974**, élément non pris en compte à ce stade de l'étude. De fait, le manque de données statistiques locales nécessite un important travail d'enquête afin de connaître la part de réhabilitation sur le parc ancien. En particulier, il convient de souligner que le parc d'immeubles collectifs de la période 1950-1974 se superpose largement avec **le parc social, sur lequel d'importants efforts de réhabilitation ont d'ores et déjà été entrepris**.

Enfin, **sur le plan prospectif**, cette connaissance fine des besoins de chauffage – à la parcelle – donne la possibilité de définir, par une analyse approfondie à conduire secteur par secteur lors d'une phase ultérieure d'élaboration des scénarios :

- **les secteurs dans lesquels conduire en priorité des actions de réhabilitation thermique**, en vue de réduire les consommations liées au poste chauffage ;
- **les secteurs dans lesquels il est possible d'envisager la mutation progressive vers des énergies renouvelables**, dans le cadre notamment de la mise en place de réseaux de chaleur.

En effet, seule une reconnaissance précise des besoins thermiques permet de définir le « vecteur d'énergie » (air, eau, rayonnement) ainsi que le régime de température adéquats (par exemple la géothermie est peu adaptée à un bâtiment dont les courbes de chauffe sont trop élevées).

En outre, la Cub présente sur son territoire un fort potentiel d'énergies renouvelables (géothermie, récupération sur eaux usées, solaire, bois, UIOM, ...) permettant de couvrir une part importante des besoins en chaleur de l'ensemble du parc qui aura été convenablement isolé au préalable.



Annexe

Annexe

Propriétés thermiques de l'enveloppe des maisons individuelles :

datation	U mur sur rue	U mur sur cour	U vitrage	U toiture	U plancher bas	U porte	k ponts thermiques	Ventilation
Après 2005	0,35	-	2	0,22	0,2	1,5	-	0,5
2000-2004	0,4	-	2,2	0,25	0,22	1,5	-	0,5
1989-1999	0,7	-	2,45	0,3	0,35	3,5	-	0,5
1975-1988	0,8	-	4,8	0,65	0,65	3,5	-	1
1950-1974	2,5	-	4,95	1,5	1,05	3,5	1,2	1
1900-1950	1,45	2,2	4,95	1,5	1,05	3,5	0,9	1
avant 1900	1,45	2,2	4,95	1,5	1,05	3,5	0,9	1

Les conductances U sont exprimées en $W/(K.m^2)$, le coefficient de déperdition linéaire des ponts thermiques k est exprimé en $W/(K.m)$ et le coefficient de renouvellement d'air en V/h.

Les valeurs des conductances données après 1974 incluent les pertes par les ponts thermiques.

Propriétés thermiques de l'enveloppe des immeubles collectifs :

datation	U mur sur rue	U mur sur cour	U vitrage	U toiture	k ponts thermiques	Ventilation
Après 2005	0,6	-	2	0,35	-	0,5
2000-2004	0,65	-	2,25	0,4	-	0,5
1989-1999	0,75	-	2,45	0,5	-	0,5
1975-1988	1,15	-	4,8	1,15	-	1
1950-1974	2,5	-	4,95	2,5	1,2	1
1900-1950	1,15	2,2	4,95	1,5	0,9	1
avant 1900	1,15	2,2	4,95	1,5	0,9	1

Il est important de noter que seules les maisons présentent des déperditions par les portes et le plancher bas. L'hypothèse émise est de considérer que les rez-de-chaussée des immeubles collectifs sont dédiés à des activités autre que le logement.

Inertie thermique retenue :

datation	inertie
Après 2005	faible
2000-2004	faible
1989-1999	faible
1975-1988	faible
1950-1974	moyen
1900-1950	forte
avant 1900	forte



Agence d'urbanisme Bordeaux Métropole Aquitaine
Hangar G2 - Bassin à flot n°1 BP 71 - F-33041 Bordeaux Cedex
tél.: 33 (0)5 56 99 86 33 | fax : 33 (0)5 56 99 89 22
contact@aurba.org | www.aurba.com

© aurba | Décembre 2009