

Amélioration des performances énergétiques du bâti ancien de la Région Bruxelles-Capitale



Centre Urbain
Stadswinkel



JUILLET 2014

À la demande de la Région Bruxelles-Capitale, l'Apur a réalisé une étude sur la performance énergétique des bâtiments de logements anciens durant le premier semestre de l'année 2013. Ce rapport présente la globalité des résultats obtenus au cours de la mission. Cette étude a été menée en partenariat avec la Direction des Monuments et des Sites, la Commission Royale des Monuments et des Sites ainsi que le Centre Urbain. Tous ces organismes ont formé un comité de pilotage qui a accompagné l'Apur dans ses démarches et ses travaux.

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

Introduction de la Direction des Monuments et des Sites de la Région Bruxelles-Capitale

La Région de Bruxelles-Capitale est soucieuse de répondre aux défis énergétiques tout en assurant la bonne conservation du patrimoine, vecteur de l'identité bruxelloise, qu'il s'agisse de biens classés ou non, très anciens ou plus récents, majeurs ou mineurs. Dans cet objectif, la Direction des Monuments et des Sites a confié la présente étude à l'Atelier d'Urbanisme (APUR), fort de son expérience acquise par son « Analyse de la performance thermique des logements parisiens », publiée en 2011.

Dans cette analyse, l'APUR formule des recommandations quant à l'amélioration des performances énergétiques du bâti sur base de critères différenciés selon les caractéristiques constructives, architecturales et territoriales du bâti parisien, construit à différentes périodes de l'histoire, allant de l'Ancien Régime au xx^e siècle. Depuis plusieurs années, la Direction des Monuments et Sites de la Région de Bruxelles-Capitale est régulièrement amenée à se prononcer sur des projets de rénovation et de réhabilitation du bâti ancien, pour lesquels les travaux d'amélioration de l'isolation thermique sont devenus l'un des enjeux majeurs.

L'impact des mesures qui vise les économies d'énergie, souvent lourdes, coûteuses et dictées par des contraintes réglementaires, pose la question des interventions admissibles sur le bâti ancien. Si la nécessité de maîtriser les modifications stylistiques et des écritures architecturales sont relativement bien comprises, des questions se posent davantage sur l'impact des mesures généralement préconisées sur le comportement constructif du bâti.

À court, moyen ou plus long terme, la Direction des Monuments et des Sites craint le développement de pathologies et la détérioration de certains biens de valeur patrimoniale si des interventions, irréversibles, ne sont pas bien réfléchies.

Définir comment le bâti ancien peut au mieux contribuer à l'effort énergétique que notre région doit relever sans toutefois le dénaturer, implique de se pencher sur les qualités intrinsèques de ce bâti ancien, dont la longévité a souvent pu prouver la durabilité. Cela implique également d'évaluer les modèles de calculs dont les performances énergétiques théoriques se révèlent souvent en dessous des performances réelles.

Par ailleurs, il est apparu essentiel d'élargir la réflexion à l'échelle du territoire, pour éviter une vision limitée à la seule échelle du bâtiment, telle que la législation le prévoit actuellement.

Réfléchir à cette échelle porte évidemment le débat au niveau des choix planologiques de notre Région. À ce stade, la présente étude revêt un caractère exploratoire. Limitée à un échantillonnage restreint, elle devra bien entendu être confrontée aux outils planologiques en vigueur ou à paraître.

Elle met toutefois en avant l'évidente nécessité de poser des choix plus réfléchis que ceux axés uniquement sous l'angle performantiel d'un bâtiment pris isolément sans réelle évaluation de son équilibre constructif, de son mode d'occupation et de ses consommations réelles de chauffage.

Synthèse

Dans la première partie de l'étude portant sur les bâtiments, nous verrons comment les dispositifs relatifs aux économies d'énergie qui s'appliquent à la rénovation des bâtiments pourraient être améliorés.

1 – Tout d'abord parce que les éléments de diagnostic de la consommation « réelle » des bâtiments anciens ne sont pas mis en place. Il est apparu qu'une analyse statistique de grande échelle devrait être conduite pour améliorer ce déficit de connaissance. L'outil PAE qui a été employé dans cette étude devrait être mis à profit à ce propos. Aujourd'hui de nombreux audits PAE existent, leur mutualisation devrait permettre d'alimenter une connaissance statistique de grande échelle des consommations. Les mesures de rénovation qui s'appliquent aujourd'hui aux bâtiments anciens ne bénéficient pas de cette connaissance, et donc leur réussite en tant qu'outils de réduction des consommations d'énergie du territoire semble très incertaine.

2 – Les niveaux de performances actuellement préconisés dans le bâti ancien semblent avoir été fixés sans connaissances préalables des pathologies qu'ils sont susceptibles d'occasionner sur le long terme. L'absence de suivi d'opérations pilotes rend impossible cet examen critique. Les niveaux de performance souffrent aussi d'une insuffisance d'évaluation économique préalable. Les économies d'énergies portent leur fruit à partir du moment où les travaux d'économie d'énergie engagés par les ménages sont moins chers que l'énergie économisée. Or des niveaux trop hauts de performance énergétique rendent les opérations artificiellement coûteuses, ce qui en fait des investissements non rentables pour les ménages. Le niveau d'exigence énergétique porté sur la rénovation doit être à minima la recherche d'un optimum économique et non celui du meilleur niveau de performance.

3 – L'auto-évaluation des politiques de rénovation en cours pourrait être mieux orchestrée. L'analyse des opérations réalisées sur la base de relevés de consommations « avant »/« après » devrait être menée. Les maîtres d'œuvre chargés de conseiller les propriétaires dans leurs démarches de rénovation devraient pouvoir profiter des enseignements des opérations déjà menées. De nombreux paramètres peuvent jouer en défaveur d'une opération de rénovation, l'isolation intérieure peut amener à des déconvenues majeures.

4 – La faiblesse des pratiques de rénovation provient de l'absence de capitalisation de connaissances des chantiers de rénovations qui ne sont jamais suivis à long terme. Sans capitalisation de la connaissance, l'apprentissage empirique est rendu impossible.

5 – Les préconisations et mécanismes d'aide à la rénovation sont tributaires de coefficients appliqués quelle que soit la nature des bâtiments anciens, indépendamment de toute considération sur les types de maçonnerie. Ignorer les types de maçonneries et fixer des niveaux très élevés revient à disqualifier les mesures de correction thermique du bâtiment comme l'usage de béton cellulaire ou d'enduits isolants naturels comme le chaux-chanvre. Les mesures actuellement préconisées sont généralement mal « jaugées » car beaucoup trop déstabilisatrices d'un point de vue hygrothermique. La recherche de la meilleure performance est là aussi contre-productive.

La deuxième partie de l'étude portant sur la forme urbaine montre comment les règlements d'urbanisme communaux ont à jouer un rôle du point de vue des économies d'énergie dans l'accompagnement des mutations urbaines en cours dans les cœurs d'îlot, notamment dans la première couronne. Si la pression foncière qui s'exerce actuellement, et qui continuera de s'exercer de façon croissante avec l'augmentation du prix de l'énergie fossile, est vécue par les institutions publiques comme une tendance vertueuse, ces institutions ne doivent pas oublier de jouer pleinement leur rôle pour éviter les désagréments d'une densification erratique.

1 – Dans certains quartiers les cœurs d'îlots doivent faire l'objet d'un règlement foncier visant à la préservation de la vocation d'« espace vert intérieur » afin de prévenir les phénomènes de surchauffe estivale. Lorsque la densification des cœurs d'îlots est possible, le règlement devra qualifier les nouveaux types d'occupation en garantissant un minimum d'espaces libre en pleine terre lorsque de nouvelles constructions sont décidées. Ce règlement pourra exclure certains types d'occupations comme les parkings (qui accroissent l'îlot de chaleur urbain).

2 – Une réflexion complémentaire devra être menée sur l'espace public, sa végétalisation pourra être pensée afin de juguler les effets climatiques néfastes d'une densification trop forte des cœurs d'îlot.

Sommaire

Méthode de travail.....	1
1/ Analyse et recommandations pour l'amélioration des bâtiments.....	5
Structure des bâtiments.....	6
Percement des façades sur rue.....	8
Évolutions morphologiques des bâtiments.....	10
Division de la maison unifamiliale.....	12
Consommations d'énergie.....	13
Amélioration thermiques des façades.....	16
Isolation par l'extérieur.....	17
Isolation intérieure.....	21
Qu'attendre des modèles numériques?.....	22
Conclusion.....	23
2/ Analyse de formes urbaines.....	25
Mitoyenneté et performance thermique.....	26
Mixité et densification.....	28
Îlots de chaleur urbains: le rôle de la trame végétale.....	31
Densification: une question de planification énergétique.....	34
Quelles modalités pour une densification des cœurs d'îlots en première couronne?.....	35
Patrimoine architectural et urbain: l'identification de séquences territoriales.....	36
Conclusion.....	43
3/ Réflexions à l'échelle régionale.....	45
Annexe.....	49
Bibliographie.....	71

Préambule

L'objectif européen de court terme concernant la question énergétique se résume en un triple objectif d'ici 2020 : une baisse de 20 % des consommations d'énergie, une baisse de 20 % des émissions de gaz à effet de serre et une contribution de 20 % des énergies renouvelables à l'approvisionnement énergétique global. Derrière ces objectifs chiffrés, deux défis majeurs attendent les pays de l'Union dans les années qui viennent. Le premier est la question de la dépendance énergétique, le second est celui du changement climatique. La dépendance énergétique se traduit dans un pays comme la Belgique par l'importation de la totalité des quantités d'énergie fossiles nécessaires au fonctionnement de l'économie. À l'échelle de la Région Bruxelles-Capitale, la vulnérabilité des ménages est directement liée à cette dépendance vis-à-vis de l'énergie fossile pour les besoins des transports et de l'habitat. Cette dépendance est une contrainte qui doit être comprise comme une contrainte extraterritoriale : les prix de l'énergie fossile se fixent selon des règles de marché qui peuvent être très volatiles et donc extrêmement déstabilisatrices pour les utilisateurs finaux. **Le désengagement des territoires vis-à-vis de la consommation d'énergie fossile est donc une priorité.**

Économiser l'énergie dans le bâtiment se traduit dans les bâtiments existants par la mise en œuvre de solutions de rénovation précisées dans différents cadres réglementaires. La Directive Européenne sur la Performance Énergétique des Bâtiments impose aux états membres de l'Union d'adopter des outils de calcul de la performance énergétique, d'appliquer des normes minimales de performance lors d'opérations de rénovation, de procéder à la certification des bâtiments et d'assurer le contrôle des systèmes de chauffage et refroidissement. Si les différents états membres de l'Union n'ont généralement pas attendu cette directive européenne de 2002 pour légiférer sur la production de logements neufs, la traduction d'objectifs de performance énergétique est appliquée de façon relativement inédite dans la construction ancienne.

L'application de telles dispositions se heurte en pratique à de nombreuses difficultés qu'il s'agit d'évaluer afin d'obtenir les gains effectifs de réduction des consommations attendus. Aujourd'hui, il n'existe pas de retour sur expérience de l'application à grande échelle de telles mesures d'économies d'énergie dans les bâtiments anciens. L'étude réalisée par l'Apur se veut exploratoire et prospective, elle a pour but d'identifier les difficultés rencontrées lors du diagnostic énergétique et lors de la mise en œuvre de solutions techniques adaptées. Elle tente de pointer les sujets techniques spécifiques aux bâtiments anciens encore insuffisamment documentés. Enfin, l'étude se propose d'analyser la compatibilité des dispositifs d'amélioration de la performance des bâtiments anciens avec leur valeur patrimoniale.

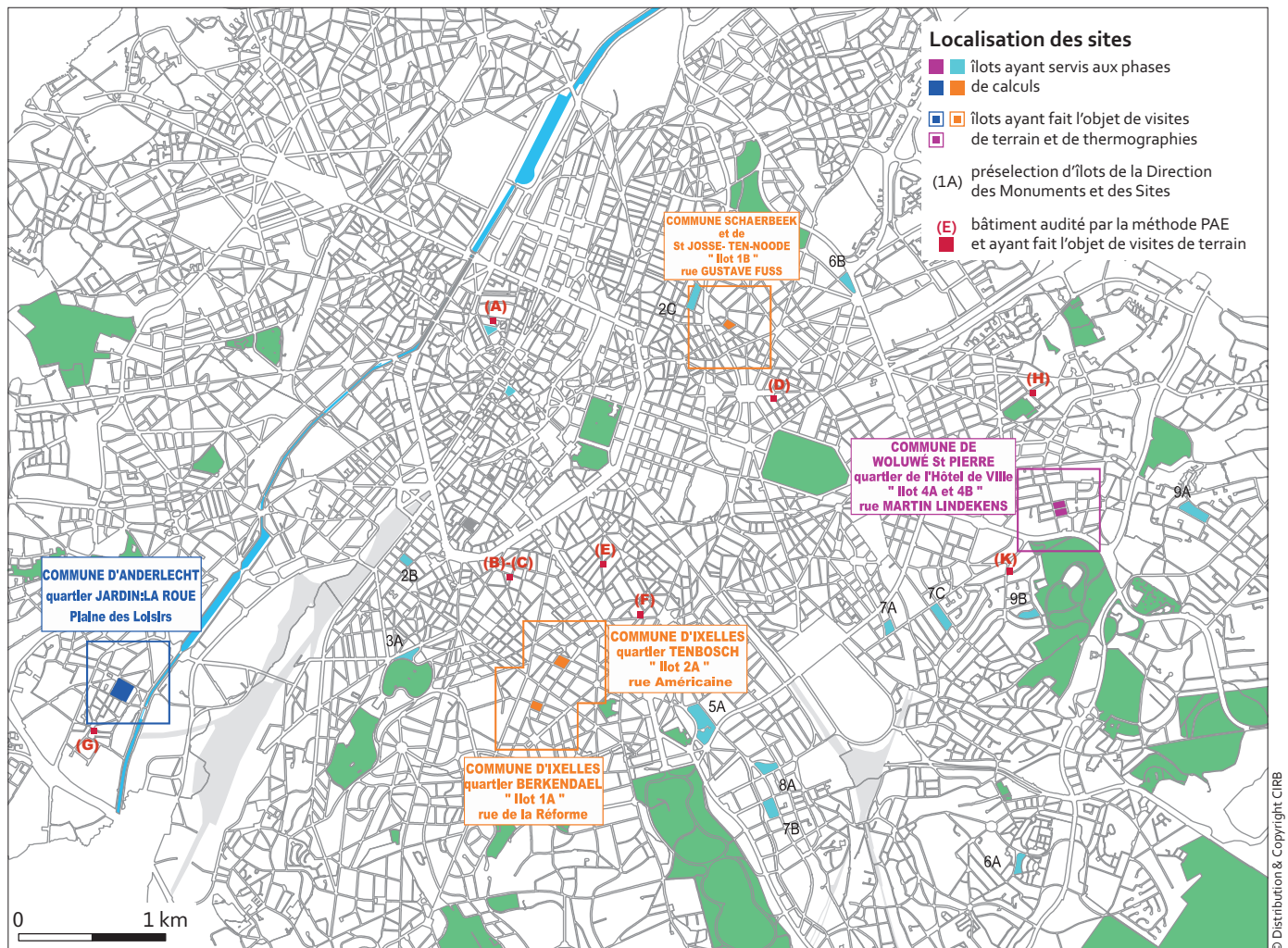
L'étude montre en particulier comment les opérations de rénovation doivent composer entre baisse des consommations, préservation de la valeur patrimoniale des édifices, salubrité des structures et réalisme économique. Il s'agit de fait de poser les questions et de réfléchir aux solutions en considérant ce qui est là comme un ensemble de bâtiments, voire de quartiers qui font système et interagissent les uns avec les autres ; s'appuyer sur cette interaction élargit à la fois le champs de solutions et leur efficacité. Cette nouvelle approche doit permettre de pérenniser le patrimoine urbain et architectural et de massifier les économies d'énergies sur le bâti ancien de la Région Bruxelles-Capitale.

Méthode de travail

L'étude traite la question de l'énergie dans le logement de façon illustrative, elle se base sur l'analyse de bâtiments et de tissus urbains caractéristiques. Le caractère tout à fait « ordinaire » des formes bâties retenues apporte au lecteur un éclairage qui va vraisemblablement au-delà du cas particulier, même si les enseignements tirés n'ont donc pas vocation à être généralisés « stricto sensu » à tout le territoire de la Région de Bruxelles-Capitale. En accord avec le comité de pilotage de l'étude, l'Apur a réalisé des analyses thématiques sur la question de la forme urbaine. Les analyses

ont été conduites sur quelques exemples de quartier grâce à une présélection de 21 îlots réalisée en amont de l'étude par la Direction des Monuments et des Sites. Onze bâtiments ont été sélectionnés et audités selon la méthode PAE⁽¹⁾ par le Centre Urbain. Parmi les îlots présélectionnés, 5 secteurs ont fait l'objet de visites de terrain et de consultations d'archives communales, 11 bâtiments ont fait l'objet de visites de terrain. L'Apur a, de plus, réalisé des clichés en thermographie infra-rouge lors de ses visites afin d'illustrer la thématique des pathologies thermiques des bâtiments.

1 – Procédure d'Avis Énergétique.



Réalisé avec Brussels UrbIS®

La méthode déclinée par l'Apur est à la fois **multi-échelle** et **pluridisciplinaire**. L'approche **multi-échelle** consiste à considérer la question de l'énergie selon plusieurs échelles géographiques. Nous en identifions au moins 3 : l'échelle régionale, l'échelle de la ville et l'échelle du bâtiment. L'échelle régionale est l'échelle macroscopique à laquelle les objectifs généraux de réduction des consommations d'énergie sont pensés, tous usages confondus : industrie, transport, bâtiment, agriculture, etc. Cette échelle est pour les élus l'échelle de la planification urbaine, c'est à cette échelle que se comprend la vulnérabilité des territoires, c'est donc à cette échelle que les exigences de performances énergétiques peuvent être employées comme des leviers capables de rééquilibrer les disparités territoriales. À l'extrême opposé nous retrouvons l'échelle du bâtiment ou du logement qui sont les unités foncières de base. Les mesures coercitives et incitatives de réduction des consommations d'énergie sont appliquées à cette échelle, et, lorsqu'elles se cumulent, devraient « théoriquement » aboutir à l'objectif global macroscopique (2). À ces deux échelles il convient d'ajouter l'échelle de la ville ou du quartier, ce niveau d'analyse apporte un éclairage supplémentaire à la question de la

thermique du bâtiment, en particulier pour le confort d'été. En effet le confort d'été dans les bâtiments est tributaire de paramètres urbains comme la trame végétale ou les ombrages produits par l'environnement proche.

L'approche **pluridisciplinaire** consiste à considérer que la réussite d'un projet de rénovation énergétique dépend de la prise en compte d'une série de facteurs dont la plupart ne possède pas de traduction réglementaire. La réglementation européenne est de nature performantielle, la conformité est atteinte lorsque la performance thermique de l'enveloppe ou des équipements répond à la norme en vigueur. Or de nombreux autres facteurs conditionnent la réussite d'opérations de rénovation dans le bâti ancien ; en pratique le rôle du maître d'œuvre est toujours la recherche d'un compromis entre de multiples exigences comme la valeur patrimoniale du bâtiment, le traitement de pathologies préexistantes, l'anticipation de futures pathologies liées aux techniques de rénovation, la recherche de l'équilibre économique entre coût des travaux et économies d'énergie escomptées, l'anticipation des futurs comportements des usagers, etc.

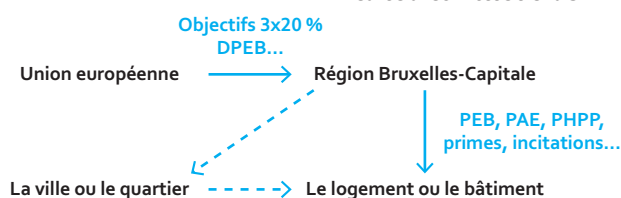
ÉCHELLES TERRITORIALES



Réalisé avec Brussels UrbIS®

L'échelle régionale qui est celle de la planification urbaine n'est pas explicitement associée aux objectifs contraignants ou incitatifs d'économie d'énergies. Il en est de même pour l'échelle de la ville ou du quartier, qui n'est le support d'aucune compétence administrative en matière d'énergie.

© Distribution & Copyright CIRB



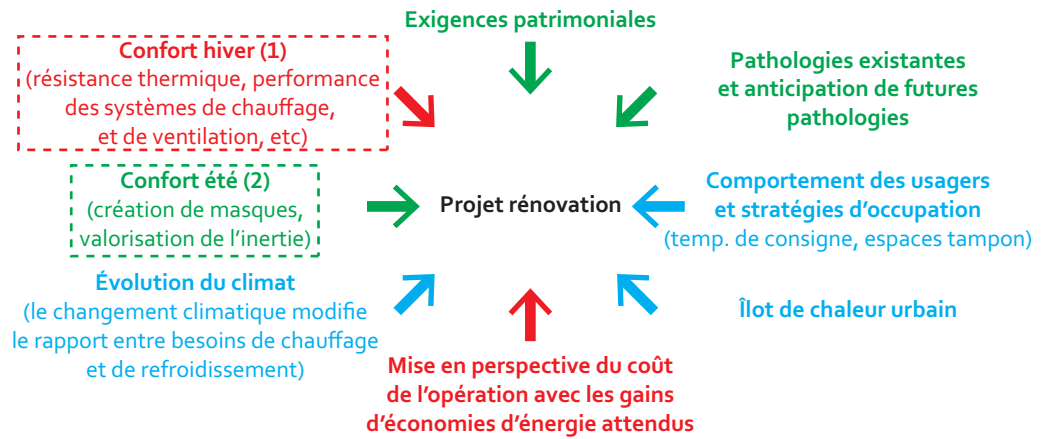
Réalisé avec Brussels UrbIS®

© Distribution & Copyright CIRB



2 – Afin de garantir l'efficacité des mesures incitatives et coercitives qui s'appliquent à l'échelle du bâtiment, des politiques d'auto-évaluation doivent être diligentées par la puissance publique. Des bilans après plusieurs années d'application du cadre législatif doivent être menés. Ces exercices d'auto-évaluation, qui furent largement employés par les états dans les années 80, notamment après le premier choc pétrolier, semblent avoir disparu des exigences en matière de maîtrise de l'énergie depuis que l'Europe guide les politiques des états membres.

DÉFINITION D'UN PROJET DE RÉNOVATION



Légende

Critère systématiquement absent

Critère mal pris en compte

Critère pris en compte dans les opérations de rénovation

(1) Seul critère effectivement abordé par la réglementation PEB

(2) Non suffisamment pris en compte par la réglementation PEB

1/ Analyse et recommandations pour l'amélioration des bâtiments

11 BÂTIMENTS AUDITÉS SELON LA MÉTHODE PAE



Néo-classique – (A) 1841



Néo-classique – (B) (C) 1876



Art Nouveau – (D) 1898



Art Nouveau – (E) 1899



Art Nouveau – (F) 1902



Cottage – (G) 1923



Art Déco – (H) 1927



Bel-étage – (I) (J) 1950



Bel-étage – (H) 1950

La question de l'amélioration de la performance énergétique du bâtiment ancien fait aujourd'hui l'objet d'une documentation et d'une littérature importante. La réglementation thermique qui s'occupait jusqu'alors d'encadrer la performance des constructions neuves étend depuis quelques années son champ d'application à la rénovation des bâtiments anciens. Dans cette partie nous rappellerons les spécificités hygrothermiques et structurelles du bâti ancien bruxellois, et nous verrons quels problèmes se posent lors de la rénovation. Nous étudierons de plus la question de la compatibilité entre dispositifs d'économies d'énergies et patrimoine bâti ancien. Tout au long de cette partie nous nous efforcerons de comprendre si les mesures d'efficacité qui s'appliquent aux bâtiments vont dans le sens de l'objectif global de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de la dépendance énergétique du territoire. Le travail qui a été mené repose sur 3 principales sources d'informations: 11 audits PAE réalisés en mai 2013 par le Centre Urbain sur un échantillon de maisons à « 2 façades » construites entre 1841 et 1950, une analyse de permis de construire des archives communales concernant cinq formes urbaines, deux campagnes de thermographies réalisées en février et avril 2013. Comme il a déjà été mentionné en introduction de l'étude, ce travail n'a pas vocation à produire une connaissance exhaustive sur la question de la rénovation du bâti ancien, mais à produire une analyse critique des dispositifs appliqués actuellement et à initier des démarches prospectives de plus grande ampleur permettant d'améliorer les pratiques actuelles⁽³⁾.

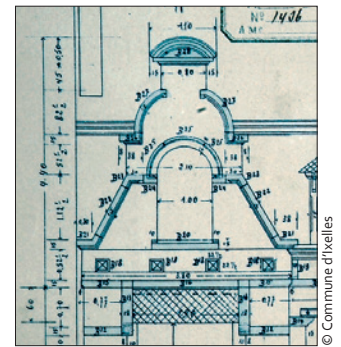
3 – Les 11 audits PAE seront mentionnés dans les iconographies par une lettre allant de (A) à (K). Voir annexe pour plus de détail sur les bâtiments expertisés.

Structure des bâtiments

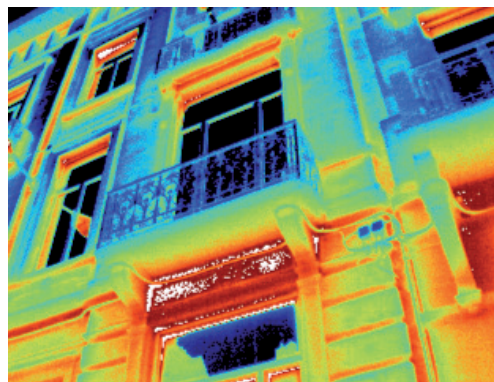
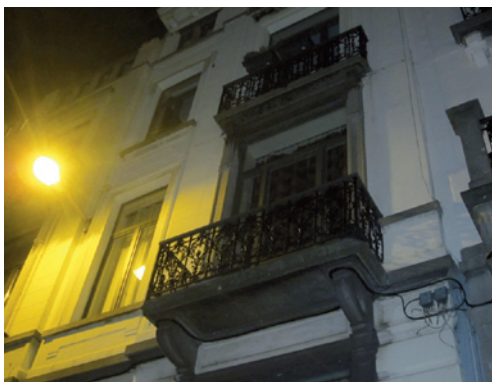
PASSAGE DU NÉO-CLASSIQUE À L'ÉCLECTISME AU XIX^e SIÈCLE :
MULTIPLICATION DES HÉTÉROGÉNÉITÉS THERMIQUES DE LA FAÇADE SUR RUE



Passage du néo-classicisme à l'éclectisme : les façades deviennent composites, l'usage de la « pierre bleue » permet de singulariser les façades, participe de leur ornementation mais crée aussi de légers ponts thermiques.

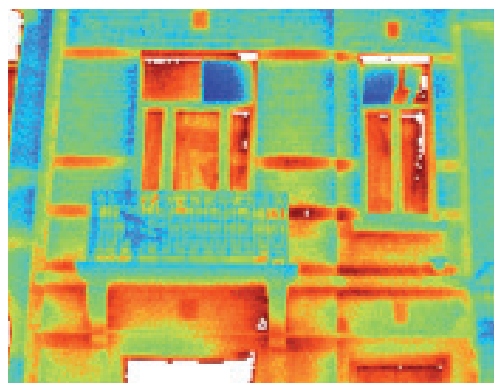


© Commune d'Ixelles



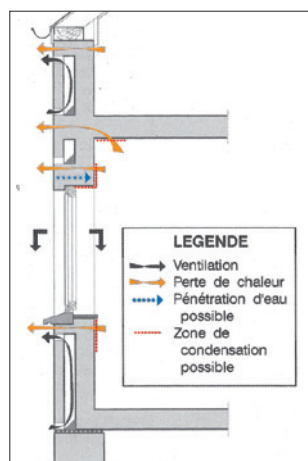
Le plan du maçon, comme ici sur le fronton, ne met en évidence que la « pierre bleue », car c'est elle qui donne à la façade sa valeur ornementale, c'est notamment grâce à elle que chaque façade se singularise et se différencie des façades mitoyennes. La « pierre bleue » qui est valorisée à la conception est aussi le matériau de plus forte conductivité thermique employé, elle sera la cause de ponts thermiques.

Les balcons et les coffrets de volets roulants intégrés à la paroi (entre les consoles) créent des ponts thermiques.



Exemple de façade éclectique jalonnée de ponts thermiques par usage de pierre bleue

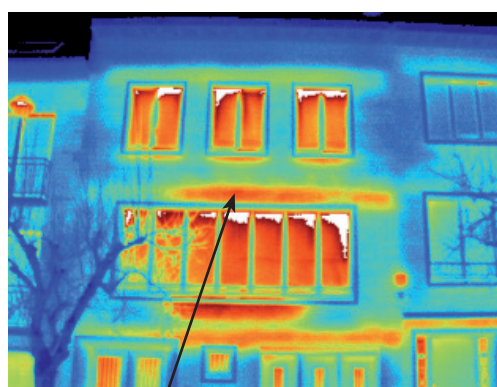
La maison « bel-étage » est souvent construite avec un mur creux dans lequel une demi-brique de parement est séparée de la structure porteuse par une lame d'air ventilée. L'interruption de la lame d'air provoquée par les planchers est l'occasion de ponts thermiques impactant le confort des occupants, ainsi poussés à la surchauffe de leurs logements.



Source : L'isolation thermique des murs creux (F. Simon & J.M. Hauglustaine)

© F. Simon & J.M. Hauglustaine

MAISON « BEL-ÉTAGE » (1960) RUE LINDEKENS (WOLUWE-SAINT-PIERRE)



Dalle de plancher (hourdis en béton armé)



Émetteur

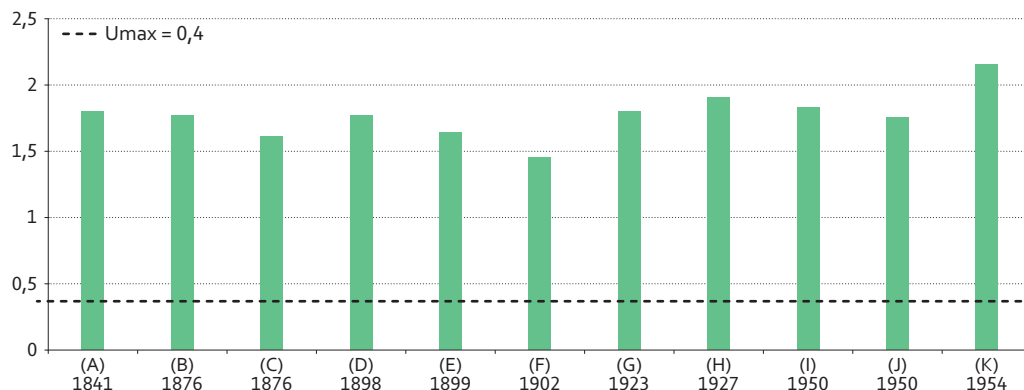
Sur l'échantillon de 11 maisons unifamiliales analysées par le Centre Urbain, l'une des constantes qui se dégage est l'usage généralisé de la brique dans les structures porteuses. Même après 1950, alors même que le béton armé devient très répandu dans le secteur du bâtiment, l'usage de la brique se retrouve encore dans les constructions de type « bel-étage » expertisées. L'analyse de la conductivité moyenne des parois opaques révèle une grande homogénéité quelles que soient les époques. Ces performances sont faibles si on les compare à l'objectif actuel requis dans les opérations de rénovation. Si en moyenne la conductivité thermique de la structure est assez constante sur l'échantillon de bâtiments, les ponts thermiques se multiplient au fil du temps et dégradent de façon sensible la performance des édifices. Après-guerre cette dégradation est notable lorsque les planchers bois sont abandonnés au profit des dalles de béton.

Quelques illustrations

Le passage du style « néoclassique » au style « éclectique » se traduit par l'abandon de l'enduit de façade (mortier de chaux), la multiplication des balcons (qui perforent les façades) et l'usage de matériaux très conducteurs (« pierre bleue ») à des fins ornementales. Ces trois dispositions vont dans le sens d'un abaissement de la performance globale de la façade. Après-guerre, la conception des maisons unifamiliales évolue quelque peu. Si la brique reste employée, les murs creux avec une lame d'air ventilé font leur apparition. Le but recherché est de protéger le logement des infiltrations d'eau liquide en provenance de l'extérieur, et d'éviter la condensation de la vapeur d'eau en provenance de l'intérieur dans la structure du mur. Ce dispositif de mur creux est souvent interrompu au droit des planchers (hourdis en béton armé) ce qui crée des ponts thermiques réellement pathologiques poussant les occupants à surchauffer les logements pour compenser la sensation d'inconfort.

La conductivité thermique des parois opaques rend compte des techniques constructives. Ces dernières reposent sur une constante : le mur porteur en briques pleines, ce qui explique la relative homogénéité des résultats et leur fort éloignement à l'objectif de performance énoncé par la PEB (fixé à 0,4).

CONDUCTIVITÉ THERMIQUE DES PAROIS OPAQUES SUR RUE (W/M².K)



Percement des façades sur rue

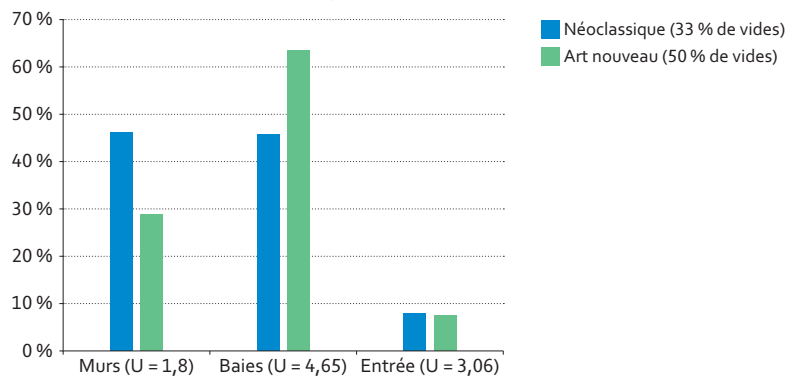
Les consommations d'énergies dans un bâtiment sont très dépendantes du taux d'ouverture de la façade, c'est-à-dire du rapport entre les baies et les parois opaques. Les maisons à deux façades représentent un optimum en terme d'usage de la mitoyenneté : les surfaces d'enveloppe donnant sur l'extérieur sont minimisées au profit des parois mitoyennes. Les bâtiments qui en résultent sont donc longilignes, et l'éclairage des pièces devient stratégique. On tente donc de capter au mieux la luminosité en utilisant des fenêtres verticales, le taux de vitrage sera limité par l'inconfort suscité dans le logement par les « parois froides » des vitrages. L'habitat Néo-classique possède un taux d'ouverture d'environ 30 %. Le développement des techniques de chauffage à la fin du XIX^e siècle donnera aux architectes la possibilité d'augmenter ce taux. L'Art nouveau se préoccupera de faire rentrer toujours plus de lumière dans les logements avec notamment l'emploi de bow-window qui permettent une captation multidirectionnelle.

Dans l'échantillon analysé, les deux maisons de l'entre-deux-guerres sont assez atypiques et n'appellent pas de commentaire particulier. Après-guerre, le taux d'ouverture de la façade ne fait plus l'objet de limitation particulière car le chauffage central permet de contrer l'inconfort que pourrait susciter tous les types de vitrages employés. Notons qu'une rupture s'effectue tout de même dans la disposition des baies qui sont désormais horizontales, et tendent à procurer aux occupants une vision plus panoramique de la rue (notons que la réduction des hauteurs d'étage participe aussi à ce choix).

À mesure que le taux de vitrage augmente dans une façade la question de la performance des baies devient de plus en plus centrale. Dans une façade néoclassique qui respecte un taux d'ouverture de 1/3, la question de la performance énergétique est autant portée sur les baies que sur les murs, dans le cas d'une façade Art-nouveau qui atteindrait 50 % de vides, la question des baies devient la question principale. Or l'Art-nouveau est précisément le style architectural qui met le dessin des baies au centre de l'écriture de la façade. Les questions qui se poseront lors de la rénovation seront donc particulièrement ardues.

Ce point sera à considérer dans l'analyse patrimoniale du bâtiment : outre l'insertion du bâti dans une séquence urbaine cohérente ou non, l'écriture de la façade suit parfois des logiques d'« architecture totale » dans lesquelles chaque élément de second œuvre a fait l'objet d'un soin particulier de la part du concepteur. Lorsque c'est le cas le bâtiment échappe à la dénomination de « bâtiment ordinaire » et est à considérer comme remarquable. Beaucoup de bâtiments dits « Art-Nouveau » sont des édifices remarquables et appelleront des solutions de rénovation « au cas par cas » ce qui compliquera la mise en œuvre de solution de rénovation.

TAUX DE DÉPERDITION DE LA FAÇADE SUR RUE

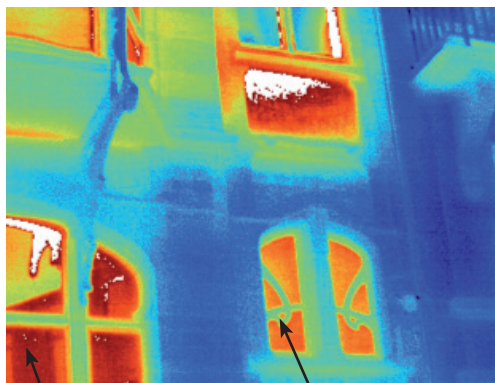
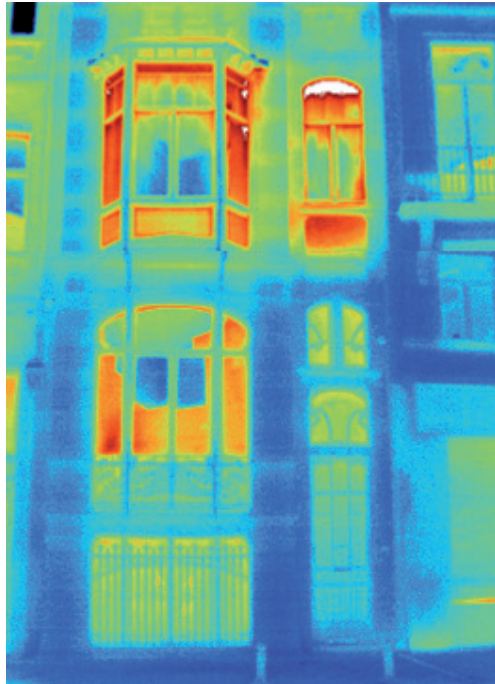


TAUX D'OUVERTURE DE LA FAÇADE SUR RUE



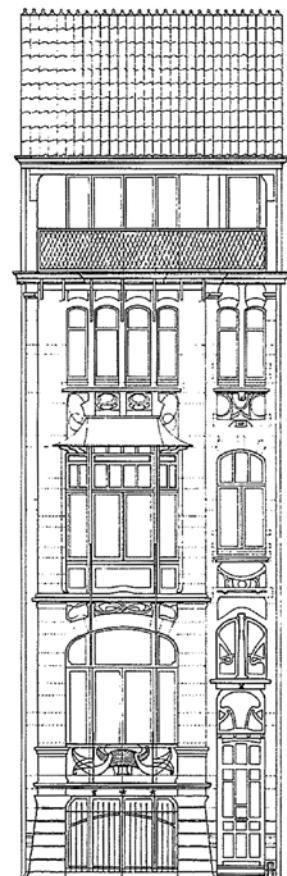
ART NOUVEAU : DES FAÇADES AU TAUX DE PERCEMENT ÉLEVÉ (1899)

À la fin du XIX^e siècle, la diffusion de systèmes de chauffages « assez » performants permet aux architectes de contrer l'effet de paroi froide qui restreignait jusqu'alors la taille des baies. L'usage de saillies (bretèches) est rendu possible. L'amointrissement de la résistance thermique du bâti est compensé par l'élévation des températures intérieures. Notons que les hauteurs sous plafonds augmentent (et donc les volumes chauffés) pour des raisons d'hygiène.



Vitrages

Petits bois dont le dessin est partie intégrante de l'architecture du bâtiment



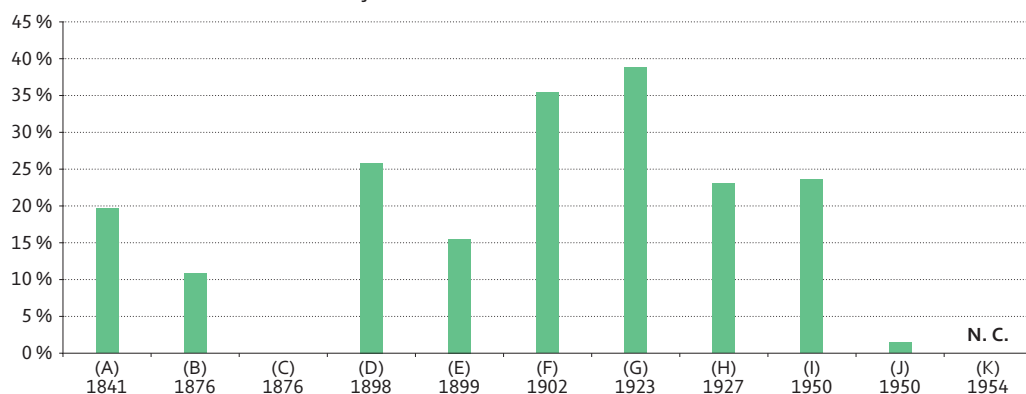
Évolutions morphologiques des bâtiments

L'analyse des permis de construire montre que les bâtiments à deux façades insérés dans des îlots fermés sont soumis à des logiques évolutives bien particulières. La façade sur rue est du domaine du « public » par opposition à la façade sur cour qui est du domaine du « privé ». L'évolution de la façade sur rue se fait dans le cadre de l'application de règles d'urbanisme communales. Si cette évolution est « relativement » encadrée et surveillée, à l'inverse, les façades sur cour sont nettement moins contraintes par les règlements communaux, et peuvent faire l'objet de modifications significatives. L'extension des pièces de vie par l'arrière du bâtiment est courante. La façade sur cour est très évolutive alors que la façade sur rue est beaucoup plus figée. Pour les bâtiments du XIX^e siècle une illustration ci-contre montre une évolution possible de l'enveloppe d'un bâtiment au fil du temps. Sur rue les modifications les plus importantes sont : en soubassement la création d'entrées de parkings (courant dans les années 50) et la surélévation du bâtiment. Sur cour, les modifications sont très hétérogènes, elles participent généralement de l'augmentation du volume habitable par extension du bâtiment sur le jardin. Cette logique implique parfois une réécriture complète des volumes intérieurs des annexes par suppression du système de demi-paliers, souvent constaté lors de la découpe en appartements. Ces évolutions morphologiques, courantes sur le bâti du XIX^e siècle, ont des conséquences sur la thermique du bâtiment. Alors que les façades sur rue sont relativement planes (à l'exception des bretèches et bow-window), les façades sur cour peuvent atteindre des développés très importants, multipliant l'impact des déperditions par baisse de compacité. L'examen des 11 audits PAE montre que les surfaces d'enveloppe sur cour sont jusqu'à 40 % plus importantes que les façades sur rue. La recherche du moindre coût a sûrement favorisé le développement d'annexes aux épaisseurs de mur plus faibles que sur rue, ce qui a un impact notable sur le confort des occupants.

LES ANNEXES : UN DÉVELOPPEMENT ERRATIQUE DES BÂTIMENTS PAR L'ARRIÈRE

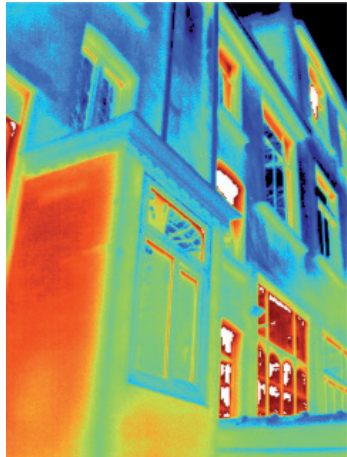


SUPPLÉMENT DE DÉVELOPPÉ DE FAÇADE SUR COUR

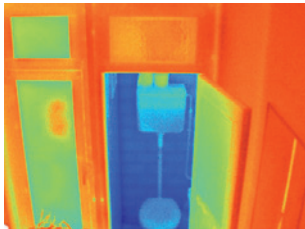


PATHOLOGIES THERMIQUES DES ANNEXES

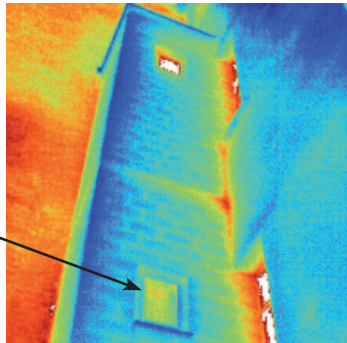
Les annexes, souvent créées dès l'origine, sont agrandies au fil du temps, et adaptées aux besoins des occupants. La résistance thermique des murs est généralement plus faible que sur rue, la compacité est elle aussi faible et engendre une démultiplication des ponts thermiques géométriques.



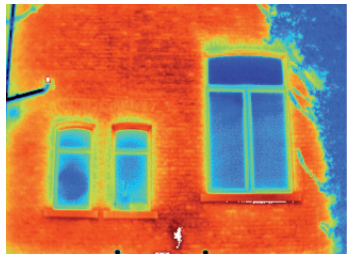
Les annexes : ici une structure légère de moindre résistance thermique



Vue de l'intérieur : les sanitaires font rentrer du froid dans l'espace habitable

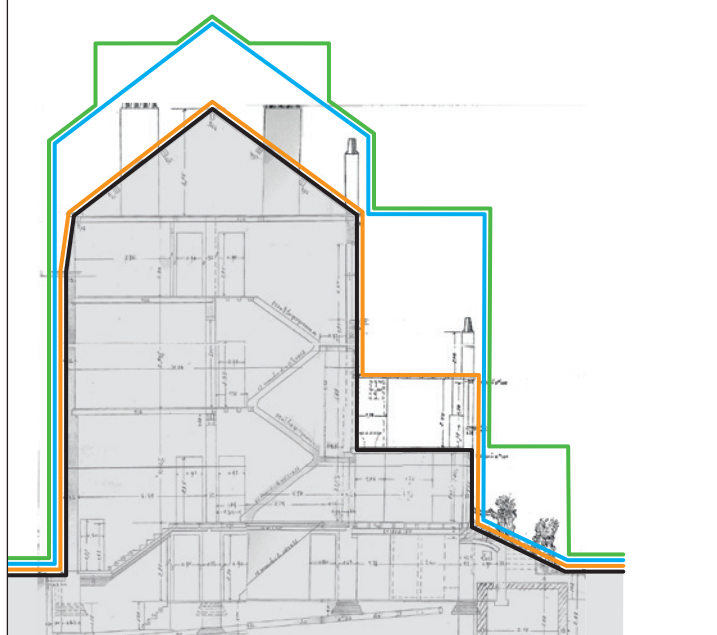


Pont thermique géométrique créé par l'ajout de sanitaires au droit des demis-paliers



La façade sur cour bénéficie d'un traitement peu soigné (ici absence d'enduit)

SCHÉMA D'ÉVOLUTION DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT



- 1850 : construction initiale
- 1880 : extension annexe
- 1950 : surélévation
- 1980 : chiens-assis, véranda

© Commune d'Ixelles

Division de la maison unifamiliale

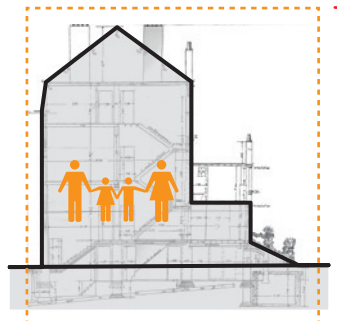
La maison familiale du XIX^e siècle possède un plan relativement récurrent. Ce plan est particulièrement adaptable et se prête bien au découpage en appartements. Une travée est généralement consacrée aux escaliers qui desservent les étages. Ces escaliers peuvent assez simplement devenir des parties communes d'immeubles à appartements si une division foncière s'opère. Cette mutabilité est propre aux maisons néo-classiques et éclectiques, elle n'est plus possible avec la maison « bel-étage » dans laquelle la circulation verticale est directement insérée dans les pièces de vie.

Pour atteindre l'objectif d'économie d'énergie global de la Région Bruxelles-Capitale ce point est à considérer. Dans le bâti ancien, une réduction des consommations d'énergie par habitants est atteignable via une densification de l'occupation du bâti existant, c'est-à-dire une réduction des surfaces habitables par habitant. Cette réduction est impossible dans les maisons à « bel-étage » et devrait donc inciter le législateur à être plus exigeant sur ce type de bâti. Notons que l'indicateur « kWh/m²/an », qui est très couramment employé pour qualifier la performance thermique théorique des édifices, est un indicateur très insuffisant car il revient à ignorer la taille des logements comme facteur d'atténuation possible des consommations d'énergie (4). La question de la surface habitable des ménages est essentielle en matière de maîtrise de l'énergie. Lors de la division des maisons unifamiliales en appartement, les surfaces chauffées des ménages baissent ce qui est théoriquement un facteur d'économies d'énergie (5).

DIVISION EN APPARTEMENT DE MAISONS UNIFAMILIALES DU XIX^e SIÈCLE : UNE DENSIFICATION PERMETTANT DES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE DE LA PETITE COURONNE

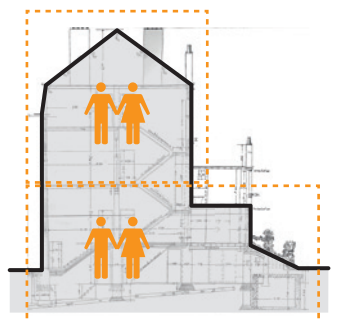
Maison unifamiliale

- 140 kWh/m²/an
- 6 250 kWh/hab



Maison bifamiliale

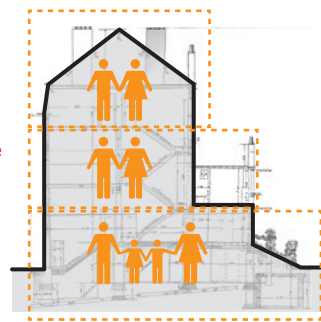
- 140 kWh/m²/an
- 6 250 kWh/hab



Pression foncière
Densification

Immeuble à appartements, 3 familles

- 140 kWh/m²/an
- 4 170 kWh/hab



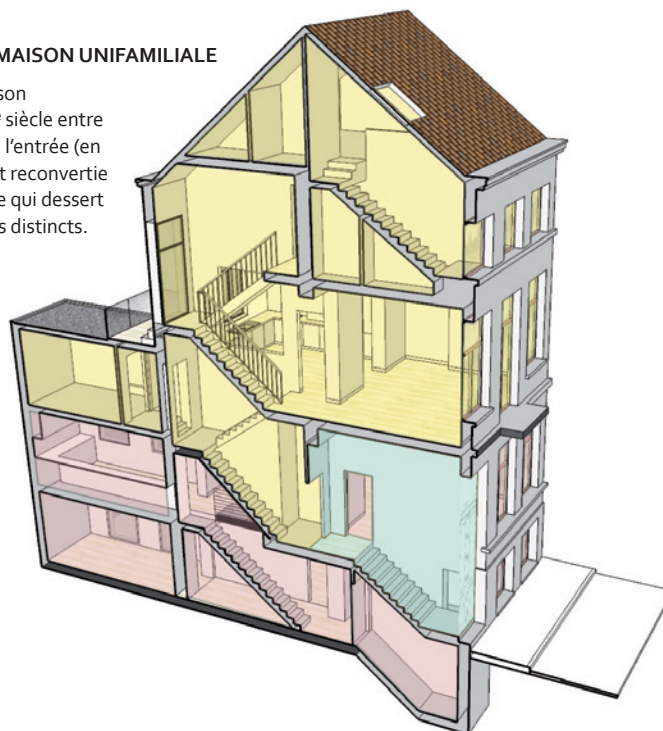
Baisse des consommations d'énergie de 1/3 par habitant sans intervention sur le bâti ni les systèmes.

La grande adaptabilité du plan du XIX^e siècle permet le redécoupage en appartements et donc la réduction des surfaces chauffées par habitant. À l'inverse, le plan des années 50 ne permet pas cette division (escalier intégré aux pièces de vie et donc non transformable en partie commune).

Notons que l'indicateur « kWh/m²/an » régulièrement employé ne permet pas de comprendre ce phénomène de réduction massive des consommations d'énergie qu'est la densification. Dans la transformation représentée ici les kWh/m²/an sont inchangés alors que les consommations par habitant sont réduites.

DIVISION DE LA MAISON UNIFAMILIALE

Division d'une maison unifamiliale du XIX^e siècle entre deux occupants. Ici l'entrée (en vert sur l'image) est reconvertie en partie commune qui dessert deux appartements distincts.



4 – Le logiciel PAE propose une évaluation des consommations d'énergie en kWh/an et non en kWh/m²/an, ce qui est une bonne posture.

5 – Cette réduction est dans la réalité tempérée par une certaine « élasticité » des consommations d'énergie liée aux comportements des usagers, ce point est abordé au paragraphe suivant.

Consommations d'énergie

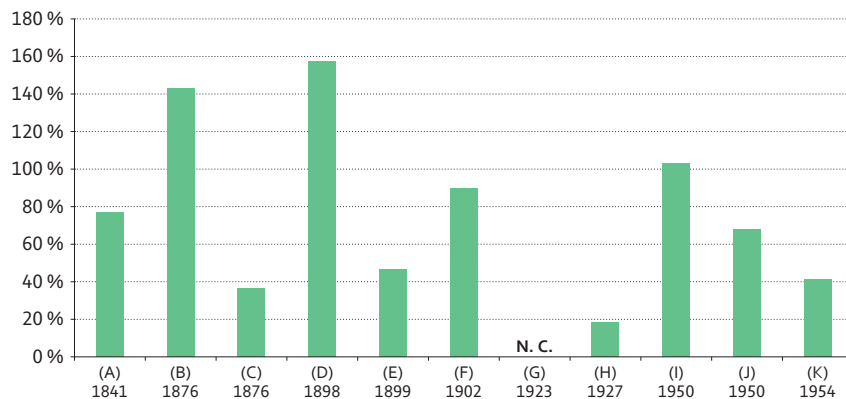
Après avoir passé en revue quelques-unes des caractéristiques thermiques des bâtiments anciens, se posent les questions de la synthèse sous forme de diagnostic et la mise en œuvre de solutions d'améliorations. Sur l'échantillon de 11 bâtiments, le logiciel PAE propose un calcul de consommations qui est comparé dans le tableau ci-dessous avec les factures relevées par les enquêteurs.

Le graphique montre **qu'il n'existe aucune corrélation entre les consommations d'énergie « calculées » et les factures relevées**, ces dernières sont systématiquement inférieures d'un facteur allant jusqu'à 2,5. Notons que l'expertise des bâtiments anciens est assez classiquement « surévaluée » par les modèles numériques, la surestimation des consommations n'est pas une surprise en soit dans le cas de ces 11 bâtiments. La question posée est de savoir en quoi l'outil PAE peut permettre une aide à la décision en matière d'économie d'énergie. Nous ne rentrerons pas dans le détail des questions de modélisation qui

nous amènerait à tenter de comprendre pourquoi un modèle est à même ou pas de reproduire l'empreinte énergétique d'un bâtiment ancien, cela dépasse le cadre de l'exercice mené sur ces 11 bâtiments.

Le logiciel PAE est très précis dans la description morphologique du bâtiment. Renseigner un bâtiment nécessite un travail sur plan et une visite du bâtiment, c'est une procédure assez complexe et le logiciel bénéficie d'une interface assez bien faite qui permet à un auditeur d'arriver à ses fins en un temps raisonnable. En revanche le parti pris du logiciel est d'ignorer les modes d'occupations du bâtiment, il décrète de façon arbitraire que l'espace vital est chauffé selon une température unique. Le but recherché par les concepteurs est d'exclure les modes d'appropriation de l'espace vital pour ne se consacrer qu'à la thermique de l'enveloppe et des systèmes. **Implicitement le parti pris est de considérer que le champ d'application du logiciel est l'amélioration des parois et des systèmes de chauffage.** Le

ÉCART ENTRE CONSOMMATIONS « CALCULÉES » PAR LE LOGICIEL PAE ET LES FACTURES D'ÉNERGIES



1.3 Objectifs

Les objectifs de la mise sur pieds d'une procédure d'avis énergétique sont les suivants :

- Disposer d'une **méthode unique et standardisée** permettant de caractériser le comportement énergétique d'un bâtiment destiné au logement indépendamment du comportement des habitants ;
- Permettre ainsi une **comparaison** des bâtiments entre eux ;
- Disposer d'une méthode **d'évaluation** énergétique des bâtiments existants ;
- Disposer d'un outil permettant d'informer, de former et donc de **sensibiliser** les locataires et propriétaires aux aspects énergétiques de leurs logements (moyen efficace pour parvenir à une amélioration énergétique des bâtiments de ce secteur) ;
- Disposer d'un outil d'orientation et **d'aide à la décision pour la rénovation** (volet avis) ;
- Disposer d'une base pour répondre aux exigences de la directive européenne de janvier 2003 ;
- Soutenir et renforcer les **politiques régionales et fédérales en matière de maîtrise des consommations d'énergie**, de réduction des émissions de CO₂ et donc également de soutenir les efforts permettant d'atteindre les objectifs de Kyoto.

Objectifs actuels des procédures d'avis énergétique, d'après « PAE manuel d'utilisation ».

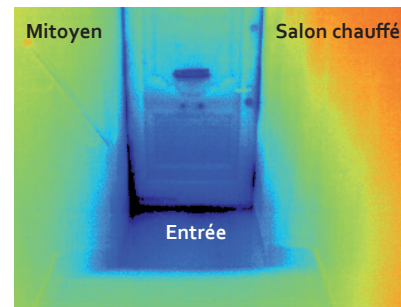
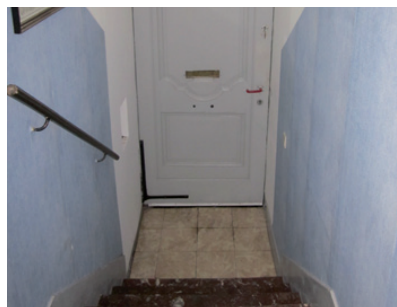
graphique ci-dessous montre qu'en mettant de côté le comportement des occupants c'est au moins la moitié du problème des économies d'énergie qui est laissé de côté. Le problème posé par la méthode n'est pas le diagnostic en lui-même dont le champ d'application est balisé par les concepteurs qui précisent ne s'intéresser qu'à l'efficacité du bâtiment, mais bien dans la partie recommandation qui suivra l'expertise initiale puisque le logiciel propose des solutions concrètes aux audités, c'est-à-dire **d'engager des investissements, sur la base d'un diagnostic « théorique »**. Dans ce cas, **le retour sur investissement risque lui aussi d'être « théorique »**. Cela met l'usager dans une position financièrement risquée.

Avant d'aller plus loin, il convient de s'attarder un instant sur ce qui précisément n'intéresse pas l'audit PAE et qui est mis de côté, à savoir le comportement des usagers. Dans le cas de la maison unifamiliale, les surfaces habitables sont importantes, les occupants adaptent leur usage du bâtiment aux saisons, certaines pièces inconfortables en hiver sont condamnées et non chauffées et se transforment en espaces tampons. Les escaliers de l'entrée sont couramment transformés en sas donnant sur l'extérieur en hiver, les anciennes salles de réception en rez-de-chaussée avec leurs grands volumes sont chauffées à minima, etc. **L'appropriation du bâtiment est déjà en soi une stratégie d'économie d'énergie, totalement dépendante de la nature du bâtiment, de sa morphologie, de son comportement thermique.** Ne pas s'intéresser à ces stratégies revient à les déconsidérer, ce qui n'aide pas à la bonne conduite de mesures d'économies d'énergie. Ce que nous entendons par mesure d'économies d'énergie c'est la recherche de l'optimum économique pour l'occupant qui engage des investissements lors d'une rénovation.

L'entretien individuel réalisé au cours de la visite par l'auditeur PAE permet rapidement de comprendre comment est chauffé le bâtiment. La dérive entre « calcul » et « réalité » provient vraisemblablement d'une mauvaise appréciation par le logiciel des volumes chauffés et des températures de consignes suivies par les occupants. Que penser alors des préconisations formulées par les PAE ? Faire des recommandations pratiques sur la base d'un constat « théorique » est tout de même assez périlleux. L'exemple de la maison unifamiliale Néo-classique (A) a été regardé. Le bâtiment présente le cas d'une maçonnerie de briques enduites. La façade arrière du bâtiment ne présente pas de pathologies particulières, sa conductivité est élevée ($U = 1,8$), une annexe abritant des WC a été greffée au bâtiment, il s'agit d'une structure légère en parpaings. Si l'on teste avec le logiciel PAE l'impact

LE COMPORTEMENT DES HABITANTS : DES STRATÉGIES D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

L'appropriation par les occupants de l'espace habitable est capitale dans l'analyse des consommations d'énergies, en particulier lorsque les espaces sont surdimensionnés par rapport aux besoins (cas des maisons unifamiliales).



Création d'espaces tampon (le « sas »), espace non chauffé, apte à créer une coupure thermique entre l'entrée et la pièce de vie

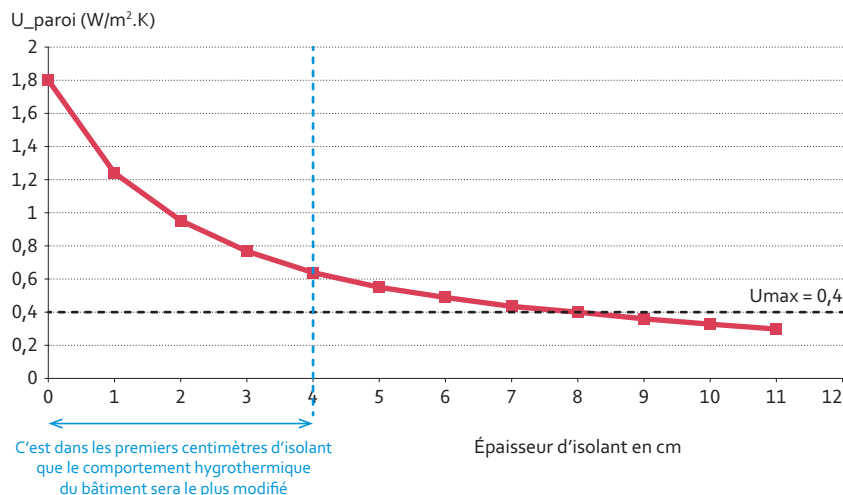


Porte fenêtrée installée comme coupure thermique vis-à-vis de la paroi froide de la bretèche



Baie de communication entre la pièce de réception et la salle à manger. Permet de séparer voire de condamner partiellement un espace habitable l'hiver.

CONDUCTIVITÉ DE LA PAROI ISOLÉE (MUR DE 34 CM DE BRIQUE ENDUIT QUE L'ON ISOLE AVEC DU POLYSTYRÈNE EXTRUDÉ)



d'un isolant ($\lambda = 0,04$) sur la conductivité de la maçonnerie de la face arrière du bâtiment on peut quantifier l'évolution de la conductivité de celle-ci (voir graphique ci-contre).

Dans les premiers centimètres d'isolant le comportement du bâtiment évolue très rapidement, les gains se stabilisent ensuite. Lorsque les ponts thermiques créés par l'isolation (on pense notamment aux techniques d'isolation intérieure) ne sont pas correctement traités, il faut éviter de rechercher un trop grand niveau d'isolation car les inconvénients (pathologies hydriques) peuvent être plus grands que les bénéfices de l'isolation. Ce point sera précisé dans le paragraphe suivant, mais l'objectif de la PEB ($U = 0,4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$) qui conduit à un fort niveau d'isolation ($\sim 8 \text{ cm}$ d'isolant) semble avoir été fixé au plus haut sans réelle prise en considération des spécificités des maçonneries anciennes (avec l'idée fautive que : « plus on isole et mieux c'est », le rôle du maître d'œuvre sera toujours la recherche du meilleur compromis entre économies d'énergie et risque pour la structure du bâtiment). D'un point de vue économique une isolation permettant d'atteindre cet objectif peut être planifiée avec son retour sur investissement ⁽⁶⁾. On associe aussi aux travaux le remplacement des simples vitrages par des doubles vitrages peu émissifs. Avec un prix du gaz aux alentours de $0,065 \text{ €/kWh}$, le temps de retour actualisé de l'investissement est 46 ans ⁽⁷⁾ pour l'isolation et de 28 ans pour les vitrages. Les dépenses excèdent donc les profits : les isolants et les vitrages seront périmés et devront être changés avant d'avoir atteint l'équilibre économique ⁽⁸⁾. Si on double le prix du gaz, on passe à 23 ans pour l'isolation et 15 ans pour les vitrages. Ces temps sont tout de même très élevés et dépassent l'horizon temporel crédible de ce genre d'investissements. Faut-il pour autant renoncer à des mesures d'économies d'énergie ? La PAE crée ici un effet de distorsion relativement contre-productif, elle exclut la consommation « réelle » des usagers de son champ d'investigation lors du diagnostic et la réintègre lors de la phase de préconisations, comme si de simples règles de proportionnalités appliquées en dernière instance pouvaient permettre de restituer le fameux facteur « comportemental » jusqu'alors ignoré par l'analyse. Les résultats fournis par le logiciel sont donc difficiles à interpréter en l'état.

Cela dit, le constat auquel amène l'analyse des temps de retour est tout de même assez classique, et se retrouve dans nombres d'audits. **Les mesures d'économies d'énergies recommandées par la réglementation n'ont aucune portée économique dans le bâti ancien. Les gains apportés par ces mesures coûteuses ont des temps de retour beaucoup trop longs qui ne**

permettent pas d'aboutir à des réductions de consommation d'énergie selon un schéma économique viable. Comme les dépenses à engager pour diminuer les pertes thermiques d'un bâtiment sont de plus en plus élevées à mesure que le bâtiment est mieux isolé : le niveau d'exigence actuel requis par la réglementation est beaucoup trop haut.

Recommandation : malgré les quelques faiblesses soulignées précédemment, l'outil PAE possède néanmoins une très bonne ergonomie et mériterait une plus juste valorisation.

1 – Comme nous l'avons vu le bâti de la RBC est un bâti très homogène en terme de plan et de qualité structurelle, cette homogénéité est une chance qui rend le bâti ancien accessible à la modélisation. La méthode PAE devrait être mieux valorisée à cet effet. La connaissance des consommations « réelles » devrait faire l'objet d'une analyse statistique de grande échelle sur la base de l'intégralité des audits PAE réalisés jusqu'à aujourd'hui. La connaissance de la consommation « réelle » est une façon d'avoir une idée un peu réaliste de l'état du parc, cela semble le préalable nécessaire à l'intervention sur le bâti ancien. C'est en tout cas le seul point de départ possible si on veut être sûr que la rénovation du bâti ancien puisse porter ses fruits de façon globale et désengager la Région Bruxelles-Capitale de son niveau de vulnérabilité énergétique.

2 – La surévaluation des consommations provient très vraisemblablement d'une surestimation des volumes chauffés, ce qui ne correspond pas à la réalité de l'occupation des bâtiments. Les hypothèses de ventilation naturelle employées pour la PAE n'ont pas été analysées, les valeurs retenues pour le bâti ancien sont généralement surestimées et font dériver les estimations dans le sens de la surconsommation ⁽⁹⁾.

3 – Les gains apportés par les mesures d'économies d'énergies (isolation, double vitrages, etc) semblent dévalorisés par l'audit PAE et encourage le propriétaire de bâtiments audités à ne pas engager de dépense faute de retour sur investissement. Une meilleure prise en compte des « usages » du bâtiment permettrait de comprendre que les travaux d'économies d'énergie ont un intérêt économique lorsqu'ils sont une réponse appropriée à une situation « réelle » et non « théorique » ⁽¹⁰⁾. Vouloir dissocier « comportement » et « performance intrinsèque du bâtiment » est peut-être intellectuellement séduisant mais conduit à une impasse dans la pratique, car la composante économique du conseil énergétique est trop peu fiable pour engager le particulier dans un plan de financement.

6 – Voir détail des calculs en annexe.
7 – Taux d'intérêt 3 %, taux d'inflation 2 %.
8 – Le raisonnement se fait en l'absence d'aide publique puisque nous cherchons quelles pratiques doivent être engagées dans le cadre d'une politique publique efficiente. Néanmoins la prise en compte de l'aide publique actuelle ne change pas l'ordre de grandeur des temps de retour.
9 – Une ventilation de $0,5 \text{ volume/heure}$ est couramment rencontrée dans les bâtiments anciens alors que les modèles numériques retiennent des hypothèses souvent deux fois plus élevées.
10 – Les mesures d'économies d'énergie appliquées aux bâtiments anciens ont plus ou moins de portée selon les types d'espaces chauffés qu'elles concernent, considérer que le volume chauffé est uniforme revient à minimiser les portées des mesures d'économie d'énergie. La prise en compte de l'occupation « réelle » est capitale.

Amélioration thermiques des façades

L'isolation thermique est l'une des pistes possibles offerte à l'amélioration de la performance thermique des bâtiments anciens. Les dispositifs d'isolation apparaissent dans la deuxième moitié du xx^e siècle, ils sont relativement « récents ». Leur application dans le bâti ancien relève donc d'une démarche « anachronique », les complications qui peuvent survenir suite à leur mise en œuvre doivent être anticipées. À l'origine les isolants ont été conçus pour palier au déficit de résistance thermique des murs en béton armé. La stratégie qui consiste à intégrer dans le second œuvre une « barrière » thermique se conjugue assez bien avec le béton armé mais beaucoup moins avec les structures des bâtiments anciens, notamment pour des raisons hygrothermiques.

Les matériaux composant les structures des bâtiments anciens sont très perméables à l'eau liquide et à la vapeur d'eau, à l'inverse du béton qui est relativement imperméable. Les structures des bâtiments anciens sont donc un lieu où transite en permanence de l'eau. L'interruption de ces flux peut causer des dégâts importants dans les structures, notamment si du bois les composent.

Les matériaux isolants posent deux types de problèmes dans le bâti ancien : ils sont susceptibles d'interrompre les transferts d'eau dans les parois et la modification brutale du profil de température qu'ils opèrent peut produire la condensation de la vapeur d'eau dans les structures. La difficulté posée par ces questions hygrothermiques est qu'elles apparaissent de façon pathologique plusieurs années après le chantier de rénovation. Ce qui fait que l'apprentissage des « bonnes pratiques » par les maîtres se fait naturellement de façon trop lente. **La capitalisation des retours sur expérience doit donc être organisée par la puissance publique.**

Sur le marché de l'isolation deux techniques s'affrontent, l'isolation thermique extérieure et l'isolation thermique intérieure. Nous allons préciser la portée de chacune des deux techniques dans le cas de la maison unifamiliale à 2 façades. Le champ d'application de ce qui suit concerne uniquement les structures porteuses en briques qui sont ultra-majoritaires dans les échantillons de bâtiments étudiés.

L'isolation extérieure pose un problème urbain de taille qui est celui de la nécessaire réécriture des façades. Impossible dans bien des cas, il convient néanmoins de baliser son champ d'application et ne pas la réserver aux seuls bâtiments « neufs ».

L'isolation extérieure a l'énorme avantage de ne pas être pathologique pour le bâtiment lorsqu'elle est correctement mise en œuvre. À tort, l'isolation intérieure est souvent comprise comme le compromis idéal entre exigences patrimoniales et amélioration de la performance thermique. L'isolation intérieure est malheureusement la technique la plus pathologique pour le bâtiment et demande une compréhension parfaite des équilibres hygrothermiques. Les dégâts survenus à l'issue de chantiers de rénovation par l'intérieur sont monnaie courante. Il serait faux de faire croire que cette pratique est la mieux adaptée aux bâtis anciens. Nous tenterons de baliser les précautions minimum qu'il convient de suivre.

En complément de ces deux techniques, la technique dite de la « correction thermique » qui consiste en l'application d'un enduit chaux mélangé à un isolant naturel (chanvre, liège, etc.) permet d'isoler soit par l'extérieur une façade soit par l'intérieur, soit de faire les deux en même temps. Les niveaux de performances « réels » de ces matériaux sont souvent déconsidérés. Le manque de retour d'expérience de l'impact de ces matériaux sur les profils de consommation des logements est très dommageable aujourd'hui⁽¹¹⁾. Ces matériaux sont purement et simplement proscrits des recommandations actuelles car ne permettant pas d'atteindre les niveaux recommandés. Pourtant la recherche d'une bonne solution de rénovation est toujours **la recherche d'un compromis entre performance énergétique, confort des occupants, maintien de la salubrité du bâti.** Rien n'est fait pour qu'aujourd'hui ces matériaux puissent participer à la recherche de la meilleure solution. Toute alternative au tryptique isolation, double vitrage, ventilation est réglementairement quasi impossible.

11 – L'impact de la baisse des consommations par annulation de la paroi froide est trop mal perçue par les modèles thermiques.

Isolation par l'extérieur

Si les solutions d'amélioration de la performance thermique des édifices impliquent des réécritures partielles ou totales des façades, ce qui fait la valeur historique des édifices et des quartiers auxquels ils appartiennent deviennent le cœur du sujet. Il convient donc de qualifier et de mesurer la pertinence de ces évolutions. Le patrimoine bâti est une question qui a à voir avec le temps long. Les matériels que nous employons pour rénover les bâtiments ont des durées de vie d'au mieux 20 ou 30 ans (isolants, vitrages, chaudière, etc). Au regard de la durée de vie des bâtiments anciens ces matériels sont donc très éphémères ; si leur mise en œuvre implique de remettre en cause l'esthétique et la qualité structurelle des édifices, il est donc essentiel que leur application se traduise dans les faits par une baisse « réelle » de la consommation d'énergie des bâtiments anciens. **La seule et unique façon de s'en assurer est d'organiser le suivi des consommations d'énergie des bâtiments rénovés, de rendre publique et transparente cette information, afin qu'elle puisse aider à l'auto-évaluation de la politique publique d'économie d'énergie dans le bâti ancien.** Cette disposition de base relève du principe de précaution : appliquer à grande échelle des mesures d'économies d'énergie sans tenter de mesurer le résultat de ce qui est appliqué année après année est irrationnel. De plus, les mesures d'économie d'énergie engageant des aides publiques, il convient donc de quantifier l'efficacité économique de ces dispositifs. En période de crise ce point est bien sûr central.

Il est évident que si les mesures appliquées actuellement ne sont pas les bonnes, et qu'une

redéfinition des politiques publiques d'économie d'énergie intervient d'ici quelques années, les bâtiments anciens qui auront été lourdement modifiés par l'application de règles inappropriées auront été tout bonnement sacrifiés pour rien. **La question est bien de savoir comment un objectif de long terme qu'est la préservation d'un patrimoine urbain et architectural côtoie un objectif de moyen terme, celui de la rénovation, dont l'auto-évaluation n'est pas organisée.**

Au-delà de ces considérations, les préoccupations énergétiques posent des questions essentielles sur l'évolution de la ville et de son patrimoine bâti. La palette des solutions de rénovation qui existent incite à comprendre chaque opération comme étant un compromis que trouvera le maître d'œuvre entre : performance énergétique, valeur patrimoniale et maintien de la salubrité du bâtiment. C'est pour cela que les solutions « clés en main » ou les « solutions universelles » n'existent pas.

Nous avons tenté de borner notre étude au patrimoine « bâti ordinaire » car c'est à la fois le moins suivi et le plus soumis à ce que l'on peut qualifier « les évolutions au fil de l'eau ». En effet les habitants n'ont pas attendu les considérations récentes sur l'énergie pour amorcer des transformations parfois lourdes sur les édifices qu'ils occupent. Les transformations lourdes sont celles qui engagent les structures comme la surélévation ou l'extension du bâti sur cour via le développement des annexes. Les annexes dont le développement a toujours été assez



Cœur d'îlot montrant le développement des annexes. L'isolation extérieure peut être appliquée sans précaution particulière.

libre n'appellent pas d'attention patrimoniale particulière. Les mesures d'économie d'énergie comme l'isolation extérieure peuvent donc y être employées sans précaution particulière. Concernant les façades sur rue, les évolutions les plus nettes concernent le second œuvre comme les fenêtres. Les ravalements sont aussi l'occasion de modifications substantielles de la façade : rabotage des modénatures, application d'enduits ciment, mise à nu de la brique.

Les altérations des façades par jeux de ravalements successifs sont les premières sources de modification de l'équilibre hygrothermique du bâtiment et elles peuvent être à l'origine de pathologies. Les plus courantes sont : la mise à nu de la brique qui fera rentrer l'eau liquide dans les logements sur les façades les plus exposées à la pluie battante (ex : façades sud-ouest), la disparition des bandeaux et corniches qui accélérera l'érosion produite par l'eau de pluie, l'emploi d'enduits étanches inappropriés qui provoqueront des moisissures dans les habitations, etc.

Le caractère patrimonial d'un bâtiment est tributaire de son niveau d'altération. Lorsque le bâtiment n'a déjà plus rien de son écriture originale, les interventions sur la façade peuvent s'envisager, la liberté d'intervention dépendra des contraintes paysagères (alignement, perspective, etc.) elles pourront aller d'une solution légère comme la simple correction

thermique (enduit isolant) au bardage en passant par la technique dite d'« enduit sur isolant ». C'est au maître d'œuvre de conseiller la meilleure solution en fonction des contraintes du site et des attentes des occupants. Ici un compromis doit être recherché entre efficacité thermique et modification de la volumétrie par épaissement de la façade.

Dans le cas de bâtiments ordinaires, il est nécessaire de qualifier la valeur patrimoniale selon au moins deux niveaux d'analyse : l'échelle urbaine et l'échelle du bâtiment. Certains bâtiments, malgré leur faible niveau d'ornementation ou leur faible qualité constructive, participent à la création de séquences urbaines cohérentes et doivent donc être rénovés avec la plus grande précaution même lorsque chaque bâtiment, considéré indépendamment de son environnement proche, ne laisse pas présumer d'un intérêt particulier. C'est notamment le cas des maisons individuelles des années 50, qui bénéficient d'un faible niveau de protection patrimoniale. Parfois les règlements patrimoniaux contraignent fortement la mutation des tissus en pérennisant la vocation résidentielle de certains quartiers. L'application de ce type de règle, qui fige la destination des bâtiments, doit être considérée de façon critique. Pour les tissus des années 50 fortement captifs de la voiture particulière, l'absence de commerces de proximité est aussi une façon de pérenniser la vulnérabilité énergétique, rendant définitivement obligatoire l'usage de la voiture.

ÉVOLUTIONS CONTRASTÉES D'UN MÊME TYPE DE FAÇADE

Façade rabotée puis ré-enduite : tous les décors ont disparu au profit d'un enduit ciment inadapté à la brique car beaucoup trop étanche.

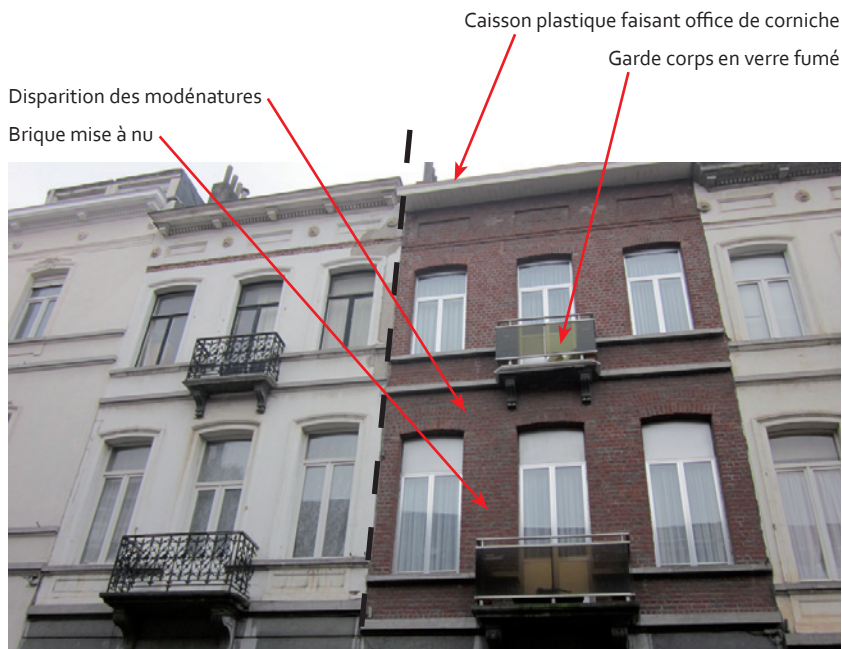
Façade rabotée : l'enduit a été pioché, les décors ont disparu, la brique a été mise à nu. Les risques de pathologies par infiltration d'eau de pluie dans les logements se développent en l'absence d'enduit.

Façade non entretenue

Façade entretenue : la peinture et l'enduit s'accordent avec les modénatures originales



ÉVOLUTIONS CONTRASTÉES D'UN MÊME TYPE DE FAÇADE



Disparition des modénatures
Brique mise à nu

Caisson plastique faisant office de corniche
Garde corps en verre fumé

Façade proche de son état originel

Façade fortement modifiée par la mise à nu de la façade, le remplacement des garde-corps et de la corniche

L'isolation extérieure peut être appliquée dans le cas de bâtiments fortement dégradés, aux façades réécrites lors de ravalement peu scrupuleux. Les bâtiments insérés dans des tissus hétérogènes doivent être considérés au cas par cas; certains pourront faire l'objet d'isolation extérieure, d'autres pas.

Au-delà de ces considérations, dans nombre de cas, des analyses plus poussées seront nécessaires afin de mesurer la portée de l'interventionnisme sur les façades. La cité de jardin de la Roue, en est un exemple flagrant (voir page suivante). Certains ensembles datant de la construction de la cité en 1907 sont très bien conservés (rue des citoyens, rue des colombophiles). Ici l'isolation extérieure est proscrite. À l'inverse les maisons « expérimentales » de 1921, qui ont été édifiées à des fins prospectives afin de mesurer la portée de la préfabrication, ont aujourd'hui un intérêt patrimonial mineur et pourraient retrouver leur vocation expérimentale par la mise en œuvre de dispositifs innovants d'économie d'énergie, avec des solutions expérimentales dépassant le simple cadre de l'isolation extérieure. Par contre d'autres secteurs comme la « plaine des loisirs » nécessitent une approche plus nuancée. La « plaine des loisirs » a fait l'objet de nombreuses évolutions, les vitrages d'origine ont presque tous disparu, les volets aussi, les enduits de façades sont désormais polychromatiques du fait des ravalements successifs non concertés. Si ce patrimoine a beaucoup évolué, il n'en demeure pas moins l'emblème de la cité-jardin comme peut en témoigner le dessin figurant à la station de métro de la Roue. La polychromie des enduits est devenue aujourd'hui partie intégrante de l'image de la Roue même si elle n'était pas prévue par son concepteur. Les solutions de réhabilitations devront prendre en compte cette dimension sociale qui relève de l'appropriation du site par ses habitants. Une étude plus approfondie devra qualifier la pertinence des solutions de réhabilitation en accord avec cette dimension bien particulière du site. Les enduits naturels réalisant des corrections thermiques sont peut-être une plus-value intéressante pour cet ensemble.

ÉVOLUTIONS CONTRASTÉES D'UN MÊME TYPE DE FAÇADE



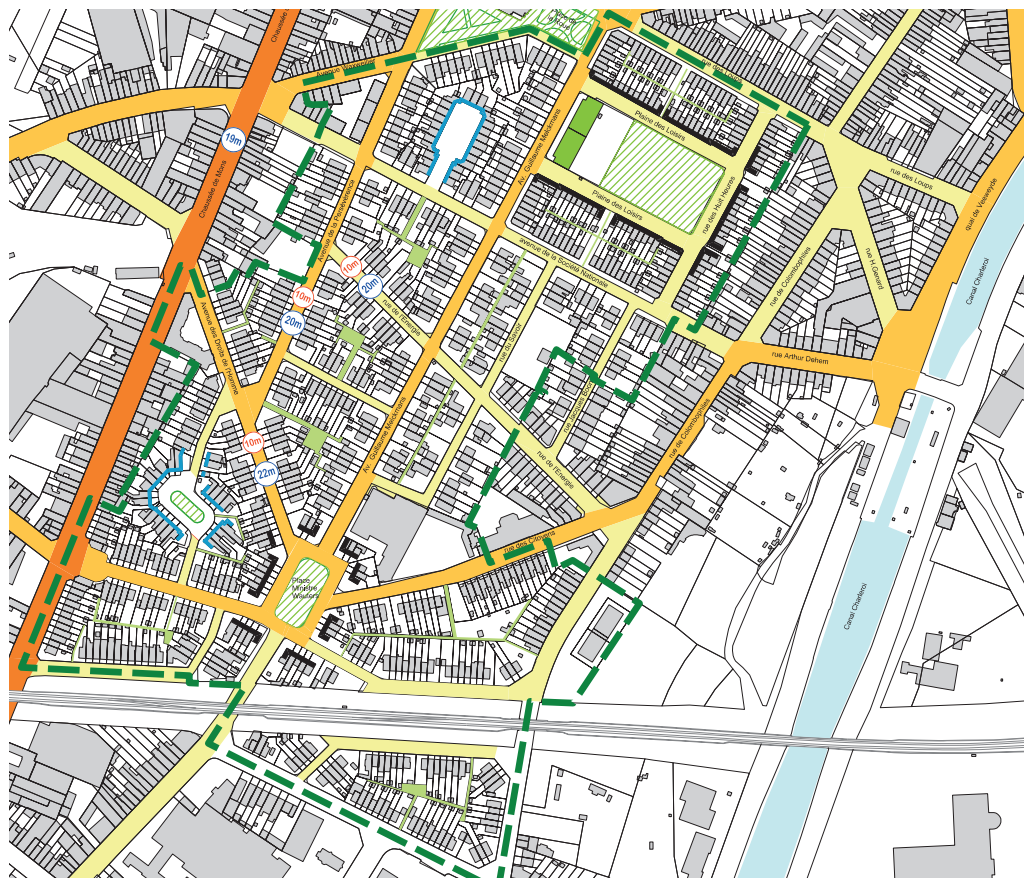
Enduit ciment inapproprié à la structure en briques

Ventouse de la chaudière à condensation

Humidité provenant du « goutte à goutte » de la ventouse de la chaudière du 2^e étage. Ce goutte à goutte tombe sur un câblage électrique alimentant le rez-de-chaussée.

Les décors d'origine ont totalement disparu. La réhabilitation générale et l'isolation thermique extérieure de ce bâtiment sont possibles sauf contrainte paysagère particulière.

CITÉ-JARDIN DE LA ROUE : DES TYPOLOGIES BÂTIES VARIÉES APPELANT DES SOLUTIONS DE RÉHABILITATION DIFFÉRENCIÉES



**Commune d'Anderlecht
Cité-jardin « La Roue »**

Réseau des espaces publics:
hiérarchie et composition

- périmètre du quartier
- voie de transit
- voie de liaison interquartier
- voie de desserte locale
- venelle privée
- place de quartier
- place en coeur d'îlot
- espace vert public
- largeur de la voie (parcelle à parcelle)
- largeur de la voie (bâti à bâti)



© Distribution & Copyright CIRB

Réalisé avec Brussels UrbIS®



« Plaine des loisirs » (1921) : fronts bâtis emblématiques de la cité de La Roue



Rue des Citoyens (1907) : une séquence homogène à préserver



Dessin de « plaine des loisirs » figurant à la station de métro de la Roue



Chantier expérimental (1921) : zone qui pourrait retrouver sa vocation avec des techniques d'économies d'énergie

Isolation intérieure

L'isolation intérieure a ceci de contre intuitif : elle semble à la portée de n'importe quel bricoleur, alors qu'elle est en réalité la plus complexe des techniques d'isolation. Elle est parfois tellement complexe que les déconvenues seront supérieures aux avantages. Les problèmes rencontrés seront de nature hygrothermiques pour la plupart.

La brique est, parmi les matériaux de construction traditionnels, l'un des matériaux qui permet le plus d'erreurs dans la gestion de l'hygrothermie des logements. Ses capacités de séchage sont très bonnes, ce qui pardonne les petites erreurs de conception de l'isolation intérieure (à l'inverse des structures en pans de bois). La contrepartie est que les pathologies que l'on n'aura pas su éviter⁽¹²⁾ pourront mettre 20 ou 30 ans à se révéler. Si les réalisations actuelles donnent satisfaction à leurs occupants, cela peut ne pas être durable. Il existe deux familles de risques avec l'isolation intérieure :

1 – Le transfert de vapeur d'eau, qui s'effectue généralement de l'intérieur vers l'extérieur, peut être bouleversé par une chute trop brutale de température et donc conduire à de la condensation dans le mur. Cette chute brutale est exactement l'effet produit par un isolant posé sur la face intérieure du mur.

2 – L'infiltration d'eau liquide depuis l'extérieur (ex : pluie battante), qui trempe la structure, ne peut s'évacuer à cause de l'imperméabilisation intérieure.

Notons que ce deuxième point a toujours fait l'objet de préoccupations de la part des concepteurs de bâtiments en Région Bruxelles-Capitale : l'usage de la pierre bleue était une mesure de protection des soubassements contre les intempéries, l'usage d'enduits ciments dans les cités jardins comme le Logis permettait de palier à la mauvaise qualité des briques, et l'invention du mur creux relevait elle aussi d'une logique de protection de l'humidité extérieure.

La conception de l'isolation doit faire l'objet d'une phase de conseil de la part d'un maître d'œuvre auprès des occupants désirant effectuer des travaux d'isolation intérieure. Rappelons quelques généralités :

- les murs exposés aux intempéries sont contre indiqués pour l'isolation intérieure (orientation Ouest, Sud-Ouest, et Sud) car les capacités de séchage sont trop faibles ;
- les murs dont l'enduit extérieur a été pioché ne peuvent pas faire l'objet d'une isolation intérieure ;
- lorsque des découpages en appartements ont été effectués dans une maison unifamiliale, la

production de vapeur d'eau par logement est fortement augmentée (multiplication du nombre d'occupants), l'isolation intérieure sera donc plus sollicitée par les transferts de vapeur d'eau ;

- les briques de parement émaillées ou vernissées sont particulièrement imperméables, ce qui amoindri les capacités de séchage du mur ;
- les isolants de type laine minérale doivent être complétés d'un freine vapeur afin de réduire le transfert de vapeur d'eau sans l'annuler ;
- les isolants étanches comme le polystyrène extrudé sont à proscrire, la mise en œuvre parfaite qu'ils requièrent n'est jamais atteinte en pratique ;
- les isolants comme le béton cellulaire ou le chaux-chanvre donnent de bons résultats théoriques mais sont trop souvent proscrits par la réglementation qui contraindrait à employer des épaisseurs trop importantes. Or ces isolants sont les seuls à avoir des qualités intrinsèques d'inertie et de modération de l'hygrométrie intérieure aux logements.

Notons que la Région Wallonne a réalisé un guide à destination des maîtres d'œuvre basé sur l'analyse de plus de 7 000 cas de murs en briques qui ont été simulés via un modèle hygrothermique⁽¹³⁾. Même si cet outil montre bien la difficulté de la mise en œuvre de l'isolation intérieure⁽¹⁴⁾, les maîtres d'œuvre trouvent là un abaque extrêmement utile permettant d'anticiper les échecs les plus triviaux.

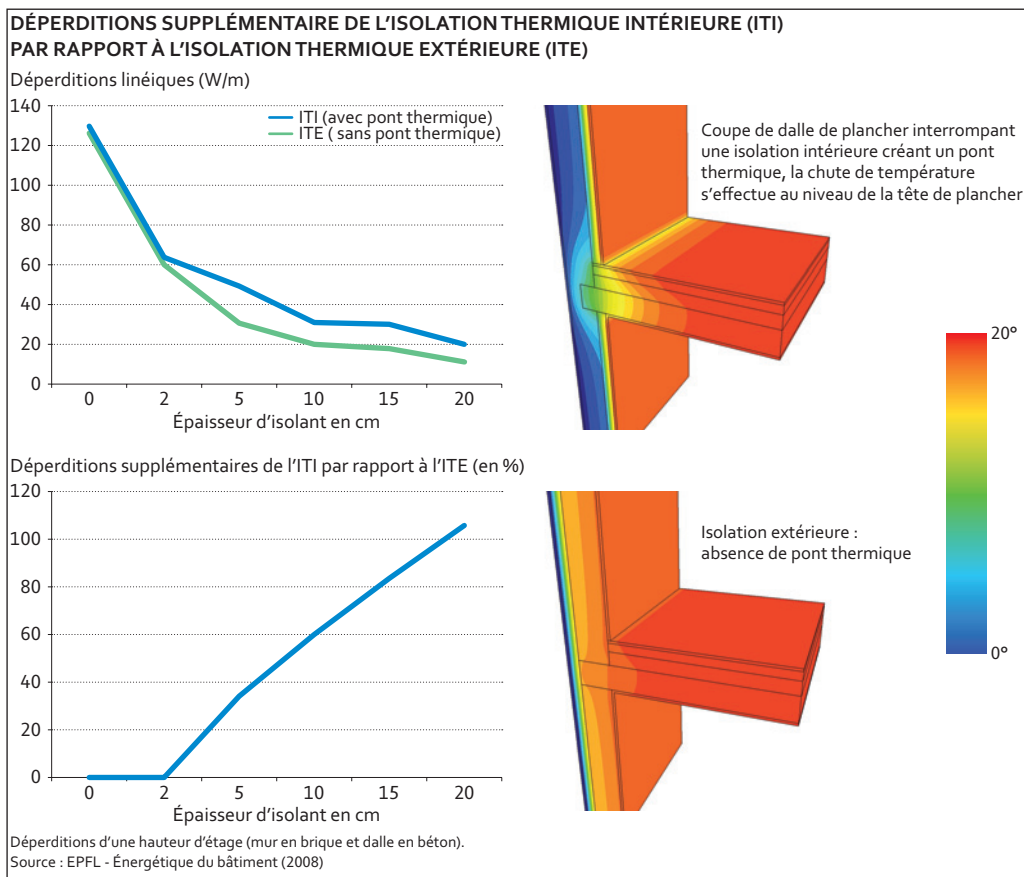
Si l'isolation intérieure pose tant de problèmes, c'est aussi à cause de son incomplétude. En pratique l'isolation intérieure est forcément interrompue par les planchers, les murs de refends, les baies, et même les prises électriques. Tout ceci forme ce qu'il est commun d'appeler les « ponts thermiques ». Si l'énergie qui transite à travers les murs est contrainte par la présence d'un isolant, alors les discontinuités au sein de l'isolant seront un passage privilégié de l'énergie. Plus le projet de rénovation sera ambitieux sur le plan énergétique, plus les ponts thermiques deviendront le facteur limitant du projet. De façon usuelle, on retient qu'il est inutile d'isoler au-delà de 5 cm par l'intérieur⁽¹⁵⁾, les planchers créent alors de tels ponts thermiques que toute isolation supplémentaire est inutile. La présence de planchers bois qui persiste jusqu'à la 2^e guerre ajoute une difficulté supplémentaire, la condensation qui s'effectue alors dans les têtes planchers peut provoquer leur dépérissement. Très rapidement l'ambition de vouloir atteindre des standards de type « basse consommation » dans le bâti ancien se traduit par l'obligation de supprimer les planchers et conduit à des opérations de type « façadisme ».

12 – On pense notamment à l'accumulation d'eau liquide dans le mur.

13 – Région Wallonne, Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques pleines.

14 – parmi les 7 000 cas étudiés : 45 % sont rejetés, 69 % sont considérés risqués.

15 – pour un mur en briques pleines et une dalle de béton. Source : EPFL, Énergétique du bâtiment, 2008.



Au-delà de 5 cm d'isolant, l'isolation thermique intérieure devient une aberration. Dans le cas des maisons unifamiliales à planchers en bois, le travail de modélisation en 3D des ponts thermiques devrait être effectué et couplé à une simulation hygrothermique (ex : WuFi) afin de mettre en évidence les risques de condensation au niveau des têtes de plancher.

Qu'attendre des modèles numériques ?

L'exemple fourni par l'isolation thermique intérieure est riche d'enseignements. Tout d'abord il montre qu'avoir un bon niveau d'appréciation des chances de réussites d'une opération n'est pas chose aisée tant une multitude de paramètres intervient et conditionne les chances de succès (orientation du bâtiment, type de parement de brique, porosité de la brique employée en structure, production de vapeur d'eau par les occupants, etc.). Si la somme de connaissances théoriques requise semble élevée, et plaide pour une meilleure compréhension de la physique du bâtiment, il ne faut pas tomber dans le travers qui consiste à penser que la modélisation peut tout et est la garantie de la réussite d'une opération. La tendance à l'hyperspécialisation des métiers du bâtiment a pour conséquence un désengagement des maîtres d'œuvre envers les sujets techniques que sont la thermique ou l'hygrométrie. Ces sujets sont paradoxalement de moins en moins bien compris par ces profils « généralistes » en raison de l'hyperspécialisation des métiers qui traitent de ces sujets aujourd'hui. Les modèles informatiques représentent toujours une vision « conventionnelle » du monde, simplificatrice et donc insuffisante. S'en remettre totalement au

résultat d'un calcul peut conduire à des erreurs de conception. Le maître d'œuvre doit comprendre le modèle comme un outil, il doit en cerner le champ d'application, ses limites intrinsèques, et doit pouvoir prendre des décisions n'allant pas dans le sens de la modélisation si c'est nécessaire. Le modèle est trop souvent vécu comme un dogme, c'est sa part de danger. On le voit dans l'exercice mené par la Région Wallonne sur l'isolation intérieure : si un grand nombre de paramètres sont pris en compte dans cet exercice, ce qui permet d'améliorer la connaissance qu'ont les maîtres d'œuvre de cette pratique, certains résultats du modèle sont désapprouvés par la connaissance empirique. Nous avons cité l'étanchéification intérieure par usage de polystyrène extrudé, qui est valorisée par le modèle, et fortement déconseillée en pratique. Le modèle se satisfait de la simulation car l'annulation de tous les transferts d'humidité par le polystyrène correspond à une situation idéale pour le modèle. Seulement, la réalité désapprouve cette simulation car un défaut d'étanchéité d'1 mm dans la pose du complexe isolant met en péril toute l'opération. Allier connaissances théoriques émanant des modèles et apprentissage empirique est nécessaire.

Conclusion

- Capitaliser à grande échelle les consommations d'énergies « réelles » des bâtiments anciens afin d'en faire l'analyse statistique. Elles sont notamment collectées lors d'audits énergétiques (comme le PAE) et mériteraient une mutualisation.
- Améliorer la connaissance des bâtiments anciens par la création d'un programme de recherche spécifiquement dédié à la connaissance des mécanismes thermiques et hydriques. Ce programme devrait être assorti de campagnes de mesures et de modélisations spécifiques. Une étude sociologique des comportements des occupants pourrait permettre d'aboutir à un « zonage climatique » du bâtiment par une qualification des pièces de vie et leurs usages. L'objectif étant ici de reconstituer par le calcul et la modélisation les modes de consommation réels des bâtiments anciens et d'envisager leurs perspectives d'évolution.
- Organiser un suivi sur le long terme des opérations de rénovations. Capitaliser les enseignements, les difficultés de mise en œuvre, comparer les économies d'énergies réalisées à celles prévues par la théorie. Organiser par ce biais l'autocritique et l'amélioration des pratiques actuelles. Nombres de pathologies liées à l'hygrothermie ne se manifestent que quelques années après travaux, leur identification fait partie aussi de ce suivi de long terme des bâtiments rénovés.
- Créer des chantiers de rénovation « tests » portant sur des solutions alternatives comme les enduits isolants. Le traitement de la paroi froide par ces « faux » isolants ainsi qu'un travail ciblé sur la perméabilité du bâtiment peuvent apporter des gains sensibles en termes d'économies d'énergie. La mesure de ces gains sur les profils de consommation des logements mérite d'être menée. La réglementation, en décrétant ces solutions insuffisantes, a bloqué de façon artificielle la connaissance de la portée de ces dispositifs.
- Interdire la mise à nu des façades enduites en brique. Les briques qui ont été enduites lors de la conception de bâtiments ne doivent pas être mises à nu lors de ravalements de façade. Le risque de pathologie pour le bâtiment et sa structure est trop grand.

2/ Analyse de formes urbaines



Rue Gustave Fuss/Consolation (Schaerbeek) – fin XIX^e siècle



Rue de la Réforme/Berkendael (Ixelles) – fin XIX^e siècle



Cité-jardin de la Roue (Anderlecht) – années 1920



Cité-jardin de la Roue (Anderlecht) – années 1920

Lorsqu'elle est menée préalablement à l'analyse des bâtiments, l'analyse de la forme urbaine apporte un certain nombre d'éclairages permettant d'« aiguiller » les solutions de rénovation et d'assurer leur cohérence à l'échelle urbaine. En ville, un bâtiment n'existe jamais comme entité isolée, il est généralement partie intégrante d'un ensemble bâti de plus grande échelle. L'analyse de la forme urbaine permet de qualifier les relations qu'entretiennent les bâtiments entre eux, d'illustrer les logiques constructives des lotissements lorsqu'elles existent, de comprendre le rapport entre « zones bâties » et « zones non bâties ». Cette analyse apporte un éclairage nécessaire à tout exercice de planification qui tente d'intégrer la question de la performance énergétique à ses prérogatives ; elle apporte un éclairage essentiel pour qualifier le patrimoine urbain et son évolution. Elle permet de qualifier le champ des possibles de l'interventionnisme sur les façades des ensembles bâtis existants lors d'opérations de rénovation. Les analyses proposées ci-dessous concernent principalement des tissus formés de maisons unifamiliales. Ces dernières composent une grande part de la problématique de la rénovation des logements en Région Bruxelles-Capitale. Les maisons unifamiliales sont les plus soumises aux mutations rapides et aux phénomènes de densification. Les formes urbaines composées d'immeubles à appartement n'ont pas été documentées dans cette étude.



Rue Martin Lindekens/Don Bosco (Woluwe-Saint-Pierre) – Années 1960

Mitoyenneté et performance thermique

La performance énergétique d'un logement est inversement liée à sa surface de murs en contact avec l'extérieur. Les formes urbaines composant les tissus les plus anciens retiennent généralement ce précepte comme base de toute composition urbaine. Dans un contexte où les systèmes de chauffage étaient quasi inexistantes, la seule façon de rendre les logements viables était de rechercher une mitoyenneté maximale. Les centres anciens des villes d'Europe du Nord ont comme point commun un usage intensif de la mitoyenneté. Bruxelles n'échappe pas à la règle même si les formes urbaines de l'époque « préindustrielle » sont aujourd'hui peu nombreuses.

À partir du XIX^e siècle, l'expansion urbaine en Région Bruxelles-Capitale se fera comme partout ailleurs en Europe avec une perte de densité associée à une perte de mitoyenneté. La raison principale est l'accès à l'énergie fossile qui s'intensifie depuis la révolution industrielle et qui bouleverse tant la mobilité que les techniques de chauffage. La proximité d'une centralité et la compacité bâtie cesseront d'être des impératifs urbains. S'en affranchir deviendra même un souhait de plus en plus affirmé au XX^e siècle. L'analyse statistique de la densité bâtie compilée sur quelques formes urbaines montre une logique d'évidement de la ville à mesure que l'on progresse dans le temps. La forme urbaine étudiée à proximité de la Grand Place⁽¹⁶⁾ (Bruxelles) est bâtie à 93 %, alors que le quartier résidentiel du Bémel (Woluwe-Saint-Pierre) n'est construit qu'à 24 %. Traditionnellement la mitoyenneté est comprise comme une façon très efficace pour

contenir les consommations d'énergie dans le bâti non isolé. Le passage d'une maison unifamiliale de « 4 façades » à « 3 façades » permet une économie sur les consommations d'énergie de 10 %, le passage de « 4 façades » à « 2 façades » permet une économie de 20 %. C'est l'une des raisons historiques de la prédominance des maisons à « 2 façades » avant le XX^e siècle.

Les gains en pourcentage apportés par la mitoyenneté se vérifient aussi pour des bâtiments thermiquement isolés. Bien sûr ces gains en valeur absolue sont de moins en moins significatifs comme le montre le graphique (gagner 20 % d'énergie sur un bâtiment qui consomme 100 est moins intéressant que sur un bâtiment qui consomme 300). Ainsi plus un bâtiment est thermiquement isolé et moins la mitoyenneté influence ses consommations d'énergie. Néanmoins il existe de nombreuses raisons qui encouragent la construction neuve à rechercher la densité urbaine, notamment les émissions de gaz à effet de serre et la dépendance énergétique liées au transport. Par contre à l'échelle de l'îlot le concepteur d'opérations neuves aura un certain degré de liberté dans l'agencement des bâtiments entre eux. Les techniques modernes de construction et d'isolation lui laissent le champ libre sur la façon d'envisager la densité du bâti à l'intérieur de l'îlot. On notera tout de même que les formes mitoyennes et compactes ont une meilleure tenue dans le temps vis-à-vis des pathologies que développent les bâtiments, et leur entretien est moindre.



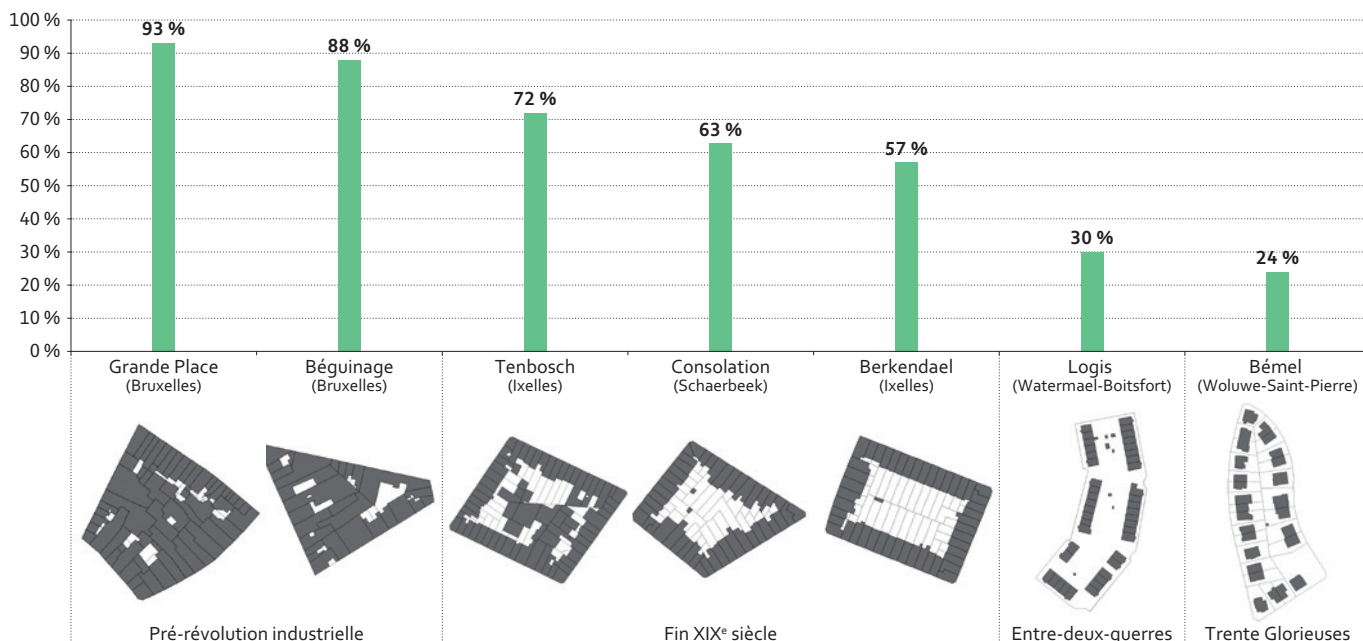
Maisons « 2 façades », rue Verbist



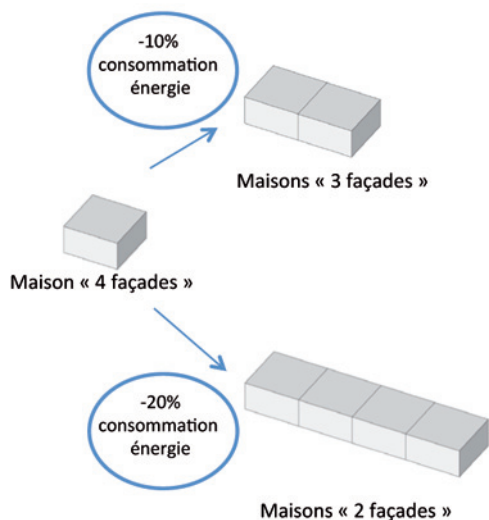
Maisons « 3 façades », cité du Logis

16 – Les formes très anciennes comme celle de la Grand Place n'ont plus de valeur représentative à l'échelle de la Région Bruxelles-Capitale. Elles sont même atypiques car le cœur d'îlot y est généralement très mixte. Mais le front bâti donnant sur rue a pu être conservé et donne un aperçu intéressant de l'exiguïté des parcelles et des logements.

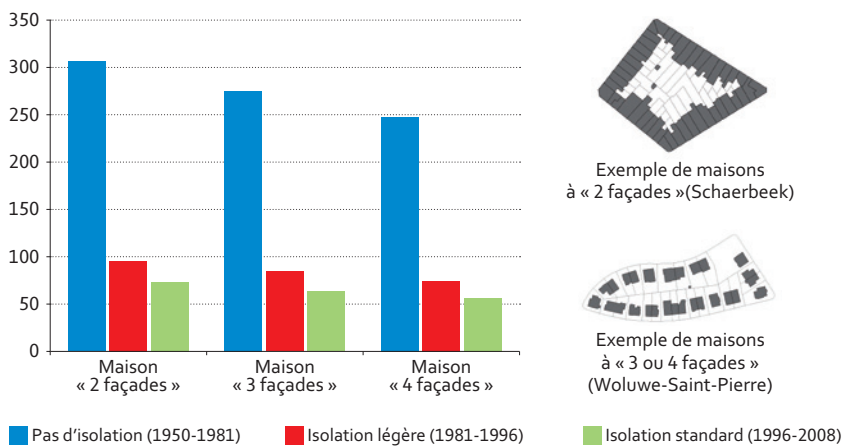
EXEMPLES DE DENSITÉS BÂTIES À L'ÎLOT



MITOYENNETÉ ET CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE



CONSOMMATION DU CHAUFFAGE SELON LA MITOYENNETÉ ET LES TYPES D'ISOLATION EN kWh/m²/an (D'APRÈS LE PROGRAMME DE RECHERCHE SAFE EN RÉGION WALLONNE)

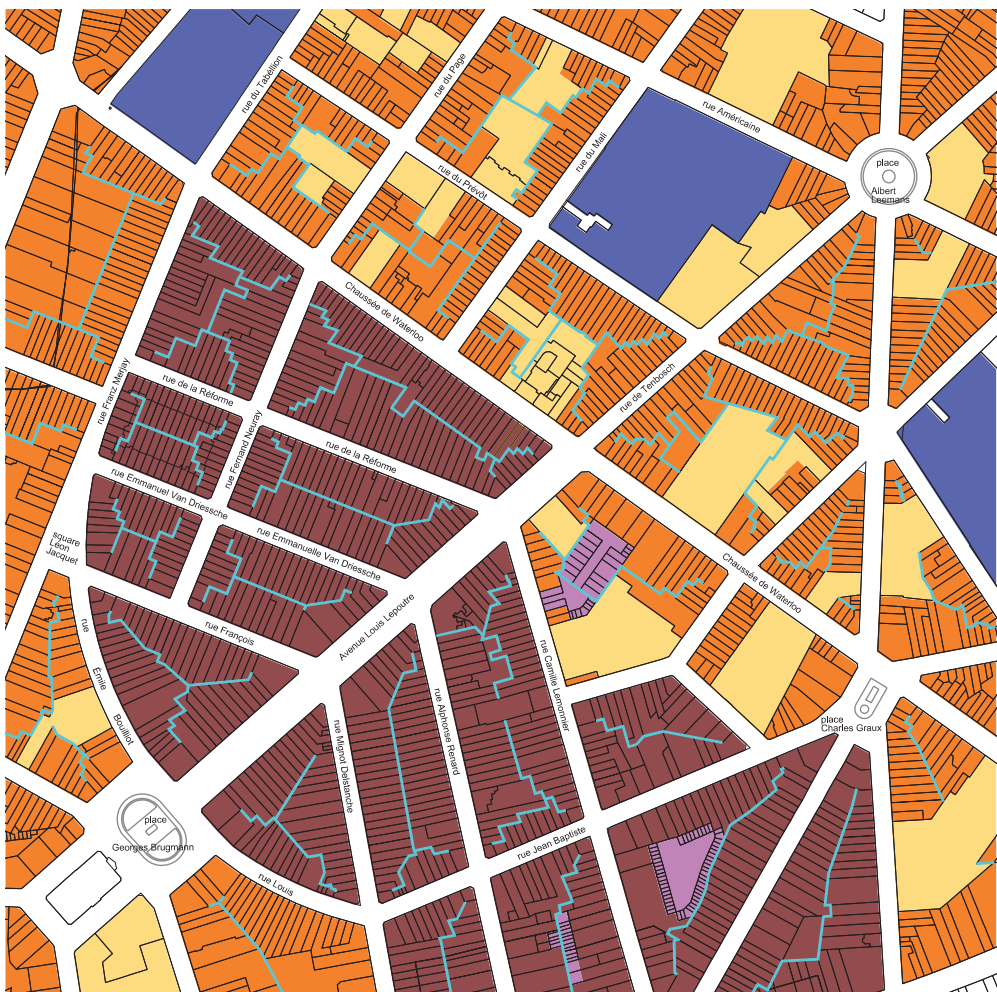


Mixité et densification

Si la mitoyenneté est comprise comme une logique sous-jacente de la performance énergétique des tissus anciens, l'analyse se complique lorsque les tissus sont mixtes ou ont fait l'objet de phénomènes de densifications ponctuelles

et erratiques. Dans ce cas, une mixité ou une densification mal maîtrisées peuvent générer des pathologies thermiques. Une illustration est donnée sur la base des quartiers de Berkendael (Ixelles) et Consolation (Schaerbeek).

Ce quartier, loti la fin du XIX^e siècle, présente un mélange d'îlots homogènes et hétérogènes. Les îlots homogènes, de part et d'autre de l'avenue L. Lepoutre, présentent un découpage régulier avec des parcelles de largeur de 6 à 7,5 m et des profondeurs d'une trentaine de mètres se réduisant à l'approche des angles des îlots. Le dessin régulier des lignes de partage entre les parcelles indiquent que la majorité des îlots a été lotie en une seule opération. Les îlots hétérogènes, au nord de la Chaussée de Waterloo, présentent un découpage plus irrégulier avec des groupes de parcelles étroites comme pour les îlots précédents et des parcelles plus grandes parfois traversant l'îlot. Ces parcelles avec un linéaire de façade sur rue de 25 m à 70 m ont été dès l'origine dimensionnées pour accueillir des activités ou des équipements ou ont fait l'objet de remembrement lors d'opérations plus récentes. Trois grandes parcelles avec une emprise de plus de 10 000 m² ont des configurations irrégulières et accueillent des programmes particuliers: des équipements privés ou publics, des activités commerciales et tertiaires. Trois lotissements enclavés en cœur d'îlot regroupent des parcelles aux dimensions réduites accessibles par des passages sous porche et sont occupées par des garages individuels soit par des maisons unifamiliales.



**Commune d'Ixelles
quartier Berkendael
« îlot 1A »**

- Tissus parcellaires
- Tissus homogène
 - parcelle étroite
- Tissus hétérogène
 - parcelle étroite
 - parcelle large
- Parcelles particulières
 - très grande parcelle
 - parcelle enclavée
- Découpage
 - ligne de partage des parcelles



Réalisé avec Brussels UrbIS®

© Distribution & Copyright CIRB

MIXITÉ ET DENSIFICATION : TROIS EXEMPLES CONTRASTÉS

Emprise au sol

orange inférieur ou égal à 50 %

vert de 51 à 75 %

bleu de 76 à 100 %

hachuré activité

rouge ligne de partage

noir limite communale

Réalisé avec Brussels UrbIS® –
**Commune d'Ixelles, quartier
Berkendael, « îlot 1A »**

Îlot homogène : la typologie
bâtie s'impose au parcellaire. À
l'exception des angles de l'îlot,
l'emprise bâtie est la même quelle
que soit la taille de la parcelle.

Les séquences sur rue qui en
découlent sont insensibles au
parcellaire et forment le paysage
urbain, que l'analyse patrimoniale
devra qualifier.



© Distribution & Copyright CIRB

Réalisé avec Brussels UrbIS® –
**Commune d'Ixelles, quartier
Tenbosch, « îlot 2A »**

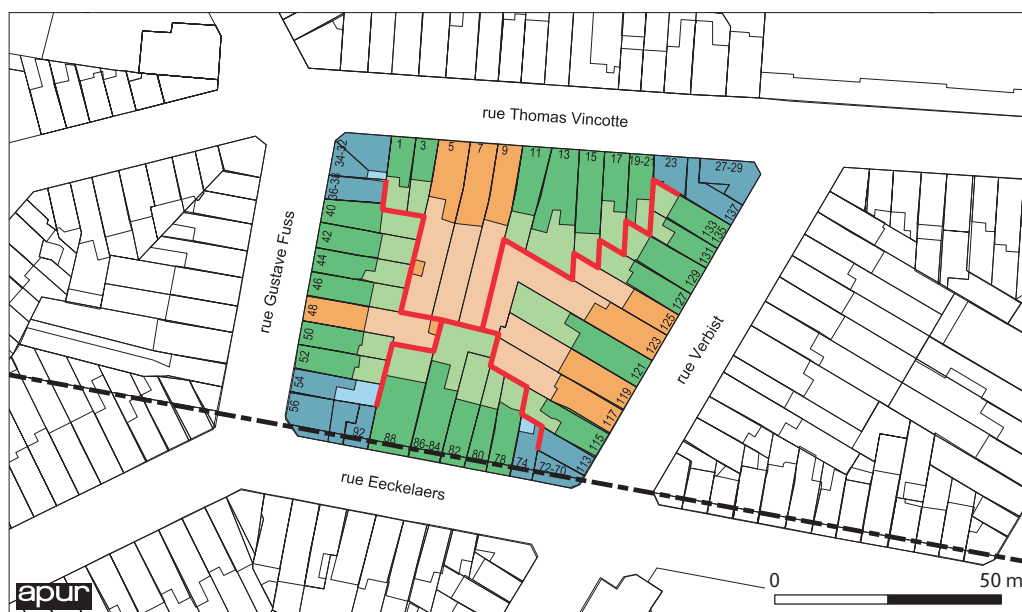
Îlot hétérogène. L'espace libre en
cœur d'îlot a fortement diminué
du fait de l'extension des annexes
des logements. Il s'agit d'un
phénomène de densification
lié à la mutation progressive
des maisons unifamiliales en
immeubles à appartement.



© Distribution & Copyright CIRB

Réalisé avec Brussels UrbIS® –
**Commune de Schaerbeek et de
Saint-Josse-Ten-Noode, « îlot 1B »**

Îlot hétérogène. Les parcelles
sont de tailles diverses. Les
lignes de partage irrégulières des
parcelles marquent l'évolution du
lotissement. Logement et activité
trouvent leur place en cœur d'îlot.



© Distribution & Copyright CIRB

Lorsque les parcelles évoluent dans le sens d'une densification des cœurs d'îlots, les espaces intérieurs sont requalifiés et s'organisent tant bien que mal selon la disponibilité foncière. Ces requalifications peuvent être sources de pathologies thermiques. En cœur d'îlot, **les bâtiments plus récemment construits possèdent des façades aveugles et font chuter la mitoyenneté globale de l'îlot.** De même, les accès sur rue, nécessités par l'ajout de nouvelles fonctionnalités en cœur d'îlot, se traduisent par des perforations des ensembles bâtis préexistants. Ces nouveaux accès, assimilables à de nouveaux passages sous porches, sont l'occasion de fuites thermiques pénalisantes pour les bâtis existants.

La densification diffuse, entraînée par le jeu des remembrements successifs du parcellaire, a pour corollaire un accroissement de la vulnérabilité énergétique à l'échelle de l'îlot. La densification se fait selon des logiques foncières tributaires du parcellaire. Cette logique n'entraîne ni optimisation des espaces libres, ni optimisation de leur potentiel énergétique. Les documents de planification urbaine peuvent vraisemblablement apporter une meilleure orientation pour le devenir de ces espaces libres. Avant de préciser ce point, il convient de s'attarder sur une autre composante des espaces libres, celle des îlots de chaleur urbains (ICU).

ÎLOT HÉTÉROGÈNE : EXEMPLES DE PATHOLOGIES THERMIQUES



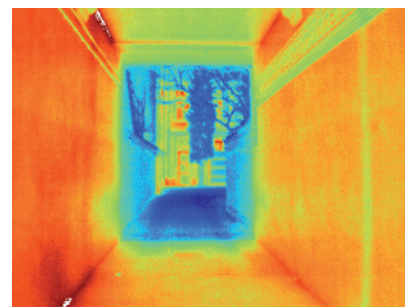
Réalisé avec Brussels UrbIS®

© Distribution & Copyright CIRB

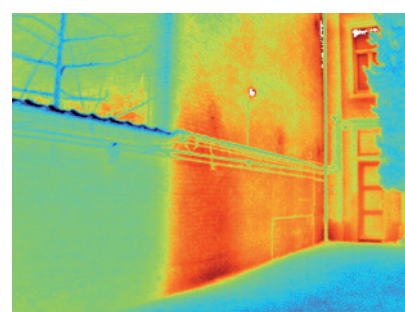
Cliché nocturne



Cliché pris en thermographie infrarouge



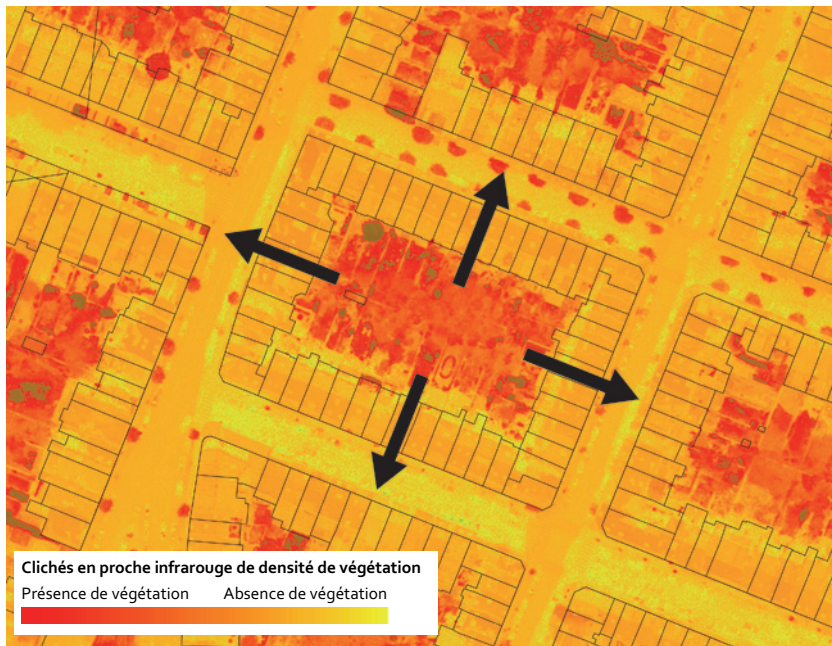
❶ Passage sous porche aménagé dans un bâtiment existant. Cette perforation du bâtiment qui donne un accès au cœur d'îlot occasionne des fuites thermiques.



❷ Mur aveugle. La mitoyenneté chute en cœur d'îlot avec la densification ; les déperditions de ce bâtiment central et non isolé sont vraisemblablement plus importantes que celles des fronts bâtis préexistants sur rue.

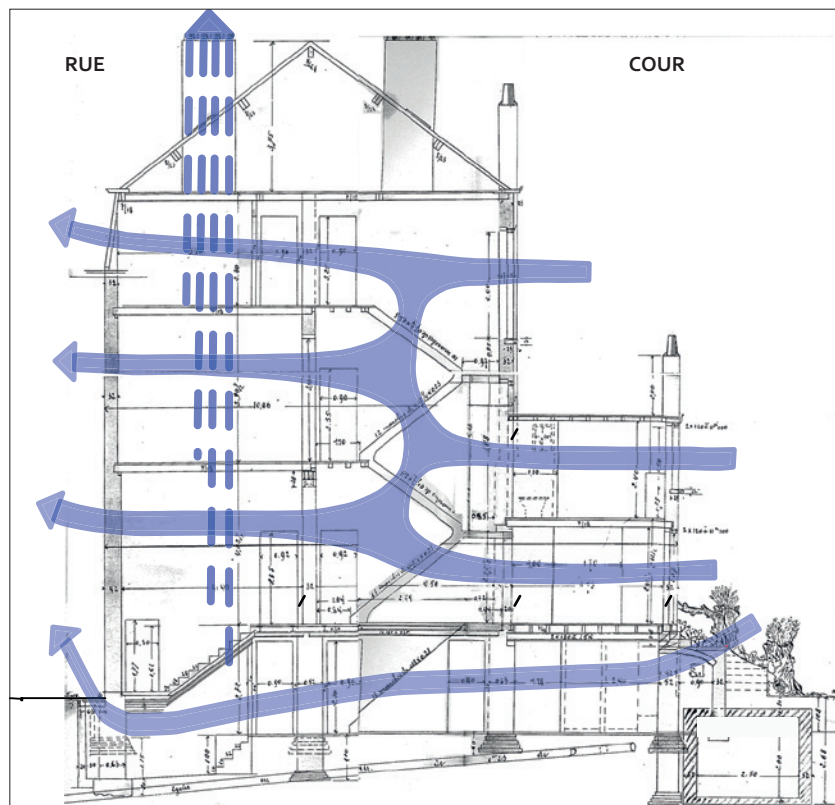
Îlots de chaleur urbains : le rôle de la trame végétale

VENTILATION NOCTURNE NATURELLE ET FORMES URBAINES FERMÉES



Réalisé avec Brussels UrbIS® – Tirage thermique naturel en plan à l'échelle de l'îlot. La différence de traitement des sols entre le cœur d'îlot (100 % végétal) et l'espace public (100 % minéral) est de nature à créer un contraste thermique très prononcé qui permet d'amorcer une ventilation naturelle très efficace (entre la rue et la cour). Les surfaces végétales possèdent des capacités de rétention d'eau, cette dernière est évaporée les jours de canicule.

© Distribution & Copyright CIRB



Tirage thermique naturel en coupe à l'échelle du bâtiment représenté entre la cour et la rue, le plan vertical décalé (demi-palier) ajoute une composante verticale au tirage thermique.

© Commune d'Ixelles

La sensibilité climatique des villes est accrue en été par rapport aux zones périurbaines. Les formes urbaines et les réseaux d'espaces publics captent efficacement l'énergie solaire en journée. Ils déstockent avec une certaine difficulté cette énergie la nuit, faisant de la ville un lieu relativement « chaud ». Si cette caractéristique des villes est un atout en hiver, en été elle peut devenir un élément dégradant pour le confort intérieur des logements. Si les solutions de rénovation des bâtiments doivent s'assurer de leur plus-value tant pour le confort d'hiver que le confort d'été des logements, il n'en reste pas moins que le climat des villes est gouverné par des logiques urbaines de petite échelle relativement complexes à aborder. D'une rue à l'autre, en l'espace de quelques dizaines de mètres, la température ressentie sur l'espace public peut chuter, les formes urbaines et les types d'espaces publics en sont généralement la cause. Comprendre ces logiques et les intégrer dans la conception des espaces urbains peut permettre d'éviter l'amplification de la surchauffe urbaine estivale et donc les consommations d'énergie impliquées par l'installation ponctuelle de climatiseurs dans les logements. Par exemple : l'usage d'un complexe bitumeux recouvrant une dalle de béton est assez classique pour la conception des chaussées. En revanche ce complexe capte efficacement l'irradiation solaire grâce à la couleur noire du bitume et stocke tout aussi efficacement cette énergie sous forme de chaleur grâce à la grande capacité calorifique de la dalle souterraine en béton. C'est bien un choix d'aménagement de l'espace public qui génère ici une situation favorable à la surchauffe urbaine.

La trame végétale présente en ville tempère le climat urbain. Elle induit des zones de fraîcheur grâce aux ombres portées par les arbres qui protègent les surfaces minérales de l'insolation et grâce à leur consommation d'eau diffusée par transpiration dans l'atmosphère. L'analyse de la trame végétale donne de nombreux indices sur la capacité d'une ville à tempérer les ICU (Îlots de Chaleur Urbains).

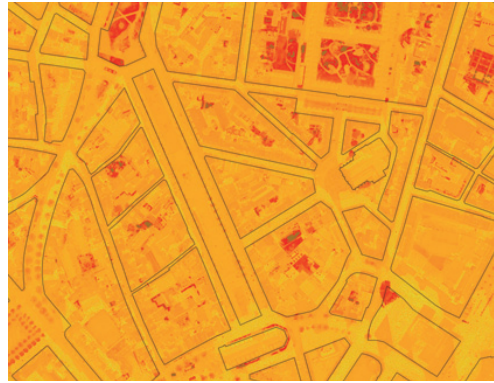
Plusieurs illustrations sont proposées afin d'appréhender ce phénomène. La présence de la végétation a été cartographiée grâce à des clichés infrarouges sur 3 secteurs.

Les 3 cas montrent une trame végétale qui est caractérisée : par sa quasi-absence (Béguinage), par son enclavement (Berkendael) et enfin par son omniprésence (Bémel). 3 situations très contrastées qui auront des implications sur le microclimat de chaque site en période de canicule.

DENSITÉ DE VÉGÉTATION



© Distribution & Copyright CIRB



© Distribution & Copyright CIRB

Clichés infrarouge : densité de la végétation

Présence de végétation Absence de végétation

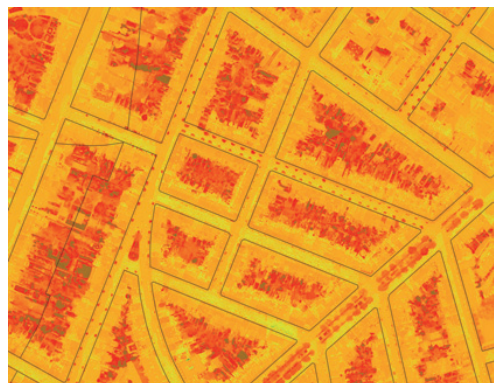


Végétation des quais
presque absente

Réalisé avec Brussels UrbIS® – **Quartier des quais** (Bruxelles) est un quartier ancien du pentagone. La végétation est absente aussi bien sur l'espace public que dans les cœurs d'îlots. Le comblement d'anciens bassins (actuel « quai aux briques ») laisse aujourd'hui place à de grands espaces minéralisés. Les grands travaux qui ont transformé les boulevards périphériques du Pentagone en autoroute urbaine ont participé de la même logique de minéralisation des espaces publics.



© Distribution & Copyright CIRB



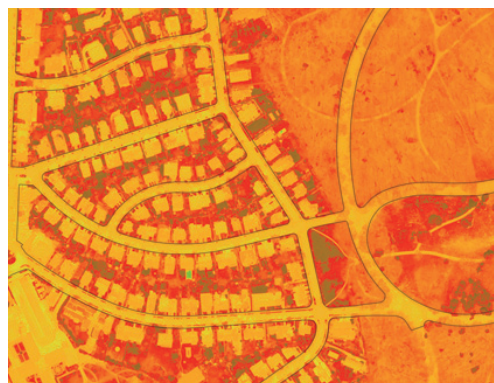
© Distribution & Copyright CIRB

Végétation enclavée en cœur d'îlot

Réalisé avec Brussels UrbIS® – **Quartier de Berkendael** (Ixelles) est un quartier dans lequel la trame végétale presque totalement contenue dans les cœurs d'îlots. Sur l'espace public, seuls de petits arbres d'ornementation marquent la présence du végétal.



© Distribution & Copyright CIRB



© Distribution & Copyright CIRB

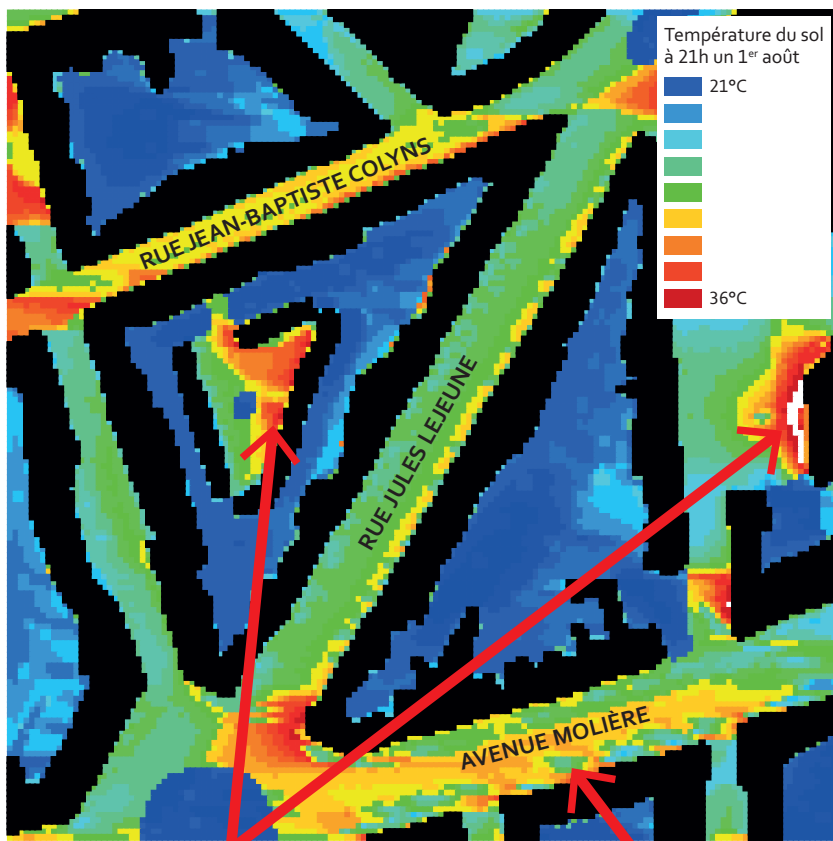
Végétation omniprésente

Réalisé avec Brussels UrbIS® – **Quartier du Bémel** (Woluwe-Saint-Pierre) offre un tout autre panorama. Cette fois ce sont quelques maisons qui occupent les seuls espaces non végétalisés. Le quartier est le prolongement du parc de Woluwe, comme le suggère le tracé courbe des rues qui rappelle celui des voiries du parc. Ici la trame végétale inonde l'intégralité du quartier de façon homogène. Les îlots sont totalement ouverts, les rues sont bordées de jardins privés situés au droit des alignements de maisons.

DENSIFICATION ET ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS



Réalisé avec Brussels UrbIS® – Deux îlots triangulaires de part et d'autre de la rue Jules Lejeune (Ixelles). À gauche la densification de l'îlot au profit d'un parking a fait chuter la trame végétale comprise en cœur d'îlot au profit de sols imperméables minéralisés. Ici la vulnérabilité à l'ICU est accrue et avec une densification en cœur d'îlot.



Surchauffe engendrée par les parkings

Zones de « frais » apportées par les arbres d'alignements

Réalisé avec Brussels UrbIS® – Une simulation microclimatique a été réalisée sur une journée de canicule du mois d'août. Ici à 21 heures, la végétation en cœur d'îlot apporte de la fraîcheur dans les logements. Les deux parkings aménagés au dépend de surfaces végétales contribuent à l'îlot de chaleur urbain. On notera que les rues orientées est-ouest sont des lieux climatiquement sensibles (rue Jean-Baptiste Colyns, avenue Molière), la présence d'arbres avenue Molière modère la température du sol.

Le centre-ville, qu'illustre le cas des anciens quais, est le cœur même de l'îlot de chaleur urbain. L'absence de végétation sur l'espace public et la présence de voiries très ouvertes (« quai aux briques ») en font sûrement un quartier sensible du point de vue de la surchauffe estivale avec une température qui peine à chuter la nuit. À l'extrême opposé le quartier du Bémel est très bien protégé de l'ICU. La présence du parc urbain et d'une végétation diffuse dans les îlots y contribue. Même si en journée ces zones urbaines peuvent afficher des températures comparables à celles rencontrées en plein centre-ville, la nuit le rafraîchissement fonctionne bien, l'absence de prospect et la présence de sols perméables garantissent un rafraîchissement efficace.

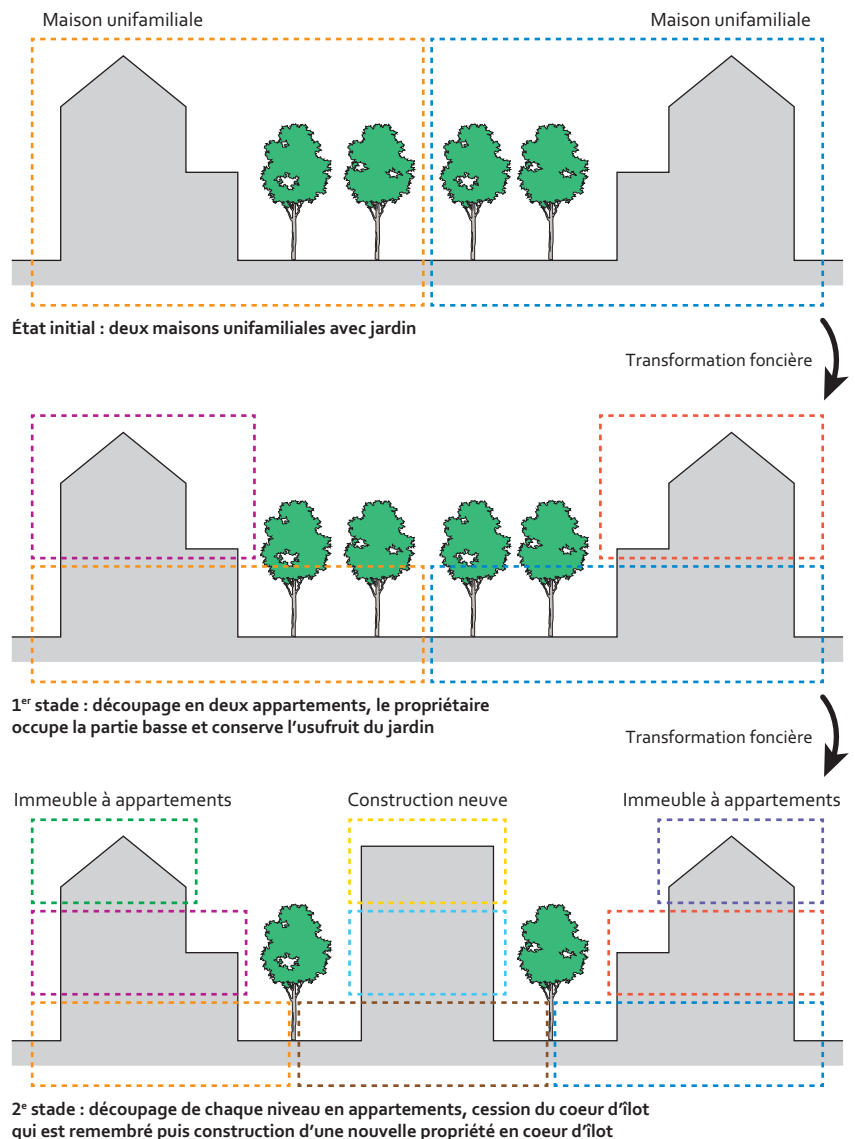
Le quartier de Berkendael est lui un « entre-deux » climatique et c'est vraisemblablement sur ce genre de quartier que l'étude des ICU possède le plus d'intérêt. En effet la densification a aujourd'hui ses effets les plus visibles sur les lotissements de la fin du XIX^e siècle. Les potentiels de mutation de ces secteurs sont forts à brève échéance. Ces lieux sont proches du centre et possèdent des espaces libres conséquents en cœur d'îlot. La pression foncière sur ces espaces est donc maximale. La typologie d'îlots fermés crée des conditions microclimatiques très favorables lors des épisodes caniculaires. En effet le contraste entre un traitement minéral des voiries et un traitement végétal des cœurs d'îlot génère des différences de température notables la nuit entre ces espaces. Le corollaire de tout ceci est la mise en route d'une ventilation nocturne naturelle qui tente de rééquilibrer cette différence de température. Les bâtiments peuvent ainsi profiter de ce courant d'air naturel la nuit par simple ouverture des fenêtres. La présence de circulations verticales non cloisonnées à l'intérieur du bâtiment rajoute à la circulation d'air une composante verticale à laquelle participent les conduits de cheminées s'ils sont toujours en fonctionnement.

La mutation des espaces libres intérieurs en cœur d'îlot pose donc la question de l'évolution de ce précieux atout microclimatique qu'est la ventilation naturelle. Cette mutation devra donc intégrer le plus possible la conservation d'une trame végétale intérieure associée à l'usage de sols perméables.

Densification : une question de planification énergétique

La pression foncière et démographique questionne le devenir des espaces libres intérieurs aux îlots, en particulier pour les communes de la première couronne. Les maisons unifamiliales des tissus de la fin du XIX^e siècle mutent rapidement sous le poids de la pression foncière, la division en appartements y est courante. Le premier stade de cette division est la scission en deux dans laquelle le propriétaire continue à occuper une part de l'édifice (généralement la partie basse) et loue le reste. Le second stade est plus spéculatif, le propriétaire découpe la maison en lots et les loue; il n'est plus occupant, l'optimisation foncière est maximale lorsque le jardin est cédé à des fins constructives. La question posée par la densification est de savoir comment la logique de la mutation des espaces non bâtis fonctionne. Doit-elle être ou non encadrée réglementairement? Ne pas l'encadrer revient à considérer que tout ce qui concerne les cœurs d'îlots est de l'ordre du privé, ce qui revient à appliquer la même logique que celle suivie par le passé dans le développement des annexes, c'est-à-dire une logique très peu encadrée par les règlements d'urbanisme. La perspective d'un renchérissement de l'énergie fossile sera à même de dévaluer les zones périurbaines de grande couronne captives de la voiture particulière et de réévaluer les zones proches du centre mieux desservies par les transports en commun et à fort potentiel de densification (première couronne par exemple). L'ampleur de ce rééquilibrage est parfaitement inconnu, non maîtrisable, non prévisible mais parfaitement probable à moyen terme. Et donc la question que nous posons sur la mutabilité des espaces libres en cœur d'îlot doit se reformuler. La question n'est pas de savoir si ces espaces vont muter ou pas, mais plutôt selon quelles modalités. La politique foncière des communes et leurs règlements d'urbanisme sont pleinement interrogés par ces mutations. Vaut-il mieux accepter une évolution foncière au fil de l'eau, c'est-à-dire acceptant une évolution non maîtrisée des parcelles, ou bien faut-il que la puissance publique intègre dans ses règlements constructifs des prérogatives pour ces espaces, qui cumulés, représentent une part importante de l'espace urbain total? Comment dans le même temps repenser l'espace public et son rôle dans l'adaptation climatique?

ÉVOLUTION FONCIÈRE VUE EN COUPE D'UN COEUR D'ÎLOT DE LA FIN DU XIX^e SIÈCLE



Quelles modalités pour une densification des cœurs d'îlots en première couronne ?

La palette de solutions est grande mais certains modes d'occupation du sol ne vont manifestement pas dans le sens de l'intérêt général comme la création de parkings individuels en cœur d'îlot au détriment de surfaces végétales. La densification en cœur d'îlot avec conservation d'une trame végétale va dans le sens de l'optimisation énergétique de la ville. De même certaines zones jugées plus sensibles que d'autres au regard des îlots de chaleur peuvent faire l'objet d'un zonage particulier de la part de la ville qui souhaitera pérenniser la vocation d'espaces verts de certains îlots ⁽¹⁷⁾, en mutualisant les parcelles libérées et en les rendant accessibles. Le rôle de la planification urbaine sera donc de trancher entre les différentes fonctions des cœurs d'îlots et d'identifier : ceux qui seront stratégiques dans le maintien de la trame végétale et ceux qui pourront participer à la densification de la Ville. **C'est bien parce que ces deux logiques sont contradictoires que**

leur complémentarité doit être pensée via la planification urbaine. La simple pression foncière exercée sans contrainte conduirait à un devenir de ces espaces beaucoup trop aléatoire. Nous avons commenté précédemment la question de la trame verte à l'échelle du quartier de Berkendael. Si la vue en plan que nous avons privilégiée dans cette partie nous montre d'importantes surfaces végétales, lorsque nous les cumulons, du point de vue de l'habitant, le ressenti est différent. Les jardins intérieurs prolongent les formes bâties peu larges (6 à 7 m) et les importants murs de séparation entre parcelles renforcent l'impression d'étroitesse des jardins. Cette situation paradoxale entre le ressenti de l'habitant et l'immensité du foncier concerné par la trame verte incite l'urbaniste qui ferait un instant abstraction du parcellaire de procéder à une mutualisation des espaces verts intérieurs afin de les pérenniser.



Rue du Béguinage – Bruxelles



Rue d'Andenne – Saint-Gilles



Rue Véronèse – quartier des Squares



Rue des Citoyens – Cité-jardin La Roue – Anderlecht

17 – En créant par exemple une protection de type « Espace Vert Protégé » sur les espaces verts privés en cœur d'îlot.

Patrimoine architectural et urbain : L'identification de séquences territoriales

La rénovation thermique des bâtiments, telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui, implique l'utilisation d'équipements et de matériaux « performants » comme les doubles vitrages, les complexes isolants, les chaudières à condensation, les ventilations mécaniques, etc. La rénovation implique donc l'évolution des bâtiments historiques et la modification plus ou moins prononcée de leurs façades. De façon indirecte la rénovation thermique nous interroge sur l'évolution de la ville. Comme pour la question des consommations d'énergies, nous proposons d'aborder la question du patrimoine suivant deux échelles : celle des quartiers et celle des bâtiments (traitée précédemment). Pourquoi traiter de patrimoine à l'échelle urbaine ? La périurbanisation de Bruxelles s'est faite selon des logiques de lotissements. Ainsi à grande échelle, et par époques successives, des bâtiments « ordinaires » ont servi à lotir de vastes territoires. Ces bâtiments que nous qualifions d'« ordinaires » sont des bâtiments produits par des entreprises de bâtiments selon les techniques constructives du moment et pour lesquelles l'ornementation des façades restitue les attentes du client selon ses moyens financiers. Dans cette logique, la maîtrise d'œuvre architecturale est soit inexistante soit s'assimile à de l'entrepreneuriat en bâtiment. Ces bâtiments s'opposent aux bâtiments dits d'« architectes » en ceci qu'ils n'ont a priori rien de remarquable. Ces bâtiments « ordinaires » sont aujourd'hui patrimoniallement les moins suivis et aussi les plus menacés par les évolutions rapides qui s'opèrent dans le secteur du bâtiment, notamment sous le poids des réglementations thermiques dont le champ d'application ne se borne plus à la construction neuve. Il n'est pas aisé de qualifier et de quantifier la valeur patrimoniale de ces bâtiments. Une appréciation du patrimoine bâti qui se ferait « bâtiment par bâtiment » conduit à une impasse car elle amène soit à vouloir tous les protéger ou soit à n'en protéger aucun. Ces deux conclusions sont inacceptables : la première revient à proscrire toute évolution de la ville et la seconde à renier la valeur historique du bâti « ordinaire ». S'il est manifestement plus difficile d'apprécier la valeur patrimoniale de ces bâtiments « ordinaires » par rapport aux bâtiments dits « remarquables », l'analyse urbaine permet de lever dans bien des cas les difficultés mentionnées ci-dessus. Nous proposons d'illustrer ces propos par 3 monographies portant sur :

- le début XX^e siècle avec une comparaison entre un îlot du quartier de Berkendael (Ixelles) et un îlot du quartier de Consolation (Schaerbeek) ;

- l'entre-deux-guerres avec la « plaine des loisirs » de la cité-jardin de la Roue (Anderlecht) ;
- le quartier de Don Bosco (Woluwe-Saint-Pierre), loti tout au long du XX^e siècle.

Début XX^e siècle : une comparaison entre l'îlot (1A) du quartier de Berkendael (Ixelles) et l'îlot (1B) du quartier de Consolation (Schaerbeek)

L'îlot (1A) est l'exemple d'une composition urbaine basée sur des dispositions symétriques de « bâtiments types ». Le promoteur à l'origine du lotissement tente de proposer à chacun de ses clients un bâtiment qui sera nécessairement différent des deux mitoyens. Pour arriver à ses fins à moindre coût, il propose aux futurs acquéreurs 7 modèles types de façade sur catalogue et il s'arrange pour que la répétition de deux modèles identiques se produise le moins possible. Les angles de l'îlot sont composés d'immeubles à appartements dont l'implantation symétrique parfait la cohérence de l'écriture de l'îlot. Ces bâtiments d'angle permettent d'identifier l'îlot depuis les quartiers adjacents, ce sont des repères urbains. Dans cet exemple l'intérêt patrimonial des bâtiments dépasse le simple cadre de l'écriture éclectique des façades, chaque bâtiment est élément d'une composition à grande échelle, chaque bâtiment est intégré dans un jeu de symétries que ruinerait la modification ponctuelle d'une des façades.

L'îlot (1B) présente une situation de nature différente les bâtiments de style éclectique n'ont pas été pensés dans une composition architecturale de vocation urbaine, ici chaque bâtiment est indépendant de ses mitoyens. Les bâtiments d'angle eux sont encore employés comme repères d'échelle urbaine. L'évolution des bâtiments peut être jugée au cas par cas sans véritable impact urbain.

L'entre-deux-guerres : la « plaine des loisirs » de la cité-jardin de la Roue (Anderlecht)

Les cités-jardins de la Région Bruxelles-Capitale se distinguent des productions anglaises dont elles s'inspirent par leur vocation urbaine revendiquée dès leur conception. Ce ne sont pas des villes satellites mais des extensions de la ville. Les cités jardins se distinguent des logiques traditionnelles de lotissement par la volonté affichée des concepteurs de penser dans le même temps l'habitat et l'espace public. La cité de la Roue possède plusieurs typologies urbaines et bâties, nous nous concentrons sur la « plaine des loisirs » dans ce qui suit.

**Commune d'Ixelles
Quartier Berkendael
(îlot 1 A)**



Rue de la Réforme



Angle rues Franz Merjay et Emmanuel Van Driessche

**Commune de Schaerbeek
et de Saint-Josse-Ten-Noode
(îlot 1B)**



Rue Rouen-Bovie



Rue Eeckelaers

**Commune d'Anderlecht
Quartier cité jardin La Roue**



Avenue de la Persévérance



Angle avenue G. Melckmans et Plaine des Loisirs

**Commune Woluwe-St-Pierre
Quartier de l'Hôtel de Ville
(îlot 4A et 4B)**

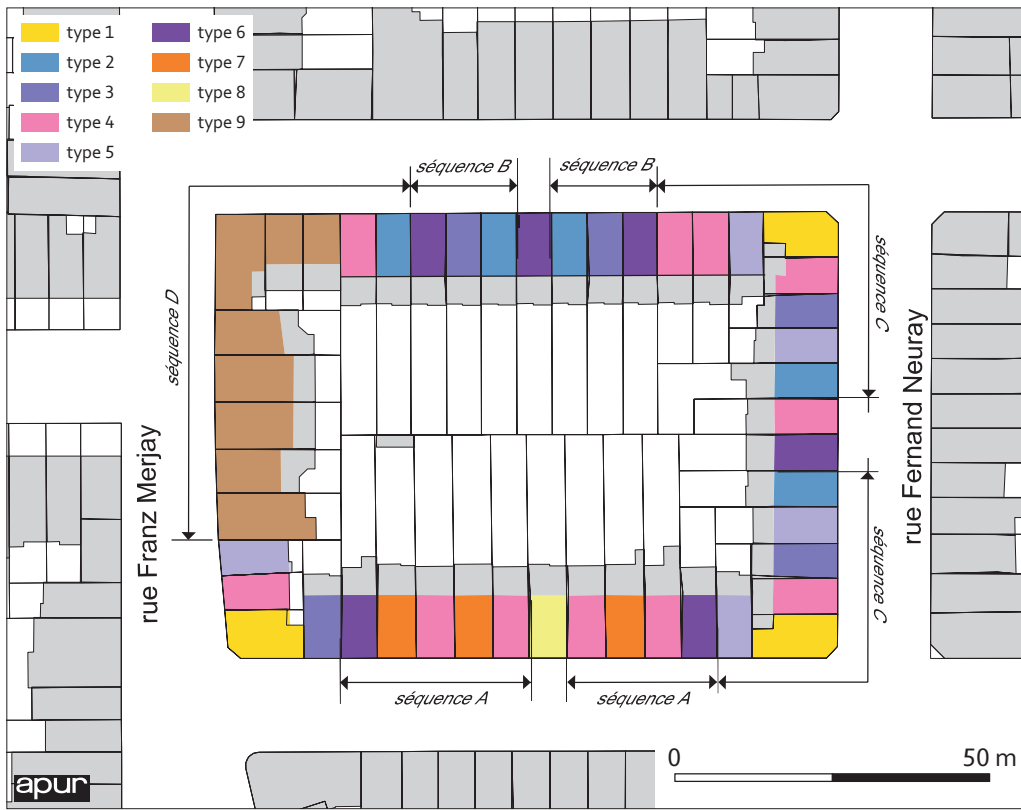


Rue Lindekens



Avenue du Val d'Or

QUARTIER BERKENDAEL : RUES DE LA RÉFORME ET E. VAN DRIESSCHE, COMMUNE D'IXELLES



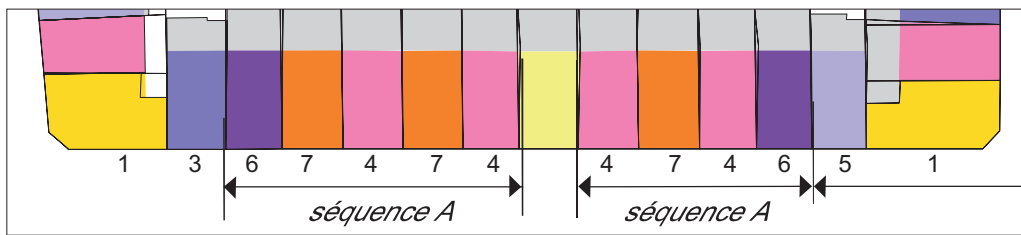
© Distribution & Copyright CIRB

Réalisé avec Brussels UrbIS® – L’îlot 1 A, construit à partir des années 1902, est constitué de « maisons de style éclectique à façade polychrome ». Cet îlot a fait l’objet d’une coordination « architecturale » préalable et présente un paysage urbain cohérent. La juxtaposition des maisons réalisée selon des combinaisons alternant et répétant un ou plusieurs types de façades produisent des séquences urbaines spécifiques à chaque voie délimitant l’îlot. Une seule séquence présente deux façades identiques mitoyennes. Les séquences se découvrent progressivement à travers des vues perspectives, la vision frontale étant impossible par l’étroitesse des voies. À l’exception de l’angle des rues F. Merjay et de la Réforme, les séquences sont bloquées, « épaulées » à chaque angle de l’îlot par un immeuble à appartements identique qui donnent une échelle urbaine à l’îlot. Les huit types de façades présentent :

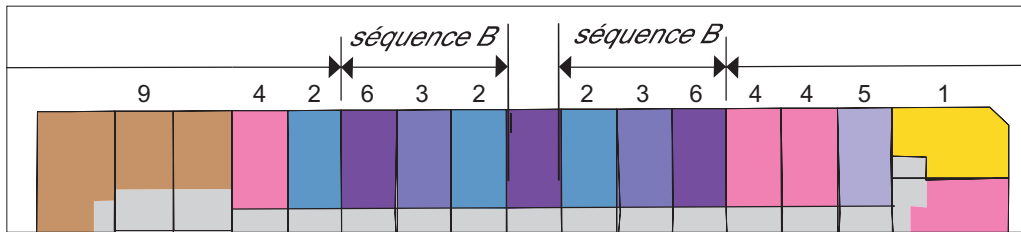
- des éléments récurrents : largeur des parcelles, partition horizontale donnée par le nombre et la hauteur des niveaux en particulier le rez-de-chaussée surélevé sur cuisine-cave, partition verticale en deux travée inégales, porte d’entrée avec imposte, corniche en saillie, bandeaux aux étages ;
- des éléments différents : les matériaux apparents (briques de différentes teintes, pierre bleue, pierre claire) le traitement de l’étage de couronnement (carré, sous comble avec lucarne simple ou pignon) le traitement de l’étage noble (bretèche, balcon) et des linteaux des baies (horizontaux en métal, arc en pierre).

Réalisé avec Brussels UrbIS®

Séquence A



Séquence B



La reproduction d’un modèle, plans et coupes identiques, avec des variations dans la composition des façades sur rue produit à moindre coût un paysage urbain privilégiant la diversité architecturale dans l’unité urbaine. Ce système présente l’avantage de répondre à la demande des acquéreurs souhaitant choisir leur façade sur « catalogue ».

À l’angle des rues F. Merjay et de la Réforme, la séquence (D) constituée de huit bâtiments mitoyens de trois niveaux alignés sur rue et réalisée à partir de 1929 par F. Hoyois architecte. Cet ensemble présente une cohérence architectural de style « Beaux-Arts ».

RUE EECKELAERS, COMMUNE DE SCHAERBEEK ET DE SAINT-JOSSE-TEN-NOODE

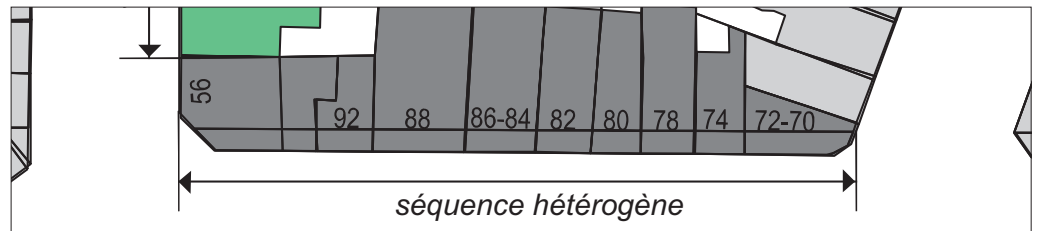
Réalisé avec Brussels UrbIS® – L'îlot 1 B, construit à partir des années 1898, est constitué « majoritairement d'édifices de style éclectique ou avec des éléments Art Nouveau animés par la bichromie des matériaux... » tel qu'il est mentionné dans l'Inventaire du Patrimoine Architectural de la Région de Bruxelles. Ce lotissement n'a pas fait l'objet d'une coordination architecturale préalable. À l'exception d'une séquence homogène de 7 maisons identiques juxtaposées du 40 au 52 de la rue G. Fuss, les trois autres rues délimitant l'îlot présentent une diversité architecturale : façades à l'alignement élevées sur deux ou trois étages et divisées selon deux ou trois travées égales ou inégales. Bien qu'une dizaine de maisons, dont six regroupées sur la rue Verbist, soient signalées à l'Inventaire du Patrimoine Architectural de la Région de Bruxelles, le paysage urbain ne présente pas de séquence cohérente. La dimension urbaine de l'îlot est donnée par les immeubles à appartements élevés aux quatre angles de l'îlot. À l'angle des rues Eeckelaers et G. Fuss, à cheval sur les deux communes, l'immeuble à appartements datant de 1905 développe un pan coupé monumental couronné par une lucarne-pignon à gradin située dans la perspective de la montée de la rue Rouen-Bovie. Le paysage urbain de la rive paire de la rue Eeckelaers, du 70 au 92, ne présente pas de cohérence pour les raisons suivantes :

- variations des largeurs des parcelles ;
- juxtaposition de maisons unifamiliales et d'immeubles à appartements ;
- discontinuités des hauteurs des bâtiments (de R + 2 à R + 4) dont le 84-84 surélevé en 1932 ;
- différentes volumétries des façades avec balcon, bretèche ou oriel ;
- multiples revêtements des façades : brique rouge apparente rehaussée de brique ou de pierre blanche (aux n° 74, 76 et 78), brique mise à nue en façade (au n° 80), enduit ciment avec faux joints (aux n° 70-72 et 82).

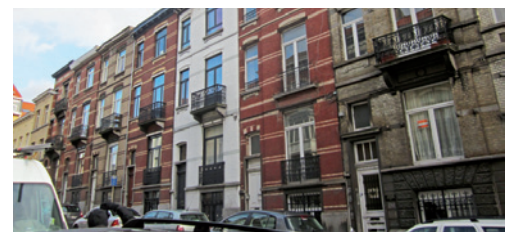
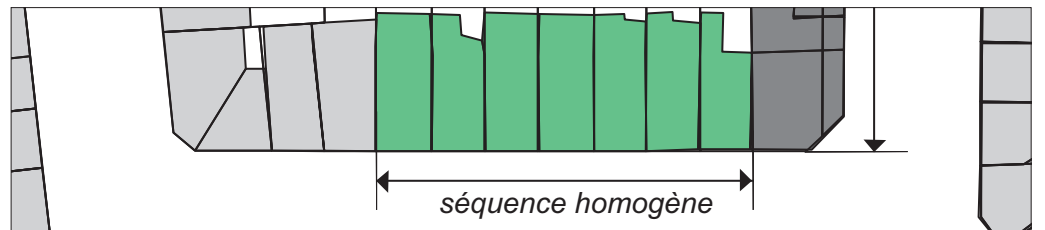


Réalisé avec Brussels UrbIS®

Séquence hétérogène



Séquence homogène



QUARTIER JARDIN « LA ROUE » : PLAINE DE LOISIRS COMMUNE D'ANDERLECHT

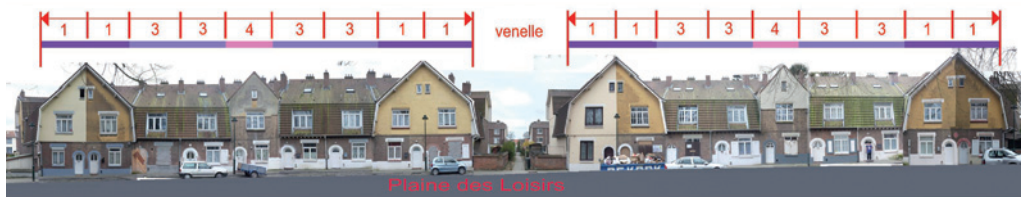
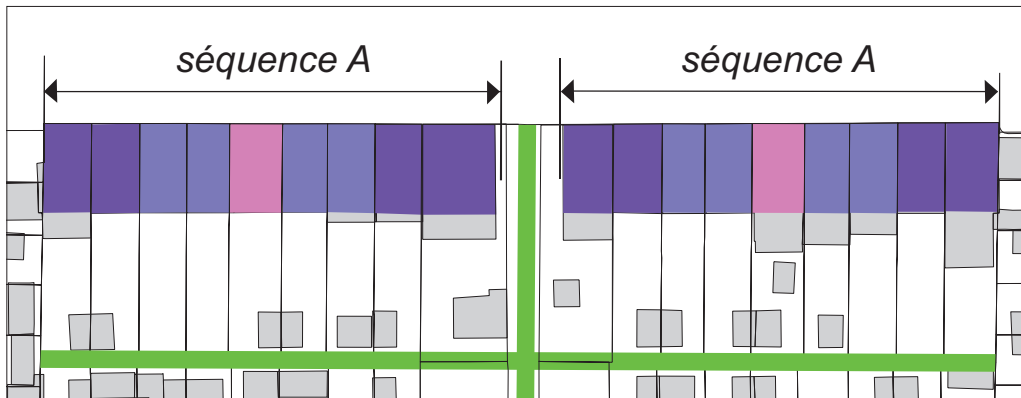


Réalisé avec Brussels UrbIS®

Réalisé avec Brussels UrbIS® – L'îlot délimité par les avenues G. Melckmans, de la Société Nationale et la rue des Huit Heures est l'une des premières réalisations de cette cité-jardin édifiée entre 1920 et 1928. Les façades de cet îlot rectangulaire présentent un paysage urbain cohérent constitué de séquences composées par la juxtaposition de 6 types de façades. Constituée de 9 maisons unifamiliales mitoyennes regroupées sous une toiture continue, la séquence A est reproduite de part et d'autre d'un axe de symétrie formé par la venelle transversale nord-sud. Aux angles de l'îlot, une maison identique avec une volumétrie plus élancée et un pan coupé donne une échelle urbaine à l'ensemble.

À l'échelle de l'îlot, chaque type de façades présente :

- des éléments récurrents : largeur des parcelles, partition horizontale donnée par le nombre et la hauteur des niveaux, position et dimensions des baies identiques ;
- des éléments différents : volumétrie de toiture : à deux versants, en bâtière, à croupe, à combles brisés ; matériaux de revêtement des façades, leur répartition et leur couleur : brique apparente sur toute la hauteur de la façade ou limitée au rez-de-chaussée, enduit ciment sur toute la hauteur de la façade ou au premier étage ; l'îlot sud et ses séquences cohérentes est reproduit à l'identique au nord de la Plaine des Loisirs pour constituer un paysage ordonné autour de la Plaine de loisirs. En limite est de la Plaine des Loisirs, la rue des Huit Heures présente une séquence unique (D) qui ferme la perspective de la Plaine. La vision frontale des séquences autour de la Plaine des Loisirs est facilitée par le recul lié aux dimensions de cet espace public.



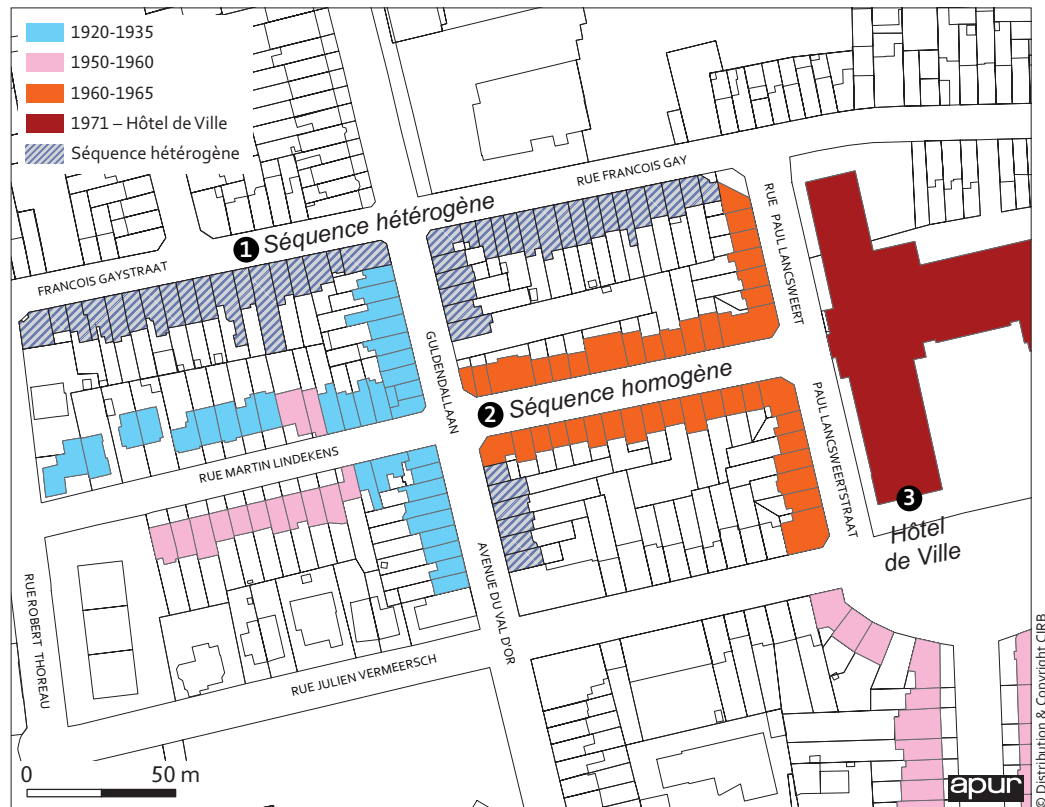
La juxtaposition de maisons presque semblables a été réalisée sur l'ensemble de la cité par groupes de 3, 4 ou 5 maisons quelque fois davantage. L'unité architecturale est assurée par une volumétrie compacte, une composition symétrique des toitures qui s'affranchissent des limites parcellaires et l'enfilade des jardins ouverts sur les voies publiques. La multiplication de ces ensembles architecturaux donne une cohérence urbaine à l'ensemble du quartier-jardin de La Roue.

QUARTIER DE L'HÔTEL DE VILLE DE LA COMMUNE DE WOLUWE-SAINT-PIERRE

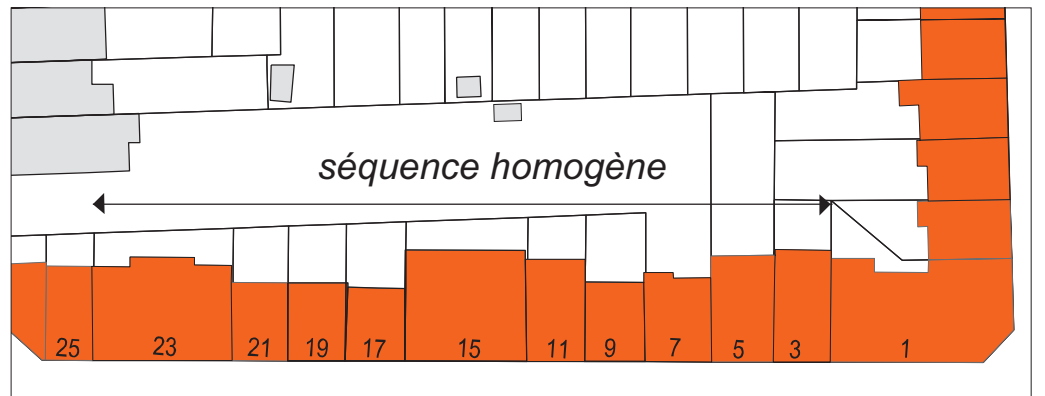
Réalisé avec Brussels UrbIS® – L'îlot 4 A, est constitué de maisons unifamiliales et d'immeubles à appartements élevés à l'alignement sur rue sur trois niveaux sous un toit à deux versants. Les quatre voies délimitant l'îlot présentent un paysage urbain différent. Le long des deux voies, l'avenue du Val d'Or du 74 au 84 et de la rue Francois Gay du 120 au 150, se développent deux types de façades : celles élevées à partir de l'entre-deux-guerre, inspirées du style Éclectique ou Art Déco et celles élevées à partir de 1960 dans le style « bel-étage ». Le long des deux voies, l'avenue P. Lancsweert, du 18 au 28 et de la rue M. Lindekens, du 1 au 25, les bâtiments ont été réalisés entre 1960 et 1964 dans le style « bel-étage ». Le paysage urbain de la rue M. Lindekens, du 1 au 25, est constitué par un alignement d'une dizaine de maisons unifamiliales de type « bel-étage », bordé aux extrémités par deux immeubles à appartements. Les maisons de cette séquence de la voie « sont l'œuvre de seulement deux architectes. Raymond Descorte est l'auteur des huit premières constructions de la rue, les quatre premiers numéros cotés pair et impair ; Franck Jansen signe les plans de toutes les autres constructions du tronçon » tel qu'il est mentionné dans l'Inventaire du Patrimoine Architectural de la Région de Bruxelles. Ce tronçon de la voie présente une homogénéité architecturale pour les raisons suivantes :

- découpage régulier des parcelles souligné par le décalage entre les façades implantées suivant la pente de la rue ;
- gabarit enveloppe unique : façade élevée sur R + 2 et surmontée d'un toit à deux versants ;
- composition identique des façades : correspondance des hauteurs des niveaux, percement selon trois travées égales ;
- éléments préfabriqués pour les matériaux de façade : brique rouge de parement et pierre blanche reconstituée.

Aux 15 et 23 de la rue, deux immeubles à appartements, traités comme des maisons unifamiliales identiques mitoyennes, ne remettent pas en cause la cohérence du paysage. En vis-à-vis, la rive paire de la rue, du 4 au 28, présente les mêmes caractéristiques architecturales et donne une cohérence au paysage urbain.



Réalisé avec Brussels UrbIS®



- ① Séquence hétérogène
- absence d'unité ;
 - les façades ne présentent pas de cohérence générale ;
 - la rénovation urbaine n'appelle pas de soin particulier.



- ② Séquence homogène
- les bâtiments appartiennent à une séquence cohérente ;
 - la rénovation de cet ensemble exclu une modification des façades.



- ③ Hôtel de Ville, repère urbain

La « plaine des loisirs » est une aire de jeu bordée de 3 îlots bâtis et d'un équipement. Cet ensemble forme une composition urbaine relativement élaborée dont la perception n'est pas évidente au premier abord depuis la rue. En revanche la « plaine des loisirs » offre à l'observateur un recul suffisant pour apprécier la qualité urbaine du site. Le concepteur base son travail sur l'économie de moyen, il juxte des unités de logement de tailles très réduites et les affecte d'une toiture commune. Une impression de gigantisme se dégage du front bâti dont l'uniformité est assurée par la toiture. La toiture permet d'effacer la division parcellaire et symbolise ainsi la vocation communautaire de la cité ouvrière. L'unité revendiquée de cet ensemble a été significativement altérée par les opérations de rénovation diffuses réalisées sur les logements. Malgré tout la cohérence du site est encore remarquable aujourd'hui. Ce cas illustre un exemple de composition purement urbaine : c'est la volumétrie marquée par la toiture commune qui fait l'intérêt de cette pièce urbaine et sa singularité.

Le quartier de Don Bosco (Woluwe-Saint-Pierre), loti tout au long du XX^e siècle

Les logiques de promotions immobilières pratiquées dans les années 50, avec l'invention de la maison « bel-étage », sont similaires à celles pratiquées à la fin du xx^e siècle : sur la base d'un catalogue, un promoteur vend des modèles prédéfinis de bâtiments et procède au lotissement des îlots. Si la nature des bâtiments change radicalement après la seconde guerre mondiale et donc la qualité des édifices produits, dans le cadre de l'analyse urbaines nous procéderons à la recherche de qualités de composition de grande échelle, nécessairement complétées par celle des techniques constructives abordées par la suite dans l'analyse bâtie.

Le quartier étudié ici est le quartier de Don Bosco à Woluwe-Saint-Pierre, et en particulier la rue Lindekens. Cette rue est composée de bâtiments des années 60, ces bâtiments appartiennent à une typologie architecturale et constructive basée sur la préfabrication et répliquée à grande échelle dans toute la grande couronne. Leur implantation sur le territoire obéit à des logiques urbaines très disparates qu'il convient d'analyser afin de documenter la qualité urbaine des ensembles ainsi constitués. Rues Lidenkens et P. Lancsweert, la préfabrication industrielle permet à chaque propriétaire de disposer d'une maison unique, en revanche le lotisseur veille à l'homogénéité des gabarits et des registres de façade.

Cet ensemble s'il ne révèle pas de logique de composition particulière mérite d'être apprécié à plus grande échelle. La datation des parcelles permet de mieux saisir la composition dans sa globalité. La rue lindekens a été lotie d'ouest en est de façon chronologique des années 1920 aux années 1960. L'hôtel de ville est l'aboutissement de cette séquence, il fut achevé en 1971. L'homogénéité bâtie de la rue Lindekens côté pair et impair procède d'une symétrie qui met nettement en valeur l'hôtel de ville et en fait un aboutissement temporel marquant l'achèvement du quartier. La totalité de la séquence mérite donc une attention particulière lors d'opérations de rénovation. Si cet exemple de lotissement des années 60 est assez atypique en Région Bruxelles-Capitale, l'identification de ce genre séquences monumentales est aujourd'hui essentielle.

À l'inverse la séquence urbaine formée par l'avenue Bioley dans le quartier du Bémel (Woluwe-Saint-Pierre) montre une juxtaposition incohérente de maison « bel-étage » qui n'appellera pas de précautions particulières lors de la rénovation des bâtiments. C'est le cas le plus fréquent pour ces ensembles des années 60.



Rue Lindekens - quartier de l'Hôtel de Ville



Avenue Bioley - quartier du Bémel

Conclusion

Le XIX^e siècle a été le siècle des grands tracés, de l'aménagement de l'espace public et du lotissement de la 1^{re} couronne de Bruxelles. Le XX^e siècle a été celui de l'adaptation de la ville à la voiture particulière avec la création des autoroutes urbaines et l'émergence de la périurbanisation lointaine. Le XXI^e siècle sera vraisemblablement celui du comblement des vides, notamment des espaces vacants privés en cœur d'îlot de la 1^{re} couronne. L'enjeu aujourd'hui est de fixer les modalités et les exigences de ce mouvement. Les pages précédentes ont mis en exergue plusieurs éléments à partir desquels cette densification pourra contribuer aux exigences de la transition énergétique.

1 – L'exercice de planification urbaine doit s'emparer de cette question pour désengager le territoire de la vulnérabilité énergétique.

2 – Le règlement urbain peut jouer un rôle essentiel notamment dans la maîtrise des îlots de chaleur : en créant une protection pour certains espaces verts intérieurs, en interdisant certains usages des cœurs d'îlot (par exemple les parkings), en obligeant un quota minimum de pleine terre lorsque les cœurs d'îlots sont lotis.

3 – Le règlement urbain devrait aussi s'intéresser à la question de la limite foncière, aujourd'hui matérialisée par les murs de séparations, et qui pourrait être notifiée par simples clôtures (comme dans les cités-jardins) afin de décroquer la trame végétale.

3/ Réflexions à l'échelle régionale

Le concept de « développement durable » a fait son apparition dans les années 90. On l'a parfois défini comme le souci « d'assurer les besoins des générations actuelles sans compromettre les besoins des générations futures ». Si cette définition a parfois été critiquée pour sa formulation quelque peu « naïve », voire « infantile » des préoccupations du XIX^e siècle, elle introduit un concept particulièrement utile qui est celui de « besoin » et qui permettra de qualifier la vulnérabilité des territoires. On considère souvent que les besoins énergétiques d'un territoire sont conditionnés principalement par les consommations liées à la mobilité quotidienne et celles liées au chauffage et à la maintenance des bâtiments. Du point de vue des ménages, ces deux postes de consommations sont indissociables. **Les politiques publiques de réduction des consommations d'énergie manquent souvent d'efficacité par la sectorisation trop forte de leurs actions: il existe des politiques dédiées à la mobilité d'autres à l'amélioration du bâti; leur interaction est rarement mesurée, les phénomènes de précarité énergétiques existants et à venir lui sont pourtant intimement liés.**

L'après-guerre a profondément modifié le territoire de la Région Bruxelles-Capitale. Les forts taux de croissance et l'illusion d'une énergie indéfiniment disponible à bon marché ont entraîné avec eux les phénomènes de périurbanisation, rendus possibles par l'usage de la voiture particulière. L'urbanisme s'en voit alors profondément modifié. La production de lotissements n'est plus assujettie à une quelconque contrainte de densité; la proximité d'un réseau de transport en commun n'est pas un critère de choix pour le lieu

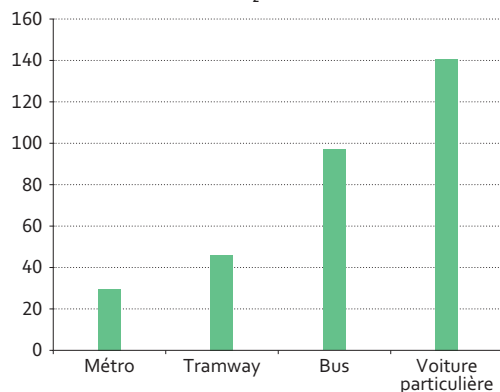
de résidence. Ainsi, après-guerre, se créent des zones où la dépendance à la voiture particulière est totale et où des techniques constructives encore mal maîtrisées sont mises en œuvre à grande échelle dans le secteur du bâtiment qui occasionneront des niveaux de consommations très élevés pour les besoins de chauffage. Pour les actuels habitants de ces zones un double souci existe: une mobilité captive de la voiture particulière et des lieux de résidences souffrant de pathologies constructives.

Ainsi le territoire s'est façonné au XX^e siècle selon une logique profondément inégalitaire en termes d'habitat et de transport. La question qui se pose aux décideurs publics est désormais: qu'advient-il si le prix de l'énergie est affecté d'un coefficient multiplicatif de 5 ou 10? Comment réagiront les territoires? Cette perspective a fait naître depuis quelques années l'idée d'introduire dans les documents de planification la question de la contrainte énergétique. Si la dépendance à la voiture particulière est un problème qui ne se traite pas du jour au lendemain, il est possible de porter une attention prioritaire à la rénovation énergétique des logements construits dans les zones où il n'existe pas d'alternative à l'usage de la voiture. L'objet de cette ambition de planification énergétique à l'échelle de la Région est d'identifier les zones les plus vulnérables et de traiter les inégalités territoriales par un zonage de l'espace régional en créant par exemple des « zones de rénovation énergétique » prioritaires.

À titre d'illustration un exercice a été mené par l'Apur sur la Région Bruxelles-Capitale, afin d'identifier les zones pour lesquelles la dépendance à la voiture particulière est forte. La raison est simple: du point de vue des ménages la dépendance à la voiture particulière lorsqu'elle est effective possède peu d'alternatives, la performance des bâtiments est par contre très généralement perfectible par l'emploi de mesures simples. L'exercice a consisté à recenser les modes de transports et à comparer leurs émissions unitaires de CO₂. Cet exercice a été mené par la STIB⁽¹⁸⁾ en 2008.

Le diagramme d'émission unitaire de CO₂ montre que les modes collectifs sont moins contributeurs à l'effet de serre grâce à leur capacité à mutualiser les déplacements et leur capacité à valoriser des énergies plus faiblement carbonées (tout du moins pour ce qui est du métro et du tramway). Ce que ne révèle pas ce diagramme, c'est que les modes

ÉMISSION DE CO₂ SELON LES MODES DE TRANSPORTS (en gCO₂/km/passager)



18 – Société des Transports Intercommunaux de Bruxelles.

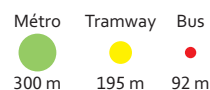
Source : STIB (2008)

basés sur l'usage de l'électricité comme le métro ou tramway font l'objet d'une plus faible dépendance énergétique que le bus ou la voiture particulière, qui sont eux totalement captifs du pétrole. En effet la production électrique est réalisée grâce à un « mix énergétique » dans lequel toute énergie peut être substituée. Dans le cas du bus ou de la voiture particulière, cette substitution est impossible ou nécessite un renouvellement intégral du parc. Au-delà de leur actuelle faible contribution aux émissions de gaz à effet de serre, le métro et le tramway possèdent donc une robustesse accrue vis-à-vis de la dépendance énergétique, ils sont donc des modes incontournables de toute planification urbaine. Chaque mode de transport collectif est maillé par un réseau de stations qui dessert les zones urbaines. L'exercice d'identification de zones de vulnérabilité énergétique consiste à identifier les zones qui ne sont pas desservies par les transports en commun, ici on pondère la zone de desserte en

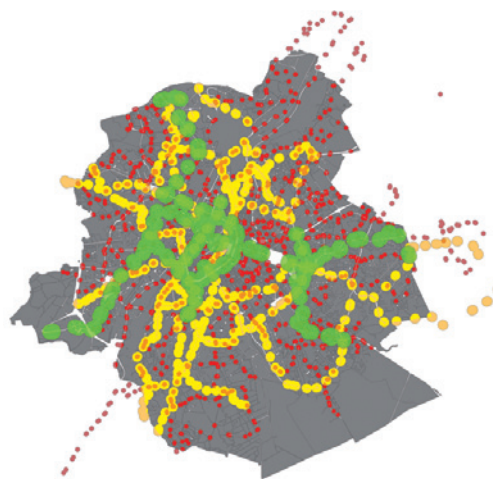
transports en commun par les émissions unitaires de gaz à effet de serre de chaque mode afin de privilégier les modes les plus vertueux. Ainsi dans cet exercice de cartographie, on fait apparaître deux zones, l'une représentant la zone dense bien desservie et l'autre la zone périurbaine fortement captive de la voiture particulière. Les inégalités territoriales ainsi révélées peuvent faire l'objet d'une planification énergétique particulière dans les zones défavorisées. La carte montre aussi que **certains secteurs ont un intérêt stratégique fort si la Région Bruxelles-Capitale affiche une volonté de redensification de son territoire.**

La situation Belge avec son découpage en 3 régions autonomes complique les logiques de planification territoriale. Dans l'exercice de cartographie que nous avons mené nous avons considéré que les résidents de la Région Bruxelles-Capitale travaillent en Région Bruxelles-Capitale,

Zones de desserte pondérées par les émissions unitaires de gaz à effet de serre



TERRITORIALISATION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE ASUJETTIES À LA MOBILITÉ



© Distribution & Copyright CIRB

Zoom sur des carrés de 1,5 km de côté : Saint-Gilles



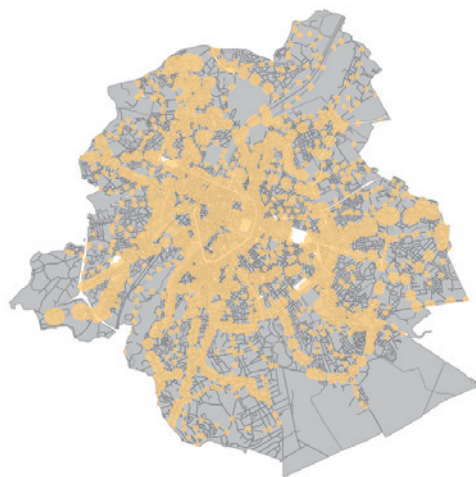
© Distribution & Copyright CIRB

Woluwe-Saint-Pierre et Woluwe-Saint-Lambert



© Distribution & Copyright CIRB

Réalisé avec Brussels UrbIS® – Les stations de transport en commun sont affectées d'aires d'influence inversement proportionnelles à leur émissions de gaz à effet de serre. Une desserte de 300 m est affectée arbitrairement aux stations de métro ; puis en se basant sur les émissions spécifiques du tramway et du bus fournies par la STIB (respectivement 46 et 97 gCO₂/km/passager), les aires d'influence de ces deux modes de transport sont calculées.



© Distribution & Copyright CIRB

Dans le cadre d'une planification énergétique territoriale, les bâtiments appartenant aux zones grisées présentent une vulnérabilité accrue vis-à-vis de la mobilité quotidienne



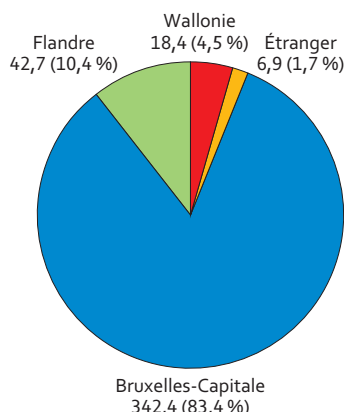
© Distribution & Copyright CIRB



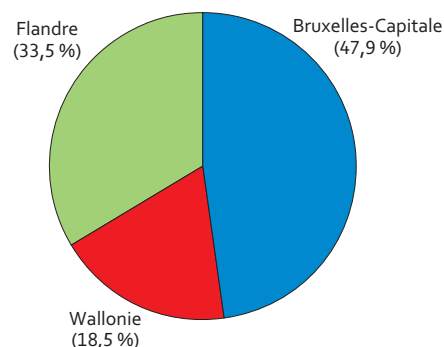
© Distribution & Copyright CIRB

Réalisé avec Brussels UrbIS® – Le territoire peut être ainsi divisé en deux zones au regard de la dépendance énergétique et des émissions de gaz à effet. Les zones grises sont des zones où la vulnérabilité des ménages est élevée au regard de la mobilité quotidienne. Ce découpage géographique servira à l'identification de « zones prioritaires d'amélioration énergétique ».

EMPLOI DES RÉSIDENTS DE BRUXELLES-CAPITALE PAR LIEU DE TRAVAIL EN 2010



EMPLOI DE LA RÉGION BRUXELLES-CAPITALE PAR RÉGION DE RÉSIDENCE EN 2010



Source : Bilan énergétique de la Région Bruxelles-Capitale en 2010 (Bruxelles environnement)

ce qui est vrai à plus de 83 %. En revanche cette Région suscite une attractivité forte de la part de la Région Flamande et de la Région Wallonne qu'il convient d'apprécier dans les logiques de planification (en effet 50 % des emplois sont pourvus par des migrations quotidiennes interrégionales).

Si l'approche relativement binaire que nous avons proposée s'est limitée à ne considérer que les questions de la mobilité et du logement, des critères sociologiques comme les revenus, ou les catégories socio-professionnelles doivent venir étayer l'analyse territoriale de la vulnérabilité énergétique. Aujourd'hui **la définition d'une typologie énergétique du territoire devrait être illustrée par une série de cartes**

thématiques sur les modes de transports (comme nous venons de le faire sommairement), **sur la consommation énergétique des bâtiments, la sociologie des ménages, etc.** L'objectif de cette approche généraliste consiste **à forger une connaissance territoriale de l'énergie** (et non plus seulement sectorielle), à prioriser les actions menées sur le territoire en faveur des économies d'énergie et à faire émerger les zones les plus sensibles: par exemple les zones à bas revenus, mal reliées aux transports en commun et aux factures de chauffage élevées. Pour aboutir à ce résultat sur le volet bâtiment, les consommations d'énergies des bâtiments devraient être recensées par le biais des factures et être cartographiées à l'échelle de la Région Bruxelles-Capitale.

DENSITÉ BÂTIE DES ZONES LES MIEUX DESSERVIES PAR LES TRANSPORTS COLLECTIFS



Réalisé avec Brussels UrbIS® – La densité bâtie est analysée dans les zones du territoire possédant un moindre impact en émissions de gaz à effet de serre pour la composante transport. En jaune clair apparaissent les zones possédant les meilleurs potentiels de densification.



Réalisé avec Brussels UrbIS® – Commune de Uccle. Un extrait du territoire de 2 km de côté est analysé, les zones desservies par les TC sont coloriées selon la densité. Ces zones sont les plus intéressantes à densifier. Elles peuvent faire l'objet de règlements d'urbanisme favorisant leur densification puisqu'elles offriront aux futurs habitants les meilleures conditions de desserte et donc une dépendance moindre à l'énergie fossile.

Annexe

Annexe 1

Un échantillon de 21 îlots représentatifs a été fourni par la Direction des Monuments et des Sites. Dans cet échantillon, quelques îlots ont fait l'objet d'investigations plus poussées afin de mieux comprendre la nature des enjeux patrimoniaux tels qu'ils se posent en Région de Bruxelles-Capitale. Le site BruGIS® a été consulté et mis à profit (<http://www.brugis.irisnet.be>) ainsi que l'Inventaire du Patrimoine Architectural de la Région de Bruxelles-Capitale (<http://www.irismonument.be/>). En complément une analyse de permis de construire des archives communales a été réalisée. Les réseaux d'espaces publics et les tissus parcellaires ont été étudiés sur les quartiers de Berkendael (Ixelles), de la cité-jardin de la Roue (Anderlecht) et du quartier de l'hôtel de ville de Woluwe-Saint-Pierre; l'analyse des emprises des constructions a été menée sur les mêmes quartiers auxquels ont été rajouté ceux de Tenbosch (Ixelles) et de Consolation (Schaerbeek/Saint-Josse).

1/ Les réseaux d'espaces publics

Les trois secteurs, Berkendael à Ixelles, l'hôtel de ville à Woluwe-Saint-Pierre et la cité La Roue à Anderlecht, sont chacun desservis par une voie de transit située en périphérie préservant ainsi la structure du réseau des espaces publics spécifiques à chaque quartier.

1.1 Berkendael (Ixelles)

Commune d'Ixelles quartier Berkendael « îlot 1A »

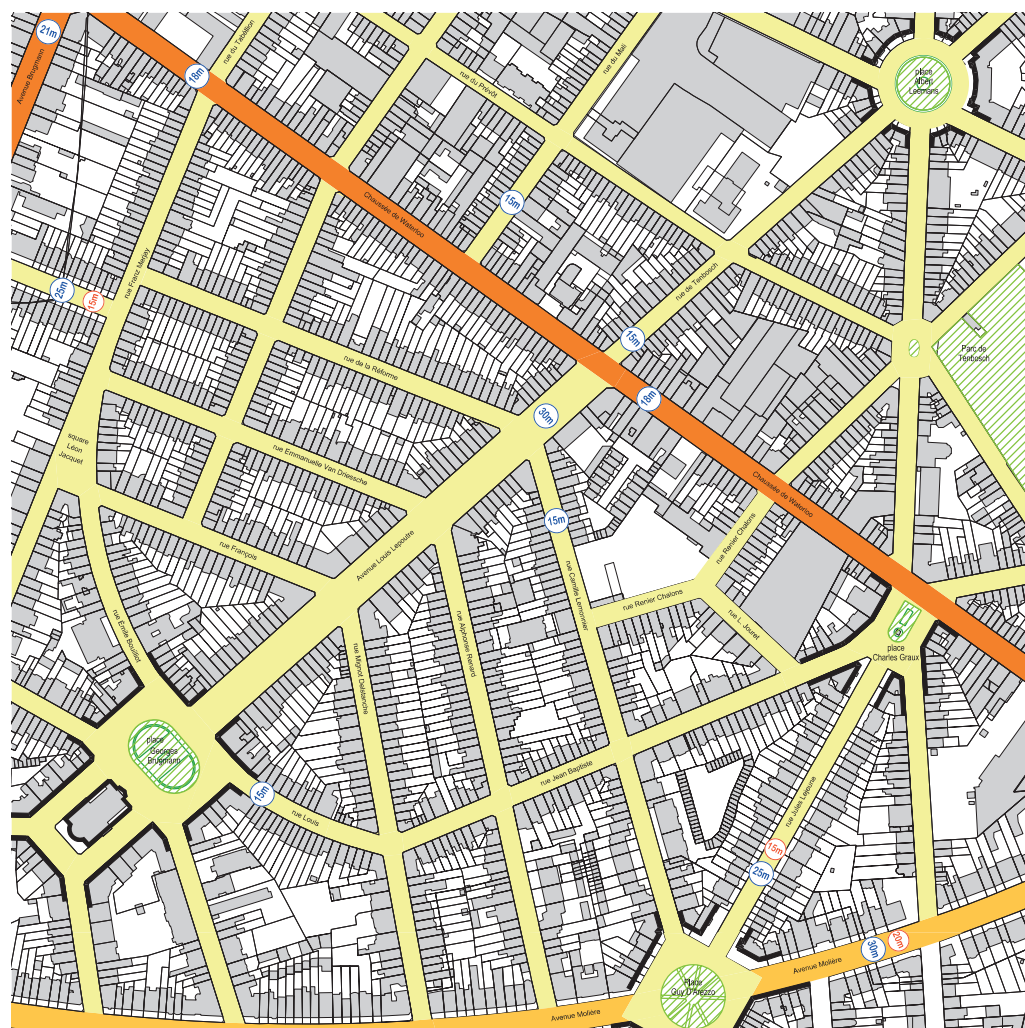
Réseau des espaces publics: hiérarchie et composition

Hiérarchie du réseau

- voie de transit
- voie de liaison interquartier
- voie de desserte locale

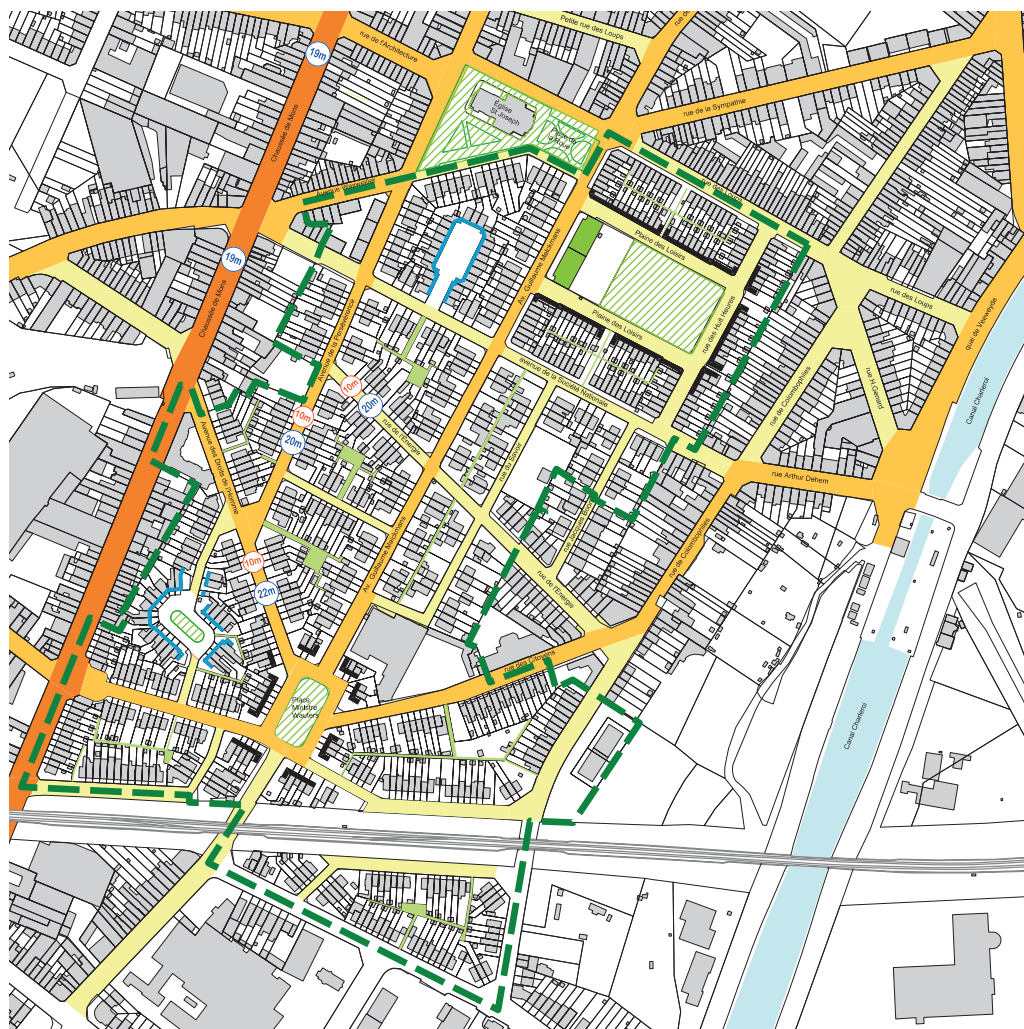
Composition urbaine

- place de quartier
- espace vert public
- 10 m largeur de la voie (parcelle à parcelle)
- 20 m largeur de la voie (bâti à bâti)



Le quartier Berkendael est desservi par un réseau régulier d'espaces publics réalisé à partir de 1898 d'après le Plan Général d'Aménagement du quartier conçu par C. Boon, géomètre. Ce réseau présente une configuration en arête de poisson qui se développe de part et d'autre de l'avenue Lepoutre, axe central, d'où partent en oblique les rues parallèles entre elles vers l'avenue Brugmann à l'ouest et l'avenue Molière au sud. Le tracé parallèle des voies définit des îlots d'une épaisseur de 70 mètres. Le quartier est distribué par des voies de desserte locale bordées par l'alignement continu des bâtiments mitoyens d'une largeur de 15 m à l'exception des voies principales du quartier : l'avenue Louis Lepoutre de 30 m de large, de la rue Jule Lejeune et de l'avenue Molière où des jardins privés s'ouvrent en front de rue. Le tracé oblique des voies délimite des îlots triangulaires ou trapézoïdaux mais jamais rectangulaires. Au sud du secteur, l'inflexion du tracé de l'avenue Molière met en valeur la trame en arête de poisson du réseau. L'implantation des places publiques renforce la hiérarchie du réseau des voies. La place G. Brugmann avec l'église N.D. de l'Annonciation est mise en perspective à travers l'avenue Lepoutre, voie centrale tracée dans le prolongement de la rue Tenbosch ouverte sur la place A. Leemans au nord. Plus au sud, les deux places Ch. Graux et G. D'Arezzo, reliées par la rue J. Lejeune présentent également une configuration régulière.

1.2 Cité-jardin de la Roue (Anderlecht)



Commune d'Anderlecht quartier Jardin « La Roue »

Réseau des espaces publics:
hiérarchie et composition

- périmètre du quartier
- Hiérarchie du réseau**
- voie de transit
- voie de liaison interquartier
- voie de desserte locale
- venelle privée
- Composition urbaine**
- place de quartier
- place en cœur d'îlot
- espace vert public
- 10 m largeur de la voie (parcelle à parcelle)
- 20 m largeur de la voie (bâti à bâti)

apur

© Distribution & Copyright CIRB

Réalisé avec Brussels UrbIS®

Le quartier jardin « La Roue », étendu sur 18 hectares, est structuré par un réseau hiérarchisé d'espaces publics réalisé entre 1920 et 1928 suivant les plans des architectes E. Jonghers et de Voets. Les trois voies de liaison inter-quartiers, les avenues G. Melckmans et de la Persévérance prolongées par l'avenue des droits de l'Homme ont un rôle structurant dans la trame orthogonale du réseau. En limite est du quartier, la rue des Citoyens prolongée par la rue des Colombophiles et le quai de Veeweyde sont plus confidentiels. Les autres rues du quartier, voies de desserte locale, complètent la trame du réseau, en particulier autour de la Plaine des Loisirs. Ce réseau est complété par une série de voies privées piétonnes, venelles ouvertes en cœur d'îlot pour un accès secondaire aux maisons individuelles. À l'exception des voies autour de la Plaine des Loisirs et la rue des Colombophiles, les voies de la cité sont

bordées par des jardins privés ouverts sur rue au droit des alignements de maisons. La majorité des voies présente une largeur de 10 mètres pour l'espace public délimité par les clôtures des jardins, la largeur réelle de la voie étant de 20 mètres, entre les façades en vis-à-vis. La configuration des voies renforce le caractère résidentiel de la cité-jardin : chaussée étroite réservée à une file de circulation encadrée par une file discontinue de stationnement unilatéral ou bilatéral, arbres d'alignement implantés dans les haies délimitant des jardins privés. 5 places publiques de configurations régulières caractérisent les différents secteurs de la cité-jardin. Place principale, la Plaine des Loisirs est une aire de jeux engazonnée ouverte au public délimitée à l'ouest par un groupe scolaire communal. Quatre places publiques de moindre importance structurent les autres quartiers. Les deux places de la Roue et du Ministre Wauters agrémentées d'équipements s'ouvrent sur les quartiers environnants. Les deux places Jonghers et du Confort, enclavées en cœur d'îlot, ont un caractère privatif.

1.3 Quartier de l'Hôtel de Ville de Woluwe-Saint-Pierre

Commune Woluwé-Saint-Pierre quartier de l'Hôtel de Ville « îlot 4A et 4B »

Réseau des espaces publics:
hiérarchie et composition

Hiérarchie du réseau

- voie de transit
- voie de liaison interquartier
- voie de desserte locale
- venelle privée

Composition urbaine

- place de quartier
- place en coeur d'îlot
- espace vert public
- 10 m
largeur de la voie
(parcelle à parcelle)
- 20 m
largeur de la voie
(bâti à bâti)

apur



Réalisé avec Brussels UrbIS®

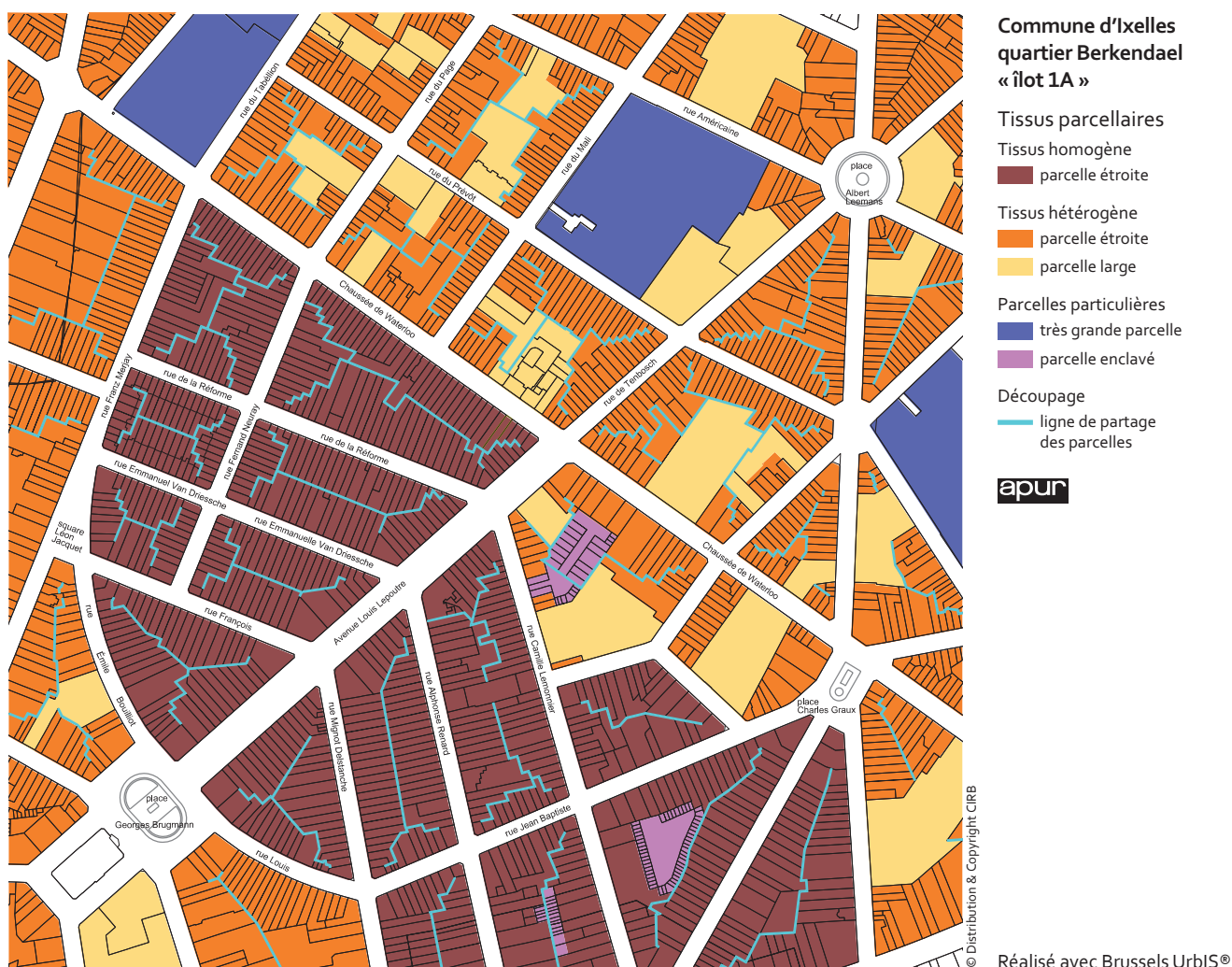
Le quartier de l'Hôtel de Ville de la commune de Woluwe-Saint-Pierre est desservi par un réseau régulier d'espaces publics issus d'opérations de lotissement réalisées à partir du XX^e siècle autour de la rue F. Gay, ancienne voie reliant les villages d'Etterbeek et de Woluwe-Saint-Pierre. Le secteur est bordé au sud par l'avenue Tervueren, voie de transit à l'échelle de la métropole. Les deux voies de liaison inter-quartiers, la rue F. Gay et l'avenue du Val d'Or se croisent perpendiculairement au centre du secteur. Les autres rues du secteur, voies de desserte locale, complètent la trame régulière orientée nord-sud. Ces voies présentent deux profils : délimitées par des alignements continus de façades avec des largeurs allant de 12 à 15 mètres ou bordées par des jardins privés implantés devant des maisons en alignement continu avec une largeur de la rue d'environ 25 mètres pour un espace public de 15 mètres. Ces deux configurations peuvent se développer au sein d'une même voie comme les rue M. Lindakens, M. Gay ou l'avenue du Val d'Or. Place principale du quartier, l'esplanade P. H. Spaak met en perspective l'hôtel de ville depuis le parc de Woluwe à travers le tracé rectiligne de l'avenue Don Bosco.

2/ Les tissus parcellaires

Les différents lotissements présentent des parcelles d'une largeur comprise entre 4,5 et 7,5 mètres configurées pour recevoir des maisons unifamiliales. Les secteurs se distinguent par les différentes configurations des parcelles et leur juxtaposition au sein des îlots.

2.1 Berkendael (Ixelles)

Le quartier Berkendael, présente deux types de tissus parcellaires : des îlots homogènes à parcelles étroites et des îlots hétérogènes comprenant des parcelles étroites et d'autres de plus grandes largeurs. Les îlots homogènes, de part et d'autre de l'avenue L. Lepoutre, présentent un découpage régulier avec des parcelles de largeur de 6 à 7,5 m et des profondeurs d'une trentaine de mètres se réduisant à l'approche des angles des îlots. Le dessin régulier des lignes de partage entre les parcelles indique que la majorité des îlots a été lotie en une seule opération. Les îlots hétérogènes, au nord de la Chaussée de Waterloo, présentent un découpage plus irrégulier avec des groupes de parcelles étroites comme pour les îlots précédents et des parcelles plus grandes parfois traversant l'îlot. Ces parcelles avec un linéaire de façade sur rue de 25 m à 70 m ont été dès l'origine dimensionnées pour accueillir des activités ou des équipements ou ont fait l'objet de remembrement lors d'opérations plus récentes. Trois grandes parcelles avec une emprise de plus de 10 000 m² ont des configurations irrégulières et accueillent des programmes particuliers : des équipements privés ou publics, des activités commerciales et tertiaires. Trois lotissements enclavés en cœur d'îlot regroupent des parcelles aux dimensions réduites accessibles par des passages sous porche et sont occupées par des garages individuels soit par des maisons unifamiliales.



2.2 Cité-jardin de la Roue (Anderlecht)

Le quartier jardin « La Roue », lotissement de logements sociaux, présente 4 types de tissus parcellaires homogènes :

- autour de la plaine des loisirs, 4 îlots découpés un parcelles très étroites, de 4,5 à 5 m de large pour une profondeur de 20 à 22 mètres. Cette faible largeur, correspondant à la largeur minimale d'une pièce d'habitation et entraîne une organisation du plan-masse : occupation de la largeur du terrain par les maisons adossées en limite mitoyennes. Ce découpage est également présent à la pointe de l'îlot, délimité par les rues des Citoyens et des Colombophiles, loti à partir des années 1907.
- de part et d'autre de la rue du Savoir, dans le secteur du « chantier Expérimental », 3 îlots présentent des découpages réguliers et répétitifs associant deux parcelles étroites, 6 m de large, encadrées par des parcelles larges de 12 m, l'ensemble ayant une profondeur de 22 m. Ce découpage alternant parcelles étroites et larges, préfigure un regroupement des maisons formant des ensembles compact de 2, 3 ou 4 unités d'habitation.
- délimitée par les avenues de la Persévérance et G. Melckmans et plus au sud, de part et d'autre du faisceau ferré, une dizaine d'îlots présentent des parcelles différentes formant des ensembles régulièrement imbriqués : parcelles rectangulaires étroites, parcelles avec des profondeurs importantes en retour d'équerre en cœur d'îlot. Ce découpage particulier en écaille de poisson est déterminé par la présence de venelles privées desservant les jardins en fond de parcelle.
- autour des places du Confort et de Jonghers, les parcelles sont découpées pour assurer une configuration régulière et ordonnée de l'espace délimitant chaque place. De part et d'autre de la place du Confort, les parcelles sont larges de 6 mètres et profondes de 18 mètres. Autour de la place de Jonghers, les parcelles convergent vers le centre de la place et sont pour une majorité d'entre elles larges de 5,5 mètres et profondes de 20 à 30 mètres.

Trois grandes parcelles sont occupées par des équipements scolaires implantés dans la partie médiane de la cité, le long d'un axe nord-sud l'avenue à proximité de l'avenue G. Melckmans.

Commune d'Anderlecht quartier Jardin « La Roue »

Tissus parcellaires

Tissus homogène

- parcelle étroite
- parcelle de largeur variable
- parcelle large

Parcelles particulières

- grande parcelle
- parcelle ordonnée par une place

Découpage

- venelle
- ligne de partage des parcelles

apur

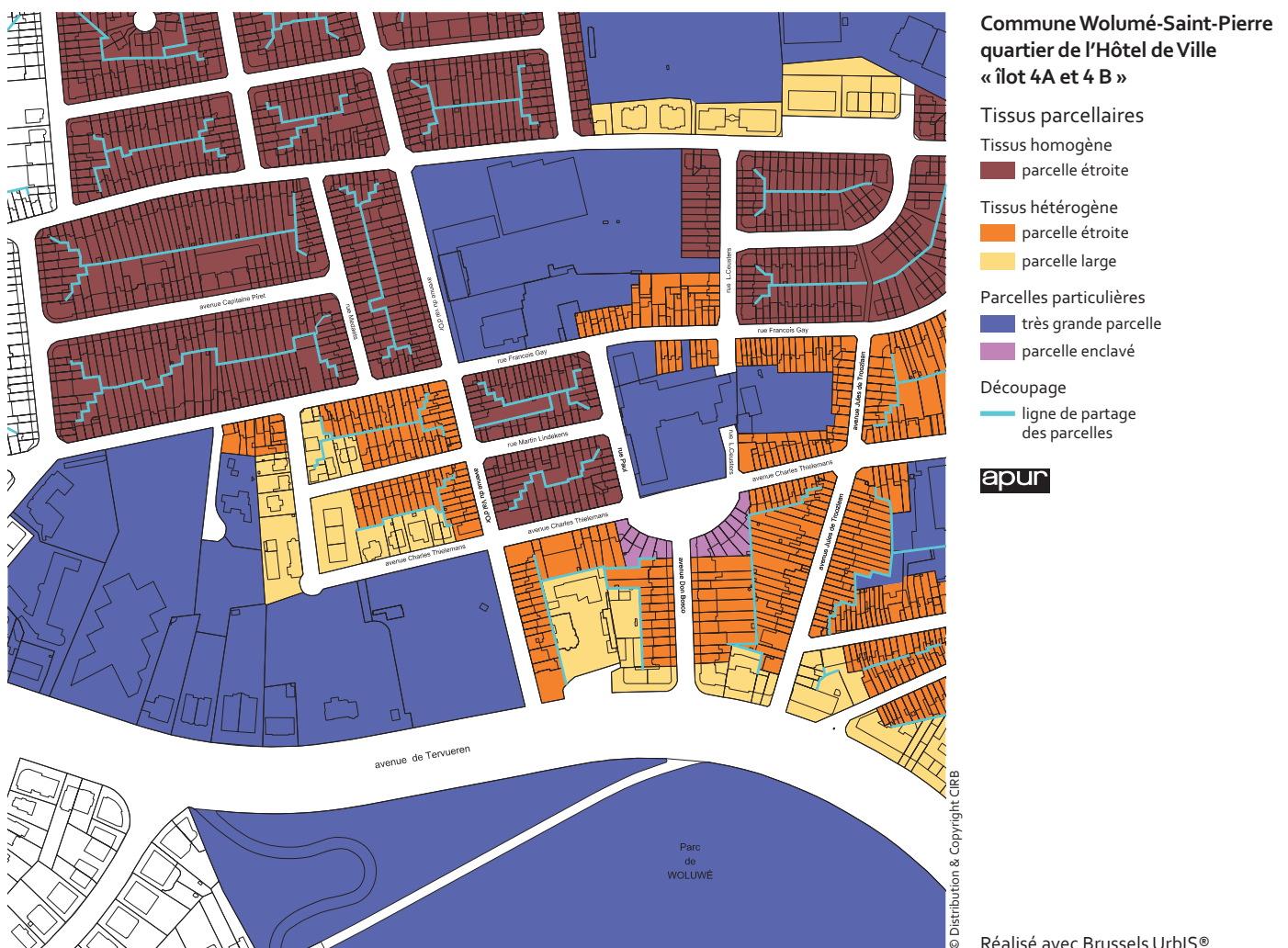


2.3 Quartier de l'Hôtel de Ville de Woluwe-Saint-Pierre

Le quartier de l'Hôtel de Ville de la commune de Woluwe-Saint-Pierre, constitué de plusieurs lotissements résidentiels, présente deux types de tissus parcellaires: des îlots homogènes avec des parcelles étroites et des îlots mixtes comprenant des parcelles étroites et d'autres plus larges. Les îlots homogènes, au nord de la rue F. Gay et de part et d'autre de la rue M. Lindekens, présentent des parcelles larges de 5,5 à 7,5 m et profondes de 30 à 40 m, se réduisant à l'approche des angles des îlots. La régularité des lignes de partage des parcelles en cœur d'îlot indiquent que les découpages ont été réalisés simultanément sur l'ensemble des îlots. Les îlots hétérogènes, au sud de la rue F. Gay, présentent un découpage irrégulier avec trois ensembles de parcelles:

- étroites de 4 mètres de large et profondes jusqu'à 40 mètres le long des rues J. Deraek, R. Declerq, J. Wellens et P. Wemaere.
- larges de 6 à 7,5 m et profondes de 25 à 50 mètres le long des avenues Don Bosco, J. de Troozlaan, C. Thielemans...
- larges de 25 à 40 mètres qui juxtaposées développent des linéaires de façades importants pouvant atteindre 250 mètres comme sur l'avenue Tervueren. Ces larges parcelles d'une profondeur minimale de 20 mètres accueillent des programmes différents: maison bourgeoise avec de grands espaces verts, rue R. Thoreau, immeuble à appartement le long de l'avenue Tervueren, immeuble d'activité le long du Boulevard Woluwe.

En façade sud de l'hôtel de ville, la configuration de l'esplanade P. H. Spaak en demi-lune, ordonne le découpage régulier des parcelles convergeant vers le centre de la place. Elles présentent des linéaires de façades compris entre 6, 5 et 8 mètres. L'ensemble des bâtiments de la place et de l'avenue D. Bosco est depuis 1949 soumis à des prescriptions architecturales réglementaires visant à préserver le caractère de ces espaces en vis-à-vis de l'hôtel de ville. Les parcelles de plus de 5 000 m² sont occupées soit par des espaces verts, des équipements privés ou publics, soit par des activités tertiaires ou commerciales.



Le coefficient d'emprise est un des indicateurs pour évaluer la densité en milieu urbain. Ce coefficient d'emprise exprime le rapport entre la surface d'emprise d'une ou de plusieurs constructions et la superficie du terrain d'assiette. Ce coefficient permet d'évaluer la quantité du sol laissé libre de constructions à l'échelle d'un îlot ou de parcelles.

3/ Emprises des constructions et des espaces libres

3.1 Berkendael (Ixelles)

Dans le quartier Berkendael, l'îlot 1 A fermé et délimité par les rues de la Réforme, F. Neuray, E. Van Driesche et F. Merjay, d'une surface de 6 950 m² avec en cœur d'îlot un espace libre rectangulaire de 2 950 m² est occupé à 58 % par des constructions alignées sur rue et sur jardin. Rapporté à la parcelle, le coefficient d'emprise augmente progressivement à l'approche des angles de l'îlot avec des parcelles qui se réduisent pour des emprises des constructions constantes liées à la répétition d'une même typologie. Sur 47 parcelles, 19 ont un coefficient inférieur à 50 %, 13 un coefficient compris entre 51 et 75 % et 15 situées aux angles ont un coefficient supérieur à 76 %. Les 19 parcelles de la partie médiane de l'îlot sont occupées par des maisons individuelles de R+2 surmontées d'un niveau sous combles et les parcelles d'angle occupées par des immeubles à appartements de R+3 surmontés d'un niveau sous combles. La continuité des alignements des façades sur cour indique que les maisons n'ont pas fait l'objet d'extension vers l'arrière des parcelles.

3.2 Tenbosch (quartier « Chatelain » à Ixelles)

Dans le quartier Tenbosch, l'îlot 2 A fermé et délimité par les rues de l'Aqueduc, du Tabellion, Américaine et du Page, d'une surface de 10 400 m² avec des emprises libres totalisant une surface de 2 840 m², est occupé à 72 % par des constructions alignées sur rue et étendues en cœur d'îlot. Sur 54 parcelles, 11 ont un coefficient d'emprise inférieur à 50 %, 18 un coefficient compris entre 51 et 75 % et 25 situées aux angles ou étendues en cœur d'îlot, ont un coefficient supérieur à 76 %. Ce dernier groupe de parcelles est occupé par des bâtiments d'activité de 1 à 2 niveaux ou des immeubles à appartements de 3 étages. Au 68-72 rue Américaine, le fond de parcelle est occupé par des bâtiments industriels accessibles depuis la rue par un passage coché

3.3 Consolation (Schaerbeek/Saint-Josse)

Étendu sur les communes de Schaerbeek et Saint-Josse-Ten-Noode, l'îlot 1 B, fermé et délimité par les rues Eeckelaers, Verbist, T. Vincotte, G. Fuss, d'une surface de 5 770 m² avec un espace libre continu en cœur d'îlot de 2 208 m² est occupé à 60 % par des constructions alignées sur rue. Sur une quarantaine de parcelles, 8 ont un coefficient inférieur à 50 %, pour 24 un coefficient compris entre 51 et 75 % et 8 parcelles situées aux angles ont un coefficient d'emprise supérieur à 76 %. À l'exception de deux édicules, l'ensemble des parcelles est dépourvu de construction en cœur d'îlot.

3.4 Cité jardin de la Roue (Anderlecht)

Dans le quartier jardin « La Roue », l'îlot au sud de la Plaine des Loisirs semi-fermé et délimité par les avenues G. Melckmans de la Société National et la rue des Huit Heures, d'une surface de 6 500 m² avec un espace libre de 3 400 m² est occupé à 47 % par des constructions alignées sur rue ou sur jardin ouvert sur rue. Chaque parcelle, occupée par une maison individuelle, dispose d'un édicule d'une emprise d'une dizaine de mètres carrés environ. Sur les 54 parcelles de l'îlot, 24 ont un coefficient inférieur à 50 %, pour 28 un coefficient compris entre 51 et 75 % et 2 parcelles dont une située à l'angle de l'îlot un coefficient d'emprise supérieur à 76 %. Le lotissement, découpé régulièrement et occupé par des maisons ayant initialement la même emprise au sol a fait l'objet d'une densification. Les 30 parcelles avec un coefficient d'emprise supérieur à 51 %, soit 55 % de l'ensemble des parcelles, ont fait l'objet d'une extension des constructions. Ce diagnostic peut être appliqué sur l'îlot identique situé en vis-à-vis de la Plaine de Loisirs où les 2/3 des parcelles présentent des maisons avec des extensions à rez-de-chaussée. Ces extensions ont introduit des discontinuités volumétriques en façade arrière et réduit l'emprise des espaces libres sur de nombreuses parcelles.

3.5 Quartier de l'hôtel de Ville de Woluwe-Saint-Pierre

Dans le quartier de l'Hôtel de Ville de la commune de Woluwe-Saint-Pierre, l'îlot 4 A fermé et délimité par l'avenue du Val d'Or et les rues F. Gay, P. Lancsweert M. Lindekens, d'une surface de 6 260 m² avec un espace libre de 3 230 m² est occupé à 50 % par des constructions alignées sur rue. À l'exception de 4 édicules, l'ensemble des parcelles est dépourvu de construction en cœur d'îlot. Sur les 41 parcelles de l'îlot, 16 ont un coefficient inférieur à 50 %, pour 17 le coefficient est compris entre 51 et 75 % et 8 parcelles dont deux situées à l'angle de l'îlot ont un coefficient d'emprise supérieur à 76 %. L'augmentation du coefficient d'emprise résulte de la réduction de la dimension des parcelles sur une partie de la rue M. Lindekens qui accueille des petits immeubles à appartements plus épais que les maisons unifamiliales. À l'arrière des maisons sur la rue F. Gay, la discontinuité des alignements des façades sur cour indique que des extensions ont été progressivement réalisées.



**Commune d'Ixelles
quartier Berkendael
« îlot 1A »**

- Emprise au sol
- inférieur ou égal à 50 %
 - de 51 à 75 %
 - de 76 à 100 %
 - ligne de partage



© Distribution & Copyright CIRB

Réalisé avec Brussels UrbIS®



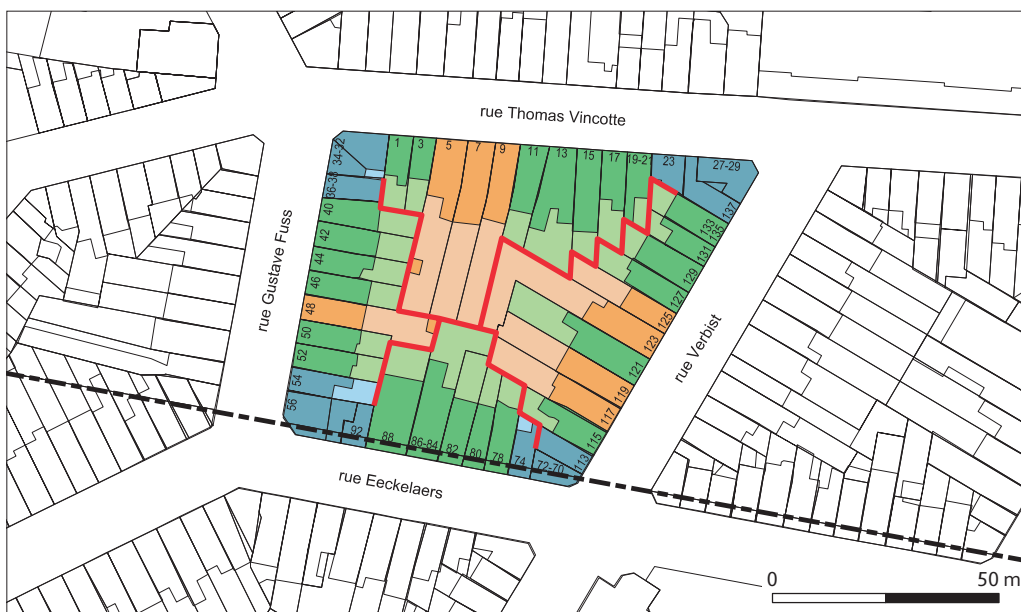
**Commune d'Ixelles
quartier Tenbosch
« îlot 2A »**

- Emprise au sol
- inférieur ou égal à 50 %
 - de 51 à 75 %
 - de 76 à 100 %
 - activité
 - ligne de partage



© Distribution & Copyright CIRB

Réalisé avec Brussels UrbIS®



**Commune Schaarbeek
et de Saint-Josse-Ten-Noode
« îlot 1B »**

- Emprise au sol
- inférieur ou égal à 50 %
 - de 51 à 75 %
 - de 76 à 100 %
 - ligne de partage
 - limite communale

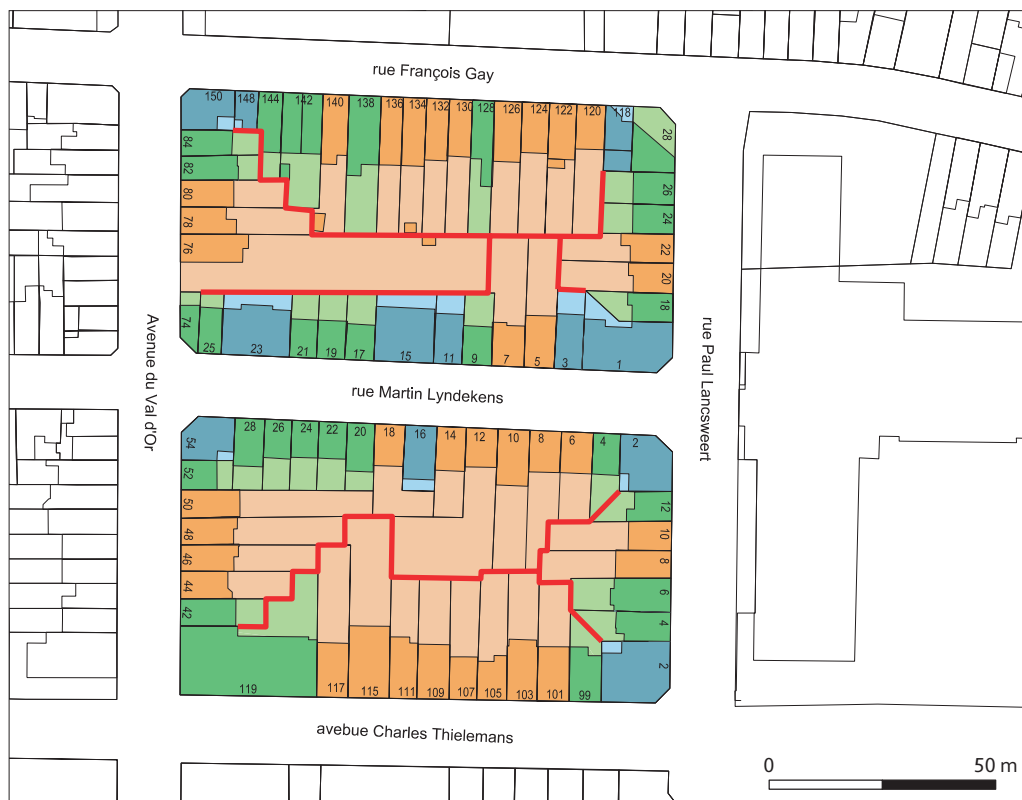


© Distribution & Copyright CIRB

Réalisé avec Brussels UrbIS®

Commune Woluwe-Saint-Pierre
quartier de l'Hôtel de Ville
« îlot 4A et 4B »

- Emprise au sol
- inférieur ou égal à 50 %
 - de 51 à 75 %
 - de 76 à 100 %
 - ligne de partage



Réalisé avec Brussels UrbIS®

© Distribution & Copyright CIRB

Commune d'Anderlecht
quartier Jardin
« La Roue »

- Emprise au sol
- inférieur ou égal à 50 %
 - de 51 à 75 %
 - de 76 à 100 %
 - ligne de partage



Réalisé avec Brussels UrbIS®

© Distribution & Copyright CIRB

Annexe 2

En complément de la partie de l'étude consacrée aux bâtiments, le lecteur trouvera dans cette annexe une monographie portant sur le modèle de la maison unifamiliale bourgeoise entre murs mitoyens, ainsi qu'une monographie portant sur la cité-jardin de la Roue.

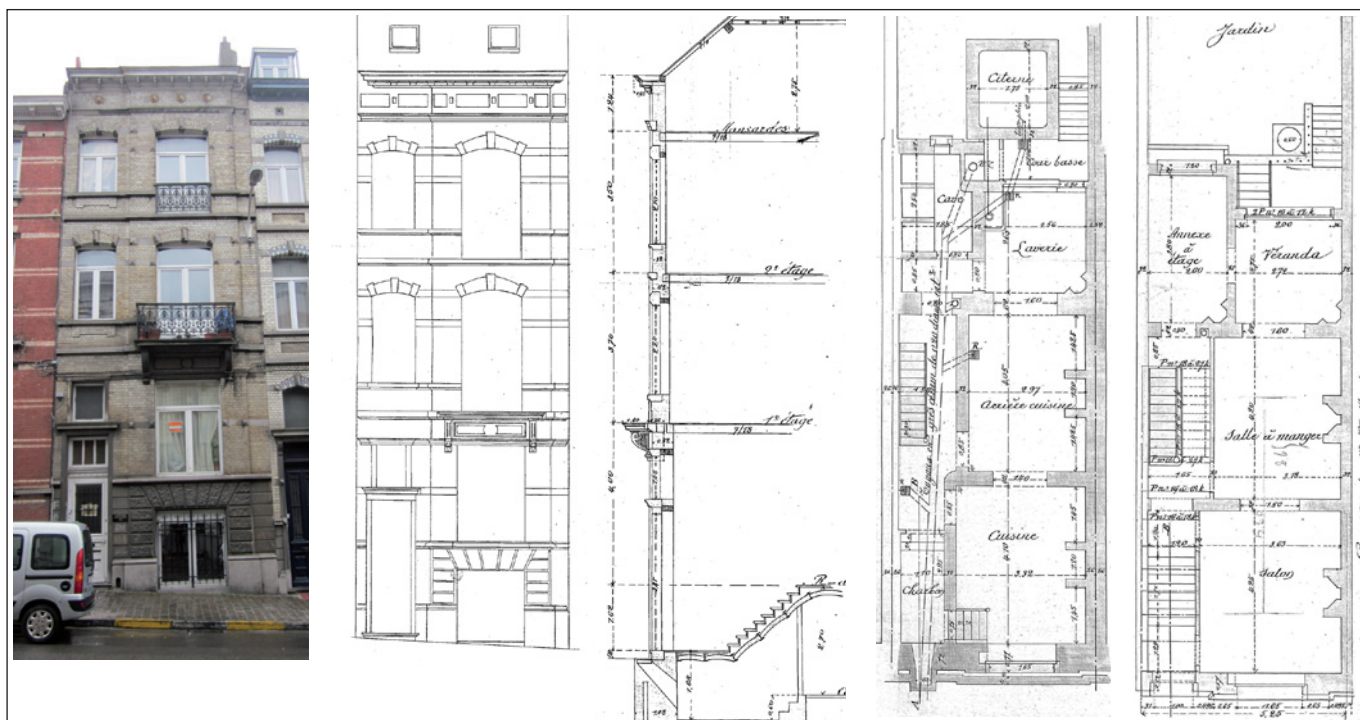
1/ Évolution de la maison unifamiliale bourgeoise, à partir de 1840

La maison unifamiliale bourgeoise entre murs mitoyens: « *il se trouve qu'elle représente à Bruxelles une époque significative du développement urbain, social et architectural qui a suffisamment échappé à la dernière vague des grands travaux pour refléter une continuité vécue, offrir un visage historique concret et non pas une image muséale de la ville* » (P. Philippot, Guide de Bruxelles XIX^e siècle et art nouveau). En 1961 on dénombrait dans l'agglomération bruxelloise plus de 140 000 maisons individuelles édifiées avant 1918 sur un total de 570 000 immeubles d'habitation (Van Hamme, Bruxelles, de bourg rural à cité mondiale 1968, p. 397).

1.1 Les principales caractéristiques architecturales

L'organisation spatiale de la maison entre mitoyens, d'une emprise de 5 à 7 mètres de large pour une profondeur de 10 à 15 mètres et une hauteur de 10 à 15 mètres, s'élève généralement sur 5 niveaux :

- le sous-sol avec des espaces de services (grande cuisine, laverie, buanderie, cave, chaufferie) accessibles depuis le jardin par une cour basse à demi enterrée et depuis le vestibule par une porte de service.
- le rez-de-chaussée (RdC), surélevé de 0,5 à 1,5 mètres environ, comprend la travée du vestibule et des circulations attenantes à l'enfilade des deux pièces principales: salon et salle à manger souvent prolongés par une véranda ouverte en terrasse sur la cour basse. Dans le prolongement de la cage d'escalier, un local annexe d'un niveau adossé en limite parcellaire borde la véranda. Aujourd'hui, cette pièce annexe à rez-de-jardin, éditée avec la maison ou ajoutée, accueille généralement la cuisine ainsi de plein pieds avec la salle à manger.
- le premier étage, souvent réservé aux maîtres de maison, comprend une grande pièce sur toute la façade sur rue, le salon ou la chambre et côté jardin une chambre à coucher avec terrasse. Associées à la chambre, au-dessus de l'annexe du rez-de-chaussée, des toilettes et éventuellement une salle de bain sont accessibles depuis le repos intermédiaire entre les deux volées qui mènent au premier étage.



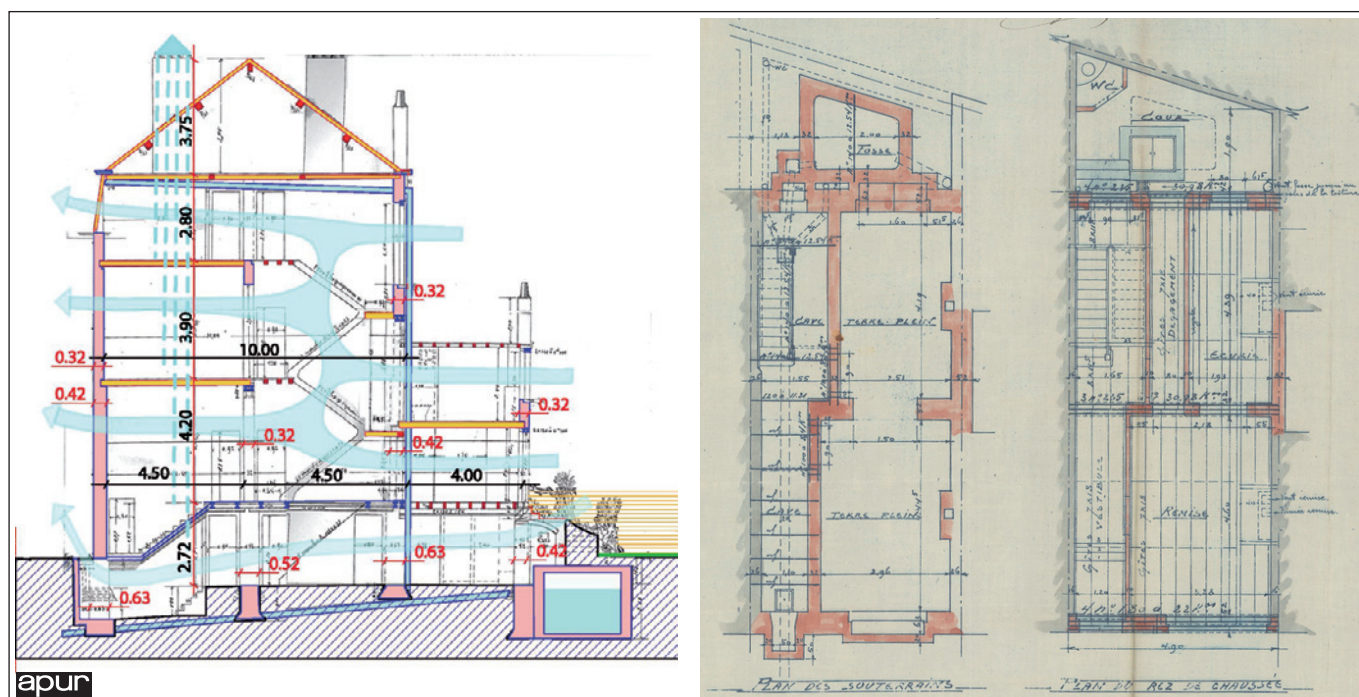
Rue Gustave Fuss : maison unifamiliale bourgeoise entre murs mitoyens

- le deuxième étage est occupé par deux chambres, l'une s'étend sur la façade sur rue et l'autre bordée par la cage d'escalier.
- le dernier étage sous le toit accueille deux chambres de bonnes devenues chambre d'ami ou d'enfant ou plus simplement un espace de service.

Suivant cette organisation, la maison est divisée en trois zones : la zone de réception au rez-de-chaussée, la zone d'habitation aux étages et les zones de services réparties dans le sous-sol, les annexes en façade arrière et dans les combles.

Dans un consensus culturel, social et économique, la maison unifamiliale attribue deux types de valeurs distinctes aux espaces : invariance de la configuration et des enchaînements des pièces principales et des circulations que l'on retrouve d'un bâtiment à l'autre et variation volumétrique des pièces de services, locaux annexes que l'on peut surélever, multiplier ou étendre en façade arrière sans dommage pour le paysage de la rue. Ces espaces en excroissance du corps du bâti sont construits avec des matériaux légers, des murs et des toitures de faibles épaisseurs. Ces éléments sont récurrents, liés à l'étroitesse des parcelles, aux matériaux de construction, au règlement urbains et au programme de l'habitation individuelle partagé par une grande partie de la société.

Les éléments constructifs, encadrés par les règlements des bâtisses se répètent d'une maison à l'autre. Le règlement communal de Bruxelles de 1846, modifié et adopté en 1883 par les autres communes, prescrit des mesures précises : les murs de fondations doivent avoir une épaisseur d'au moins 0,60 mètres, les façades une épaisseur de 0,28 à 0,46 mètres selon la hauteur, les murs de refend et murs pignons à minima 0,28 mètres d'épaisseur, les balcons, leurs consoles et leurs balustrades sont en pierre de taille ou en fer liés à la façade sur toute son épaisseur. La lecture des Permis de construire confirme ces épaisseurs : 0,63 m pour les murs des façades en sous-sol ; 0,42 m pour la façade sur rue jusqu'au premier étage et 0,32 m pour les niveaux supérieurs, pour la façade sur jardin et les murs mitoyens (0,16 m par parcelle) avec des volumétries différentes, les murs des façades sur rue et jardin se distinguent : par leur épaisseur, leur structure et leurs matériaux. La composition mixte et les variations des épaisseurs des murs rend complexe l'analyse de leurs performances thermiques, hygrométriques mais les résultats peuvent être extrapolés sur un ensemble de bâtiments ou d'un îlot dans le cadre d'un lotissement homogène. Le sol du rez-de-chaussée repose sur des poutres métalliques parallèles à la façade, en appui sur les murs mitoyens et le mur de refend de la cage d'escalier. Les planchers des étages où l'épaisseur des murs se réduit, sont portés par des poutres perpendiculaires à la rue en appui sur la façade et sur le mur entre les pièces principales. Les murs mitoyens ainsi dégagés, accueillent d'un côté la cage d'escalier et de l'autre les trémies des conduits des cheminées.

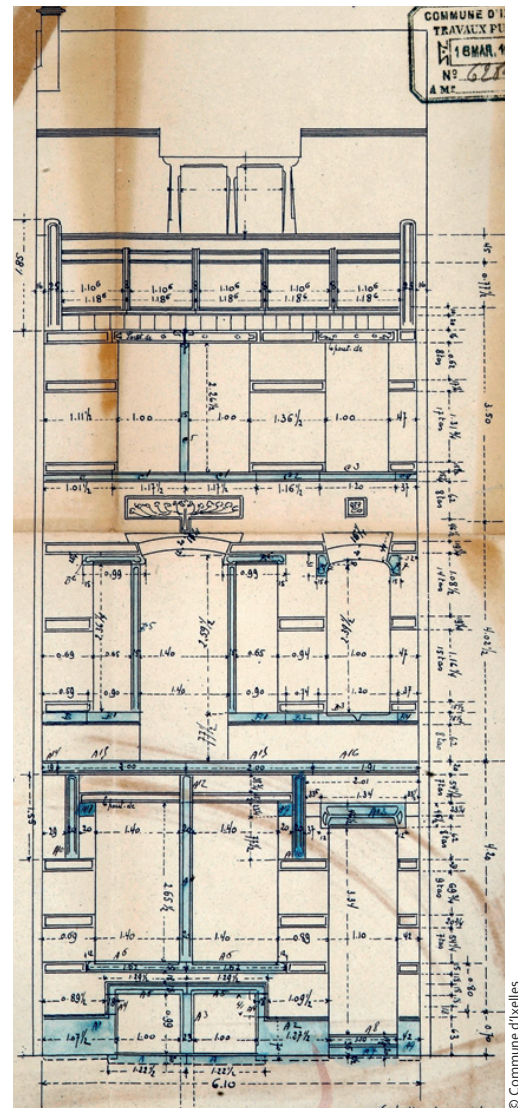


Maison unifamiliale bourgeoise entre murs mitoyens : principales dimensions et éléments structurels

Les hauteurs des pièces, pour des raisons d'usage et réglementaire, se reproduisent dans la plupart des maisons. Le règlement du 31 octobre 1846 prescrit une hauteur minimale de 2,60 mètres sous plafond, mesure adoptée par l'ensemble des communes dans le règlement de 1883 (la hauteur réglementaire allant de 2,60 à 3 mètres selon les communes). L'examen des permis de construire montre que ces dimensions sont respectées pour les espaces de services avec une hauteur minima de 2,60 pouvant atteindre 3 mètres. Pour les pièces principales, ces hauteurs sont généreuses : de 3 à 4 mètres pour les salons, séjours, chambre à coucher situés au RdC et au premier étage et de 2,6 à 2,8 mètres pour les chambres du deuxième étage et des combles.



Maison unifamiliale bourgeoise entre murs mitoyens : façade sur rue



© Commune d'Ixelles

La profondeur des pièces délimitées par des murs latéraux aveugles, ne peut excéder pour des raisons d'éclairage naturel une profondeur de 6 à 7 mètres selon la largeur et l'orientation. La maison entre mitoyen présente deux et non trois pièces en enfilades « *L'habitation bourgeoise comprend deux pièces au rez-de-chaussée : le salon devant, derrière la salle à manger avec la serre* » Ernest Allard dans *l'Architecture Contemporaine dans les Habitations* in *l'Emulation*, Bruxelles, 1874. La troisième pièce principale, à l'arrière, résulte souvent d'une transformation de la serre ou de la véranda. Cette transformation réduit l'éclairage de la salle à manger au centre de la maison et donne un effet de tunnel à l'enfilade des pièces du rez-de-chaussée. La somme des profondeurs des pièces en enfilade bordées par l'annexe détermine l'épaisseur de la maison de 10 à 15 m qui définit elle-même la profondeur minimale de la parcelle et du jardin. À l'inverse, l'augmentation de la profondeur de la parcelle étroite a peu d'incidence sur l'extension de l'habitation, limitée par la profondeur des pièces.

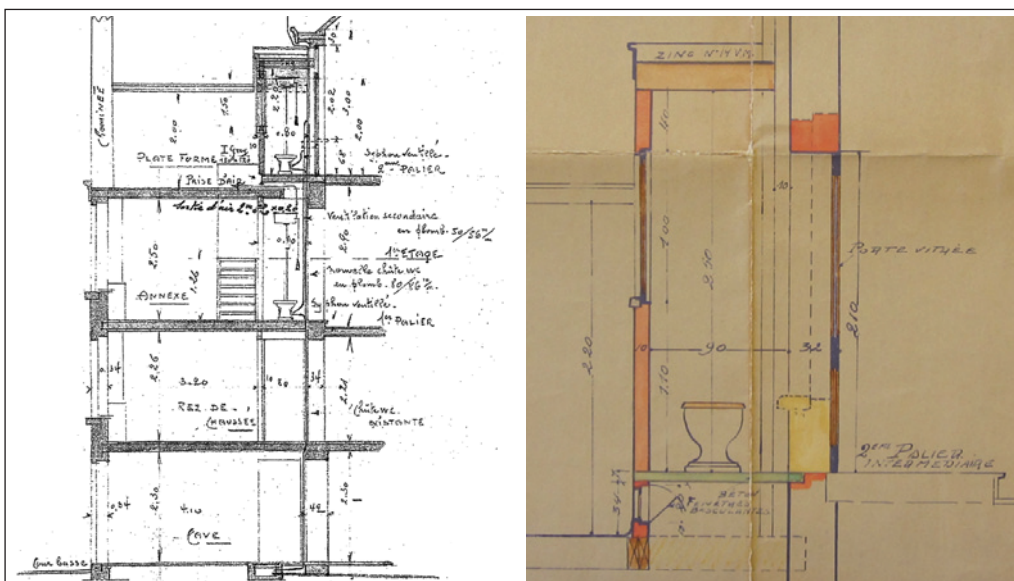
Le réseau des eaux et la citerne. Jusqu'au début du XX^e siècle, les maisons ont une citerne pour recueillir les eaux de pluies avant de les évacuer dans le réseau municipal (le réseau d'adduction d'eau est achevé en 1856 et le réseau d'assainissement achevé en 1871 avec le voutement de la Senne et les deux collecteurs sous les boulevards du centre.) Située sous ou à proximité de la cour basse sur jardin, la citerne maçonnée et enterrée a une capacité de 5 à 8 mètres cubes.



Maison unifamiliale bourgeoise : citerne à ciel ouvert dans le jardin

Les toilettes, à partir de la seconde moitié du XIX^e siècle, quittent le jardin ou la cour pour s'intégrer dans la maison. Les lieux d'aisances, rendus obligatoires à Bruxelles par le règlement des bâtisses de 1846 doivent être raccordés au réseau municipal. Avec la réalisation du réseau d'eau courante et la technique du Water-closet, cuvette à siphon couplée avec une chasse d'eau, les toilettes se généralisent. Repris par la majorité des communes, le règlement des bâtisses de 1883, impose le W-C avec branchement aux égouts. L'analyse des permis de construire montre :

- l'attachement porté par les différentes administrations communales aux installations sanitaires (conduites, ventilation, branchement au réseau municipal...); la seule installation des W-C justifie une demande de permis de construire renseignée par des plans et des coupes de la maison qui constituent une partie importante des archives communales de cette époque.
- l'implantation la plus courante des toilettes est en façade arrière dans le local annexe accessible par le palier intermédiaire entre le rez-de-chaussée et le premier étage. Une deuxième toilette peut s'implanter dans la cour basse quand elle existe ou à rez-de-chaussée dans le prolongement de la travée des escaliers. Les toilettes peuvent être éventuellement agrémentées par une pièce d'eau. Les toilettes sont localisées ainsi pour les raisons suivantes : sans contact avec les pièces principales conformément au règlement des bâtisses, accessibles à tous elles ne sont commandées par aucune pièce, isolées par leur situation « extérieur » et à proximité de la descente des eaux pluviales.



Maison unifamiliale bourgeoise : implantation de toilettes en façade arrière (extraits de permis de construire)

1.2 Les éléments architecturaux permettent l'évolution et l'adaptation des espaces

- **autonomie entre la façade principale et la façade sur jardin** : l'organisation des espaces intérieurs en 2 travées inégales : 1/3 pour les circulations (vestibule, escalier-corridor et annexes) et 2/3 pour les pièces de vie en enfilade (salon, salle à manger et véranda) a peu évolué entre 1840 et 1915 mais a accueilli différents types de façades : néoclassique, éclectique, Art-Nouveaux. La composition de la façade sur rue qui passe de 3 à 2 travées de fenêtres est sans incidence sur l'organisation du plan, au contraire elle l'affirme. À l'arrière, c'est le plan avec les extensions, annexes, véranda, terrasse et les contraintes des réseaux d'eau pluviale, usées et vannes qui déterminent la façade sur jardin : volumétrie, niveaux des planchers, conduites... La dualité entre la façade sur rue, codifiée, ornementée et la façade sur jardin, fonctionnelle et dénuée de décoration est une caractéristique de la maison entre mitoyen qui laisse ouverte une réflexion à mener sur les intérieurs d'îlot.
- **capacité d'une occupation mixte, logement-activité** : l'accueil d'une activité libérale ou commerciale à rez-de-chaussée, entraîne sans difficulté, le transfert de l'enfilade salon-salle à manger au premier étage qui devient le niveau de représentation. Un programme tertiaire ou administratif peut investir la totalité des espaces d'une maison accompagné d'aménagements mineurs.
- **doublément des circulations** : la séparation, entre les espaces de circulation et des dégagements de l'escalier avec l'enfilade des pièces de vies, offre deux distributions indépendantes autorisant de nombreuses adaptations spatiales en fonction de l'occupation de la maison : unifamiliale, l'enfilade des pièces est condamnée pour rendre les chambres accessibles uniquement par les paliers ; en occupation par appartements, sur un ou plusieurs niveaux, la cage d'escalier devient semi-collective et chaque appartement possède ses circulations internes indépendantes.



Maison unifamiliale bourgeoise : autonomie entre la façade sur rue et la façade sur jardin



Doublément des circulations : pièces de vie en enfilade et escalier-corridor

2/ Cité-jardin de la Roue (Anderlecht)

Dans la commune d'Anderlecht, à proximité du canal de Charleroi, la Cité de la Roue étendue sur 18 hectares environ, est délimitée au sud par les rues Hoorickx et des Grives, à l'ouest par la chaussée de Mons, au nord par l'avenue Waxweiler et la rue des Loups et à l'est par la rue des Colombophiles. À la différence des cités du Logis et du Floréal, classé depuis le 15 février 2001, la cité de la roue ne bénéficie pas de protection spécifique.

2.1 Historique : une cité-jardin réalisée rapidement avec des méthodes de construction innovantes

Dès 1907, année de la fondation de la Société Coopérative du Foyers Anderlechtois, une trentaine de maisons ouvrières sont édifiées le long des rues des Citoyens et des Colombophiles selon les plans de l'architecte Boekmeyer. Entre 1920 et 1928, dans le cadre d'une vaste cité-jardin dédiée au logement social, près de 600 maisons agrémentées d'un petit jardin sont construites suivant les plans d'E. Jonghers, et de Voets, architectes.

En 1921, la S.N.H.L.B.M. ⁽¹⁹⁾ décide de construire, sur des terrains cédés par le Foyer Anderlechtois, des maisons ouvrières « expérimentales » dans le but de tester divers matériaux de construction et des méthodes de préfabrication pour réduire les coûts et les temps de production de l'habitat social. Sous la coordination de J.J. Eggericx, architecte, un ensemble d'une soixantaine de maisons sont édifiées par groupe de 2,3 ou 4 suivant différents modes de constructions expérimentés par les architectes : Brunfaut F., De Koninck L.H., Pompe A., etc. Malgré cette expérimentation constructive, unique dans l'architecture de la Belgique, la brique restera le matériau standard des logements sociaux des années 1920. La même année, les cent premières maisons sont livrées autour de la place principale de la cité, la Plaine des loisirs. Depuis 2002, le Foyers Anderlechtois, propriétaire de 40 % du parc de logement de la cité La Roue, a engagé une campagne de rénovation et de restructuration visant à améliorer le confort et les performances énergétiques des maisons. Parallèlement, des programmes de sensibilisation des propriétaires privés ont été mis en œuvre.

19 – Société Nationale des Habitations et Logements à Bon Marché.

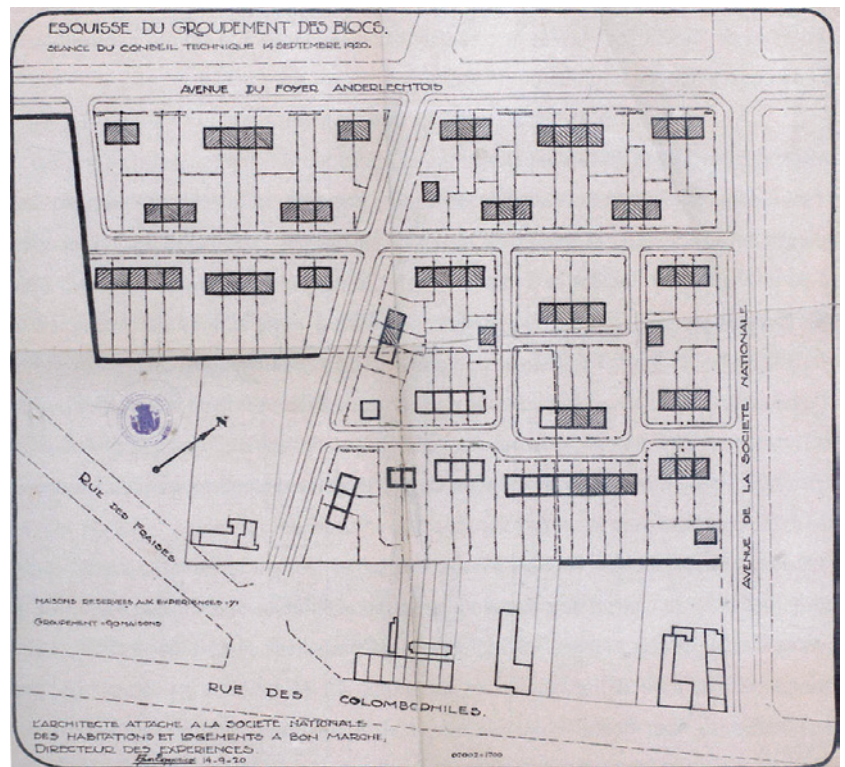


© Foyer Anderlechtois



© Foyer Anderlechtois

La Cité-jardin La Roue - Photos d'époque
Le Foyer Anderlechtois, pour la construction et la location d'habitations et de logements à bon marché à Anderlecht - brochure éditée en 1923



© Archives d'Architecture Moderne - Fonds J.J. Eggericx - Architecte

Cité-jardin La Roue - Anderlecht - 1920 - Plan d'implantation du chantier expérimental Culot M. (ouvrage collectif sous la direction de) – J.-J. EGGERICX gentleman architecte, créateur de cités-jardins ; catalogue d'exposition, AAM éditions CFC édition (2012) - page 101

2.2 Les principales caractéristiques architecturales

La maison unifamiliale répond à des critères urbains et architecturaux.

Critères urbains : dans la cité de la Roue, la maison est systématiquement associée au minimum à deux autres maisons voire d'avantage pour constituer des groupes, des « Blocs », ce qui entraîne deux configurations pour la maison : soit mitoyenne avec deux façades exposées, soit d'angle ou d'about avec trois façades exposées entourées d'un jardin. L'identité architecturale de chaque groupe, adossement de 3, 4 maisons aux façades quasi-identiques (volumétrie, baies, matériaux...) est donnée par une toiture « unitaire » couvrant l'ensemble. Chaque bloc, apparaît comme une grande maison unique, un « corps de Ferme », avec autant de portes d'accès que de maisons unifamiliales. L'unité du bloc est garantie par une composition symétrique des volumes du toit (orientation, configuration des versants), et soulignée dans le traitement homogène des façades recouvertes d'enduit à l'étage et laissées en brique apparente à rez-de-chaussée.

Critères architecturaux : le programme est défini en fonction du nombre de personnes de la famille « type » hébergée. Le programme est soumis à des contraintes financières entraînant une économie de moyens et la mise en application de techniques constructives et des choix des matériaux.

L'organisation spatiale de la maison type entre mitoyens d'une emprise de 37 m² environ (4,5 mètres de large pour une profondeur de 8,30 mètres) et une hauteur de façade sur rue de 6 mètres environ, s'élève sur 2 niveaux surmontés d'un niveau sous comble. Conçue pour une famille avec deux enfants, la maison comprend :

- au rez-de-chaussée : un petit sas d'entrée, une salle commune et une cuisine totalisant une surface utile totale de 26 m², un réduit à charbon et à provision sous l'escalier remplacé par les toilettes initialement à l'extérieur et un jardinet à front de rue d'un are environ et d'un jardin à l'arrière.
- à l'étage au-dessus du séjour une chambre à coucher (13,5 m²), une autre chambre au-dessus de la cuisine (11,5 m²) et une troisième au-dessus de la seconde (11 m²) côté jardin ; sous les combles un grenier de 12,5 m². Chaque pièce principale est équipée d'une cheminée. L'ensemble est distribué par un escalier tournant à volées droites en bois. Les maisons sont raccordées aux canalisations du gaz, des eaux et à l'égout public.

Les hauteurs des pièces, de plancher à plafond, pour des raisons économiques, sont réduites et décalées entre elles : au rez-de-chaussée 2,80 m pour le séjour et 2,10 m pour la cuisine, à l'étage de 2,50 m à 2,70 m pour les 3 chambres.

Les éléments constructifs, les murs des façades sur rue et sur jardin, d'une épaisseur de 0,35 m sont en brique soit apparente soit enduite en partie ou en totalité et à l'intérieur agrémentées d'un parement de plâtre. Les éléments structurels, linteaux, appui de de fenêtre, seuil, sont en béton armé ou en brique posée sur champ. Le mur de séparation entre les deux pièces à rez-de-chaussée de 0,35 m d'épaisseur est en brique, les planchers d'une épaisseur de 0,24 m (hourdis recouverts d'une chape de ciment) sont portés par des poutrelles métalliques perpendiculaires à la rue et en appui sur les façades et le refend intermédiaire de la cage d'escalier. Le toit, couvert de tuiles mécaniques portées par des chevrons, est ponctué par la lucarne de la troisième chambre et les bandes de zinc des solins correspondant murs mitoyens de chaque maison.



Groupes de 4 maisons - Cité de La Roue - Anderlecht

2.3 Les principales modifications apportées aux espaces libres privés et à la maison.

Réalisés sur une maison au sein d'un ensemble architectural homogène, les travaux ont souvent altéré la cohérence de l'ensemble. Selon la nature du propriétaire : bailleur social ou privé, les travaux réalisés sont de qualités inégales et échelonné dans le temps au sein d'un même groupe. Actuellement, l'ensemble des actions menées sur la cité à l'initiative privée ou celle du foyer Anderlechtois se fait dans le cadre du règlement urbain municipal de la zone, en l'absence d'un document Directeur d'Orientations de Mise en Valeur de la Cité.

La réduction de la trame végétale : le jardinet à front de rue a été supprimé pour accueillir une place de stationnement entraînant l'imperméabilisation des sols et la disparition de la végétation : clôture de charmille, pelouse et arbres. L'interruption de la continuité végétale avec la disparition du jardin sur rue compromet l'homogénéité du « bloc » et des structures de paysage de la rue. Pour les maisons d'angle ou d'about disposant d'un jardin en retour des façade, des édicules destinés au stationnement privés ont réduit l'emprise des espaces verts privés et occulté les transparences vers le cœur d'îlot. À l'échelle métropolitaine, les trames végétales des cités jardins situées à proximité de vastes espaces naturels ou d'emprise ferroviaire, constituent des continuités écologiques.

La cohérence des blocs et l'aspect des façades : l'aspect initial des façades, en brique apparente à rez-de-chaussée et enduites à l'étage a été modifié ; soit l'ensemble de la façade est recouvert par un enduit de teinte claire, soit la brique apparente est peinte dans la même teinte que l'enduit, soit la façade est entièrement recouverte de panneaux de briquettes (54 avenue Melckmans). Assurée par la volumétrie de la toiture continue, la cohérence architecturale d'un bloc de maisons mitoyennes peut être pénalisée par les traitements contrastés des façades.

Extension d'une annexe en façade arrière : la faible emprise des deux pièces à rez-de-chaussée a entraîné une extension vers le jardin par la construction d'un local annexe de plain-pied adossé sur toute la largeur de la façade arrière pour une profondeur de 2 à 5 m selon les maisons. Ce local d'un niveau généralement occupé par une cuisine et une toilette, ont parfois réduit sensiblement la superficie des jardins. Accessibles par des venelles, les cœurs d'îlot présentent des paysages hétérogènes ou les jardins privés sont devenus généralement des espaces de service.

La disparition des éléments architecturaux secondaires : les volets en panneaux de bois remplacés par des volets roulant à caisson, les châssis à petits bois remplacés par des fenêtres en PVC, gouttière en zinc remplacée par des corniches en PVC, les auvents des portes d'entrée non remplacé, suppression des conduits de cheminée, disparition des clôtures végétales, des portillons.



Façades hétérogènes au sein d'un même « bloc »

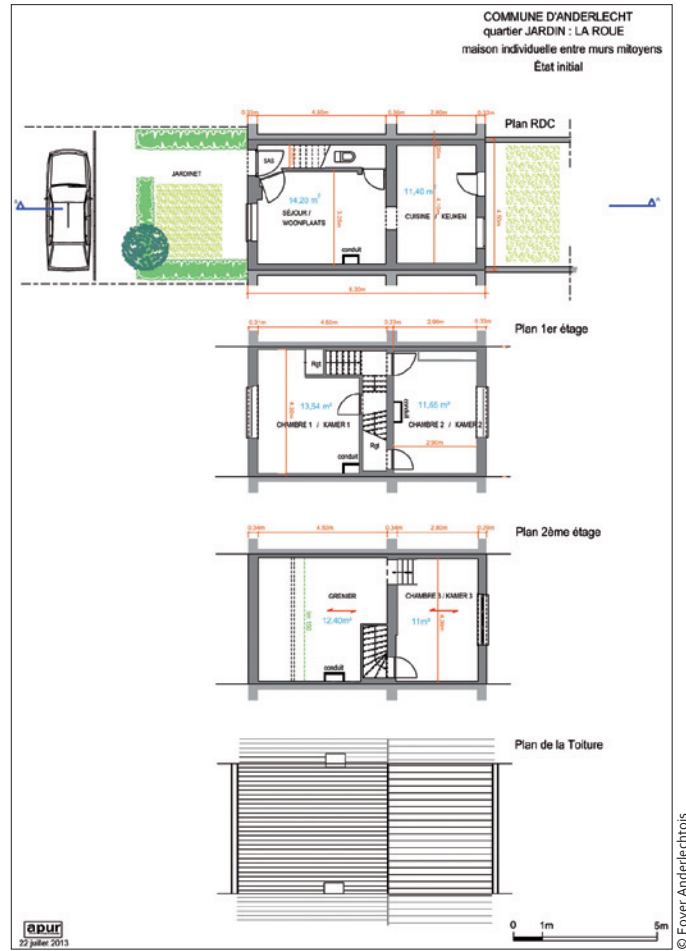


Extensions en façades arrières sur les jardins





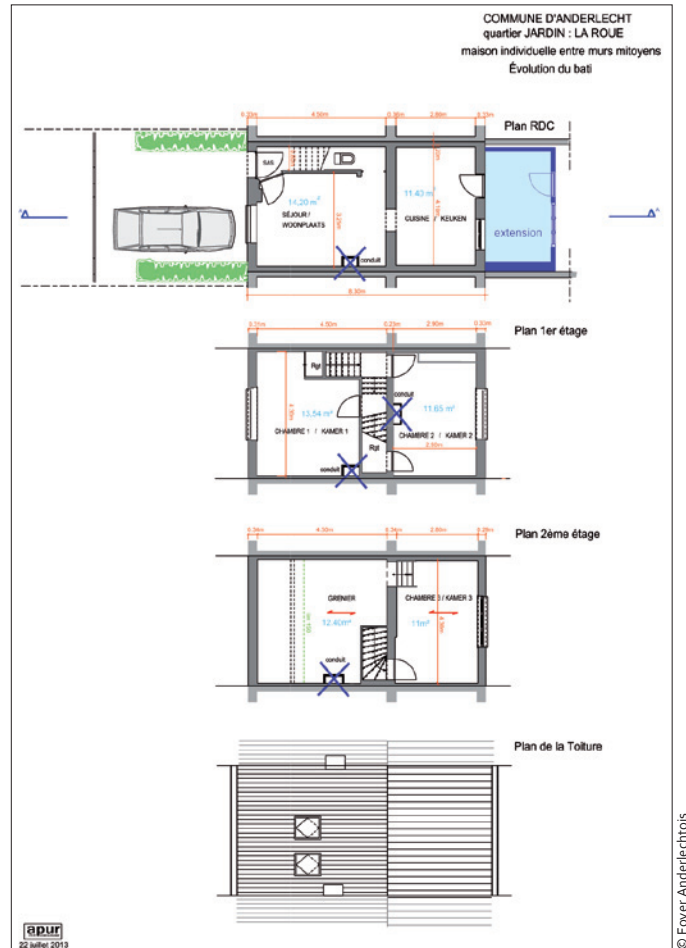
© Foyer Anderlechttois



© Foyer Anderlechttois



© Foyer Anderlechttois



© Foyer Anderlechttois

Annexe 3

Analyse des 11 audits PAE réalisés par le Centre Urbain

Réf.	Commune	surf_brute_ façade_ avant (m²)	surf_brute_ façade_ arrière (m²)	compacité	surf_vitrée_ avant (m²)	rue_ratio_ plein_ vide	U_murs_ façade_ avant (W/ m².K)	U_murs_ façade_ arrière (W/ m².K)	conso. calculées (kWh/an)	conso. réelles (kWh/an)	écart
(A) 1841	Bruxelles	51,84	62,01	20 %	16,91	33 %	1,80	1,80	39 217	22 089	78 %
(B) 1876	Saint-Gilles	64,98	71,96	11 %	21,82	34 %	1,77	1,78	40 146	16 513	143 %
(C) 1876	Saint-Gilles	73,80	73,80	0 %	22,56	31 %	1,61	1,78	33 317	24 502	36 %
(D) 1898	Bruxelles	69,00	86,79	26 %	28,99	42 %	1,76	1,56	48 167	18 726	157 %
(E) 1899	Ixelles	92,66	107,09	16 %	37,91	41 %	1,64	1,97	76 634	52 425	46 %
(F) 1902	Ixelles	61,32	83,00	35 %	32,58	53 %	1,46	1,51	61 576	32 481	90%
(G) 1923	Anderlecht	29,26	40,62	39 %	7,68	26 %	1,80	1,79	14 150	N.C.	N.C.
(H) 1927	Woluwe-Saint-Lambert	46,38	57,03	23 %	11,40	25 %	1,90	1,88	20 509	17 296	19 %
(I) 1950	Woluwe-Saint-Pierre	41,70	51,49	23 %	11,09	27 %	1,82	0,35	21 262	10 476	103 %
(J) 1950	Woluwe-Saint-Pierre	38,16	38,70	1 %	10,70	28 %	1,75	2,06	27 819	16 556	68 %
(K) 1954	Woluwe-Saint-Pierre	38,78	N.C.	N.C.	15,03	39 %	2,16	2,16	35 425	25 167	41 %

Néo-classique (30 % de vides)				
	U (W/m².K)	surface (m²)	déperditions(W/K)	part des déperditions de la façade
Baies	4,65	13,5	62,775	46 %
Porte d'entrée	3,06	3,5	10,71	8 %
Murs	1,80	35,0	63,00	46 %

Art Nouveau (50 % de vides)				
	U (W/m².K)	surface (m²)	déperditions(W/K)	part des déperditions de la façade
Baies	4,65	22	102,30	63 %
Porte d'entrée	3,06	4	12,24	8 %
Murs	1,80	26	46,80	29 %

(A) 1841 / Quartier du Beguinage (Bruxelles) / Simulation d'isolation

épaisseur d'isolant (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
U_pari (W/m².K)	1,80	1,24	0,95	0,77	0,64	0,55	0,49	0,43	0,39	0,36	0,33	0,30

coût unitaire (€/m²)	
isolation (U=0,49)	double vitrage (U=1,63)
135	200

prix du gaz (€/kWh)	0,065
taux d'inérêt	3 %
inflation	2 %

prix du gaz (€/kWh)	0,13
taux d'inérêt	3 %
inflation	2 %

	surface (m²)	investissement (€)	durée de vie de l'investissement (année)	temps de retour (année)	temps de retour actualisé (année)	temps de retour (année)	temps de retour actualisé (année)
façade avant	34,93	92,66	30	39	46	20	23
façade arrière	29,43	92,66	30	39	46	20	23
annexe	19,75	61,32	30	19	22	9	11
fenêtre SV	7,09	29,26	20	35	38	14	15

Bibliographie

- Bruxelles Environnement – *Bilan énergétique de la Région Bruxelles-Capitale en 2010*.
- Bruxelles Environnement – *Procédure d'Avis Énergétique (PAE). Manuel d'utilisation*.
- Centre d'Étude, de Recherche et d'Action en Architecture – *Morphologie urbaine à Bruxelles (1987)*.
- Crunelle M. – *Vocabulaire des façades Bruxelloises*; Atelier Crunch Bruxelles (1998).
- Direction des Monuments et des Sites de la Région Bruxelles-Capitale – *Le châssis de fenêtre en bois* collection l'art dans la rue, carnets d'entretien (réédition 2008).
- Culot M. (ouvrage collectif sous la direction de) – J.-J. EGGERIX *gentleman architecte, créateur de cités-jardins*; catalogue d'exposition, AAM éditions CFC édition (2012).
- Eggerix L. et Hanosset Y. – *Les cités-jardins 1920-1940 Le Logis et le Floréal*; Direction des Monuments et des Sites de la Région Bruxelles-Capitale (2003).
- Hennaut E. et Liesens L. (ouvrage collectif sous la direction de) – *Cités-jardins 1920-1940*; catalogue d'exposition, AAM éditions (1994).
- Hennaut E. et Demanet M. – *Le Bois et le Métal dans les façades des maisons à Bruxelles 1850-1940*; Fondation du Roi Baudoin; collection l'art dans la rue; AAM (1997).
- Heymans V. – *Les dimensions de l'ordinaire: la maison particulière entre mitoyens à Bruxelles. Fin XIX^e – début XX^e siècle (1998)*.
- Loo Anne. *L'haussmannisation de Bruxelles: la construction des boulevards du centre, 1865-1880*. In: *Revue de l'Art*, 1994, n° 106 p. 39-49.
- Région de Bruxelles-Capitale – *Espaces partagés, espaces disputés. Bruxelles: une capitale et ses habitants (2008)*.
- Région de Bruxelles-Capitale – *Un siècle d'Architecture et d'Urbanisme 1900-2000*; P. Mardaga Éditeur (2000).
- Région de Bruxelles-Capitale – *Vous habitez une cité-jardin* Brochure éditée par le comité La Roue et le BRAL.
- Région Wallonie – *Isolation thermique des murs pleins (1998)*.
- Région Wallonie – *Isolation Thermique des murs creux (1998)*.
- Région Wallonie – *Isolation Thermique par l'intérieur des murs existants en briques pleines (2011)*.
- Smets M. – *L'avènement de la cité-jardin en Belgique: histoire de l'habitat social en Belgique de 1830 à 1930*. P. Mardaga éditeur.
- STIB – *Comparaison des émissions de CO₂ par mode de transport en Région Bruxelles-Capitale (2008)*.
- Suburban Areas Favoring Energy Efficiency – *Fiche thématique SAFE. QUA02 (2012)*.

