

Rapport de recherche

2015

Open Access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

Analyse typologique et énergétique des bâtiments de la Cité nouvelle d'Onex : dans le cadre de l'accompagnement méthodologique pour la mise en place d'un programme de rénovation thermique de la Cité d'Onex.

Projet pilote ONEX RENOVE

Khoury, Jad; Lachal, Bernard Marie; Hollmuller, Pierre

How to cite

KHOURY, Jad, LACHAL, Bernard Marie, HOLLMULLER, Pierre. Analyse typologique et énergétique des bâtiments de la Cité nouvelle d'Onex : dans le cadre de l'accompagnement méthodologique pour la mise en place d'un programme de rénovation thermique de la Cité d'Onex. Projet pilote ONEX RENOVE. 2015

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:78639>



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

INSTITUT DES SCIENCES
DE L'ENVIRONNEMENT
INSTITUT FOREL

Analyse typologique et énergétique des bâtiments de la Cité nouvelle d'Onex

dans le cadre de l'accompagnement méthodologique pour la mise en place
d'un programme de rénovation thermique de la Cité d'Onex

Projet pilote ONEX RENOVE

Jad Khoury

Bernard Lachal

Pierre Hollmuller

Mandat réalisé pour
le compte de la Ville d'Onex



GENÈVE

2015

- | | |
|---------------------|---|
| • Mandataire : | Ville d'Onex, chemin Charles-Borgeaud 27, 1213 Onex, représentée par : <ul style="list-style-type: none"> - Madame Ruth Banziger, Conseillère administrative - Monsieur Pierre Olivier, Chef du Service des relations communales, de la communication et du développement durable |
| • Soumissionnaire : | Université de Genève, rue du Général-Dufour 24, 1211 Genève 4, représentée par : <ul style="list-style-type: none"> - le Groupe Energie (groupe systèmes énergétiques), Uni Carl Vogt, Bd Carl Vogt 66, 1205 Genève, représenté par le professeur Bernard Lachal |
| • Responsable : | Dr. Jad Khoury, collaborateur scientifique au Groupe Energie
Contact : jad.khoury@unige.ch , Tel : +41 22 379 0018. |

Résumé

Construite dans les années 60-70, la Cité nouvelle d’Onex représente environ 600'000 m² d’immeubles résidentiels, avec une consommation thermique d’environ 80 GWh/an. Conscient de l’enjeu majeur que représente l’amélioration énergétique de ces bâtiments, la Ville d’Onex et l’Etat de Genève ont décidé de lancer récemment un projet pilote, intitulé « Onex Renove », pour faciliter aux propriétaires et régisseurs des immeubles de la Cité de s’engager dans un programme coordonné de rénovation énergétique de grande envergure. Une démarche en cinq étapes a été élaborée en collaboration avec des partenaires privés et publics et propose aux maîtres d’ouvrage engagés dans ce processus de bénéficier d’un accompagnement et d’une démarche administrative facilitée pour rénover.

Dans ce contexte, cette étude consiste à fournir un accompagnement méthodologique, comprenant une étude typologique des bâtiments de la Cité d’Onex et un état des lieux de la consommation énergétique de ce parc. Les résultats peuvent aider à mieux analyser des stratégies optimisées de rénovation énergétique par famille de bâtiments. Nous terminons enfin par une discussion sur l’effet d’une rénovation énergétique massive des bâtiments onésiens sur le mix chaleur délivrée après la connexion des deux principaux réseaux de chauffage à distance CADIOM et CADSIG à Genève.

Abstract

Built in the 60's -70's, the new City Onex is about 600'000 m² of residential buildings with an annual heat consumption of 80 GWh. Aware of the urgent need to increase the energy efficiency in these buildings, the City of Onex and the State of Geneva have recently decided to launch a pilot project, entitled « Onex Renove », that aims to facilitate the participation of building owners and managers in a large-scale energy renovation program. A five-step approach was developed in collaboration with private and public partners, providing building owners involved in this process project support as well as facilitated administrative procedure for renovation.

In this context, the main purpose of this study is to provide methodological support for this project, including a building typology study and an overview of the energy consumption of the Onex building stock. The results can be used to better analyze optimized building retrofit strategies per family. The study concludes with a discussion regarding the impact of massive energy renovation of the Onex buildings on the mix heat delivered after the connection of the two main district heating networks CADIOM and CADSIG in Geneva.

Table des matières

Résumé	3
Table des matières	5
1. Contexte et objectifs de l'étude	7
1.1 Contexte général de l'étude.....	7
1.2 Cadre du mandat	7
1.3 Groupe d'accompagnement	8
2. Périmètre de l'étude : La Cité nouvelle d'Onex.....	9
2.1 Situation et limite géographique	9
2.2 Sous-secteurs géographiques (Z1 à Z6)	10
2.3 Focus sur le parc de logements collectifs.....	11
3. Caractéristiques physiques.....	12
3.1 Epoque de construction.....	12
3.2 Surface énergétique.....	13
3.3 Type de bâtiment.....	14
3.4 Orientation géographique.....	14
3.5 Protection du patrimoine.....	15
4. Analyse typologique	16
4.1 Méthodologie	16
4.2 Les différents types de façade	18
4.3 Les différents types de toiture	22
4.4 Les principales typologies de bâtiments	22
4.5 Carte des principaux résultats de l'analyse typologique	27
4.6 Choix et caractéristiques des bâtiments types.....	28
4.7 Contenu de la base de données élaborée	44
5. Analyse énergétique	46
5.1 Energie finale (IDC) pour le chauffage et l'ECS par typologie.....	46
5.2 Energie utile (Q_h) pour le chauffage par typologie et potentiels d'économie.....	49
5.3 Effet des rénovations énergétiques des bâtiments de la Cité-Nouvelle d'Onex sur le mix chaleur délivrée après la liaison des réseaux CADION et CADSIG.....	51
6. Conclusions et perspectives	55
Bibliographie	57
Annexes	59

1. Contexte et objectifs de l'étude

1.1 Contexte général de l'étude

L'atteinte des objectifs fixés par la stratégie énergétique suisse 2050 (OFEN, 2012) nécessite en priorité d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments existants et de valoriser efficacement les ressources renouvelables et les rejets thermiques sur le territoire. Actuellement, le secteur du bâtiment représente à la fois le plus grand consommateur d'énergie en Suisse (46% de l'énergie consommée) et un des plus gros émetteurs de CO₂.

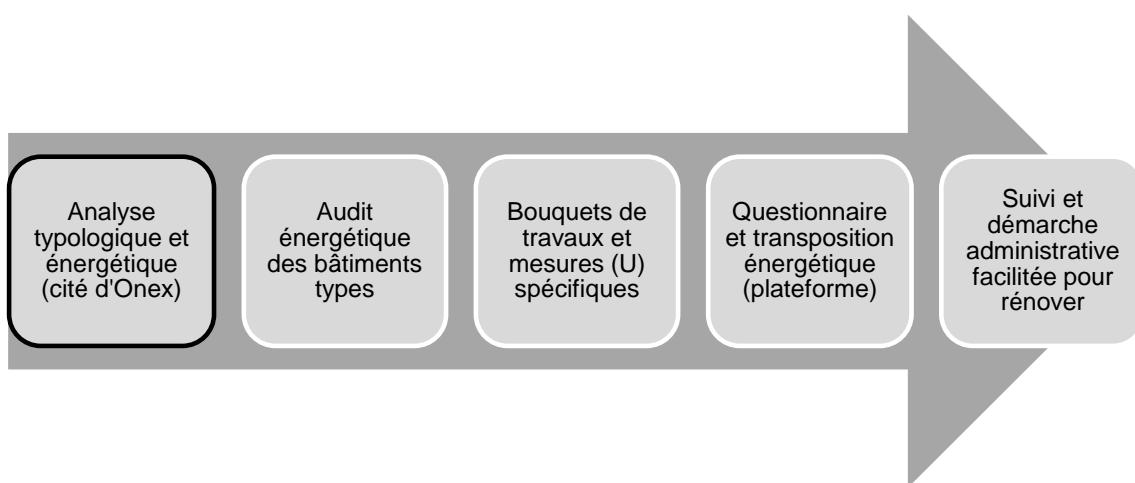
Située dans le canton de Genève, la Ville d'Onex collabore régulièrement avec le département de l'aménagement, du logement et de l'énergie (DALE) et plus particulièrement avec l'Office cantonal de l'énergie (OCEN) dans le domaine énergie et bâtiment. Cette collaboration a permis l'élaboration en 2013 d'un concept énergétique territorial (CET) pour l'ensemble de la commune, qui a été intégré à son plan directeur.

Plus récemment, la Ville d'Onex et l'Etat ont décidé de lancer un projet pilote en vue d'une rénovation énergétique de grande envergure de la Cité Nouvelle d'Onex. L'assainissement de cette cité, construite dans les années 60-70, constitue un enjeu prioritaire de la politique énergétique communale et cantonale. Ce projet intitulé ONEX RENOVE est financé par le canton de Genève. Il propose une démarche qui devrait aboutir à un programme coordonné de rénovation de la Cité, où les propriétaires et les régisseurs des immeubles engagés dans ce processus bénéficieront d'un accompagnement et d'une démarche administrative facilitée.

1.2 Cadre du mandat

Dans ce contexte, la démarche proposée par le groupe d'accompagnement du projet se décline en 5 étapes représentées à la Figure 1. Elle regroupe des activités techniques ainsi que des parties de négociation/arbitrage et d'engagement politique.

Figure 1. Démarche en 5 étapes pour la réalisation d'un programme coordonné de rénovation énergétique de la Cité d'Onex



Le rôle du groupe Energie de l'Université de Genève consiste à apporter un accompagnement méthodologique à ce projet et à délivrer des expertises et des conseils visant à faire l'analyse critique du catalogue de solutions techniques et financières proposées. Nous avons également été en charge de réaliser **la 1^{ère} étape de la démarche, qui fait l'objet de ce rapport, et qui consiste à effectuer une analyse typologique et énergétique de la Cité-Nouvelle d'Onex.**

L'état des lieux effectué a permis de définir les familles typologiques qui représentent un important enjeu énergétique pour la commune et de choisir les bâtiments types qui seront audités et analysés par les différents partenaires du projet (voir point suivant). Nos activités ont été menées conjointement avec la société Signa-Terre et le laboratoire LEEA de l'Hepia qui ont effectué les étapes 2 à 4 de la démarche. La dernière étape qui concerne les démarches administratives facilitées est laissée à l'Etat (OCEN et DALE) et à la Ville d'Onex.

1.3 Groupe d'accompagnement

Afin de mener à bien ce projet, un groupe d'accompagnement a été constitué avec des spécialistes du groupe Energie de l'Université de Genève UNIGE, du Laboratoire Energie Environnement Architecture LEEA de la Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève HEPIA, des conseillers de la société Signa-Terre, ainsi que des représentants de l'Office cantonal de l'énergie OCEN et de la Ville d'Onex. La liste des principaux participants est présentée dans le Tableau 1. Le groupe s'est réuni plus d'une dizaine de fois durant la durée du projet.

Partenaires et personnes impliqués dans le projet	Rôles
 UNIVERSITÉ DE GENÈVE INSTITUT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT INSTITUT FOREL	UNIGE - GSE Jad Khoury Bernard Lachal Analyse typologique et énergétique, et accompagnement méthodologique du projet
 SIGNATERRE ÉCOSOLUTIONS POUR LE DOMAINÉ BÂTI	Signa-Terre SA Olivier Ouzilou Laurent Isoard Michelle Monti Jan Schneider Audit des bâtiments types et transposition énergétique (questionnaire + création de plateforme web)
 hepia Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève	LEEA - HEPIA Reto Camponovo Lionel Rinquet Peter Gallinelli Mesure in situ des valeurs U des parois des bâtiments types
 DALE - OCEN REPUBLIQUE ET CANTON DE GENÈVE	DALE - OCEN Christian Freudiger Cyril Ubaud Coordinateur et facilitateur des démarches administratives pour rénover les bâtiments
 Ville d'Onex Ville de progrès REPUBLIQUE ET CANTON DE GENÈVE	Ville d'Onex Pierre Olivier Frédéric Pittala Mandant et communication auprès des propriétaires des bâtiments onésiens

Tableau 1. Participants au groupe d'accompagnement du projet ONEX RENOVE

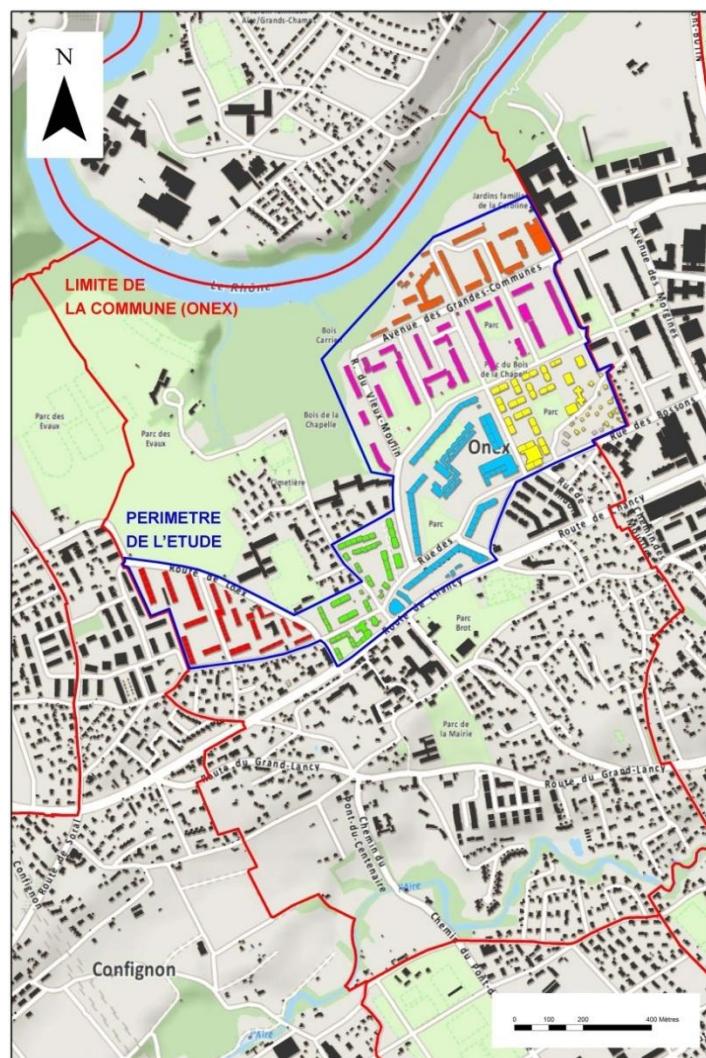
2. Périmètre de l'étude : La Cité nouvelle d'Onex

2.1 Situation et limite géographique

Située au nord de la commune d'Onex, la Cité nouvelle d'Onex est l'une des plus grandes cités périphériques réalisée dès le début des années soixante dans le canton de Genève pour répondre à la pénurie de logements d'après-guerre. Le tracé urbain de cette cité suit une trame orthogonale et la plupart de ces immeubles sont implantés perpendiculairement à la route de Chancy. Ces bâtiments ont été construits par différents architectes et respectent les règles d'implantation définies par le plan de 1959. L'étude (Savoy, 2012) fournit plus d'informations sur l'origine et le contexte historique de la construction de la cité Onésienne.

Les limites géographiques de la commune d’Onex et du périmètre de l’étude sont indiquées respectivement en couleur rouge et bleue sur la Figure 2. Notons également que le périmètre de l’étude comprend en plus des bâtiments de la Cité Nouvelle d’Onex qui se concentrent dans le nord-ouest du périmètre, les bâtiments du quartier nord-est de Traillé-Cressy.

Figure 2. Situation et limite du périmètre de l'étude



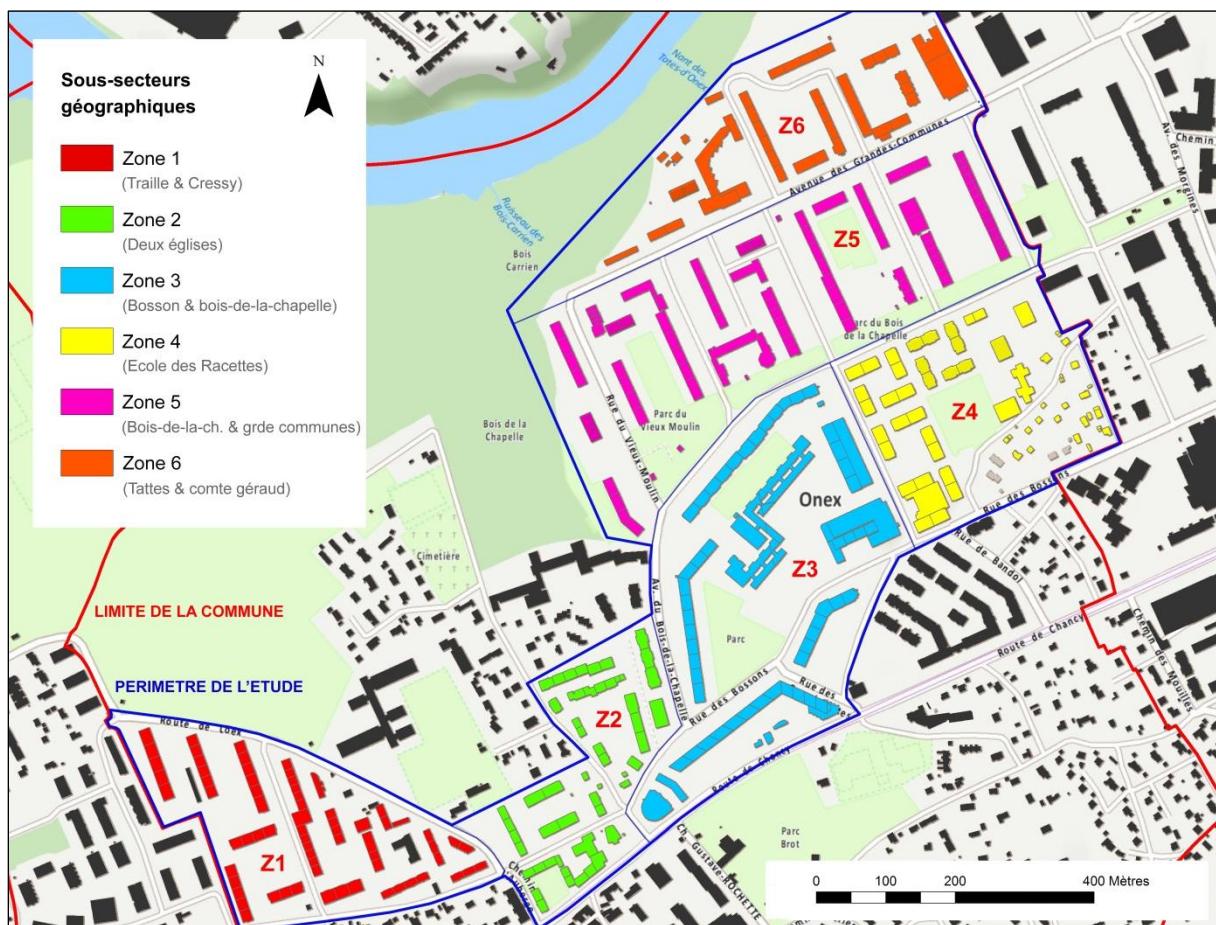
2.2 Sous-secteurs géographiques (Z1 à Z6)

Le périmètre de l'étude a été ensuite découpé en 6 sous-secteurs géographiques, appelés aussi « zones », qui se présentent comme suit (cf. Figure 3) :

- Zone 1 : Traillé & Cressy
 - Zone 2 : Deux églises
 - Zone 3 : Bosson & bois-de-la-chapelle
 - Zone 4 : Ecole des Racettes
 - Zone 5 : Bois-de-la-chapelle & Grandes-Communes
 - Zone 6 : Tattes & Comte-Géraud

Ces zones couvrent une entité territoriale à une échelle intermédiaire entre la parcelle et les sous-secteurs statistiques (GIREC). Il convient également de noter que ce découpage est tout à fait compatible avec celui proposé dans le Concept énergétique territorial (CET) de la commune d’Onex (CET, 2013).

Figure 3. Découpage du périmètre étudié en 6 zones géographiques (Z1 à Z6)



2.3 Focus sur le parc de logements collectifs

Le Tableau 2 donne la répartition des bâtiments (ou allées), compris dans le périmètre de l'étude, selon le type d'affectation et la zone géographique (zone 1 à 6). Au total, le nombre de bâtiments compris dans ce périmètre s'élève à 398 bâtiments (toutes affectations confondues), et se répartissent comme suit :

- 295 bâtiments destinés à l'habitat collectif (≥ 3 logements) ;
- 19 villas ou maisons à 2 logements ;
- 84 bâtiments appartenant à une autre affectation que l'habitat.

Affectation	Nombre de bâtiments						TOTAL
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	
Habitat collectif (≥ 3 log)	66	43	50	32	76	28	295
Habitat individuel (1-2 log)	2	2	0	14	0	1	19
Autres affectations	1	7	21	18	18	19	84
TOTAL (périmètre)	69	52	71	64	94	48	398

Tableau 2. Répartition des bâtiments compris dans le périmètre de l'étude selon le type d'affectation et les sous-secteurs géographiques (zones 1 à 6)

La présente étude portera en particulier sur les 295 bâtiments résidentiels collectifs qui représentent près de trois quarts de l'ensemble des bâtiments situés dans le périmètre, et la quasi-majorité de la surface de référence énergétique totale. La répartition de ces bâtiments selon les 6 zones géographiques, présentées au point précédent, est indiquée au Tableau 2. Ces bâtiments sont regroupés en 82 ensembles d'habitation qui forment pour la plupart des grandes barres de logements.

Au niveau cantonal, le secteur étudié (celui du logement collectif), bien qu'il ne comporte que 27% des bâtiments, représente presque la moitié de la surface énergétique totale du parc immobilier genevois (19.3 sur un total d'environ 41 millions de m²_{SRE}). Ces bâtiments présentent un important gisement d'économie d'énergie puisqu'ils consomment près de la moitié de la consommation thermique du canton (2569 GWh en 2010) et sont responsables d'environ 45% des émissions totales du parc, soit près de 600 kilotonnes de CO₂ par an (Khoury, 2014).

3. Caractéristiques physiques

Cette partie présente les principales caractéristiques physiques des bâtiments destinés à l'habitat collectif, telles que : l'époque de construction, la surface énergétique, le type, l'orientation géographique, et les contraintes relatives à la protection du patrimoine.

3.1 Epoque de construction

Sur les 295 bâtiments destinés à l'habitat collectif et compris dans le périmètre concerné, environ 93% (273 bâtiments) ont été construits avant 1981, soit avant l'introduction des premières règlementations thermiques à Genève (cf. Tableau 3). De par leur taille et leur âge, l'enjeu énergétique réside dans ces bâtiments qui arrivent aujourd'hui en période de rénovation. Dès lors, **notre analyse se focalisera par la suite sur les bâtiments de cette tranche d'âge, notée "TOTAL<1981".**

La répartition des bâtiments, logements et pièces destinées à l'habitat collectif, selon l'époque de construction, est donnée dans le Tableau 3. Environ deux tiers de ces immeubles ont été édifiés entre 1961 et 1970 (idem pour les logements et les pièces). On constate aussi que le périmètre étudié ne contient pas de bâtiments construits avant 1946.

Epoque de construction	Bâtiment [-]	Bâtiment [%]	Logement [-]	Logement [%]	Pièce [-]	Pièce [%]
avant 1946	0	0%	0	0%	0	0%
1946 - 1960	28	10%	245	4%	909	4%
1961 - 1970	168	62%	3'966 ^a	65%	14'659 ^a	63%
1971 - 1980	77	28%	1'897	31%	7'595	33%
TOTAL <1981	273	100%	6'108	100%	23'163	100%
1981 - 2000	10	-				
après 2000	12	-				
TOTAL	295	-				

^a Total effectué sur 166 au lieu de 168 bâtiments, les 2 bâtiments non comptabilisés sont occupés par un établissement médico-social (EMS).

Tableau 3. Répartition selon l'époque de construction des bâtiments, logements et pièces destinées à l'habitat collectif (total construit avant 1981).

Remarques : Les données concernant l'époque de construction des bâtiments proviennent du Fichier cantonal des bâtiments et des logements (FCBL) de l'Office cantonal de la statistique. Une analyse plus fine de ces données nous a permis d'identifier plusieurs erreurs qui ont été corrigées dans l'étude. Citons par exemple les allées Avenue du Gros-Chêne 28 et 34 et Avenue du Bois-de-la-Chapelle 47 et 53 qui appartenaient à la tranche d'âge "avant 1919" alors qu'ils ont été édifiés entre 1971 et 1980.

Ensuite, nous avons affecté la tranche d'âge "1971-1980" à certains bâtiments dont l'époque de construction était indiqué "1981-1985" et qui se situaient dans des ensembles résidentiels édifiés globalement entre 1971 et 1980. C'est le cas par exemple des bâtiments suivants : Rue des Bossons 23 et 25, Chemin de la Pralée 26 et 28 et Avenue du Bois-de-la-Chapelle 39. Enfin, nous avons considéré que le bâtiment situé à la Route de Loëx 7Bis possédait la même époque de construction que son jumeau situé à la route de Loëx 7, soit "1946-1960".

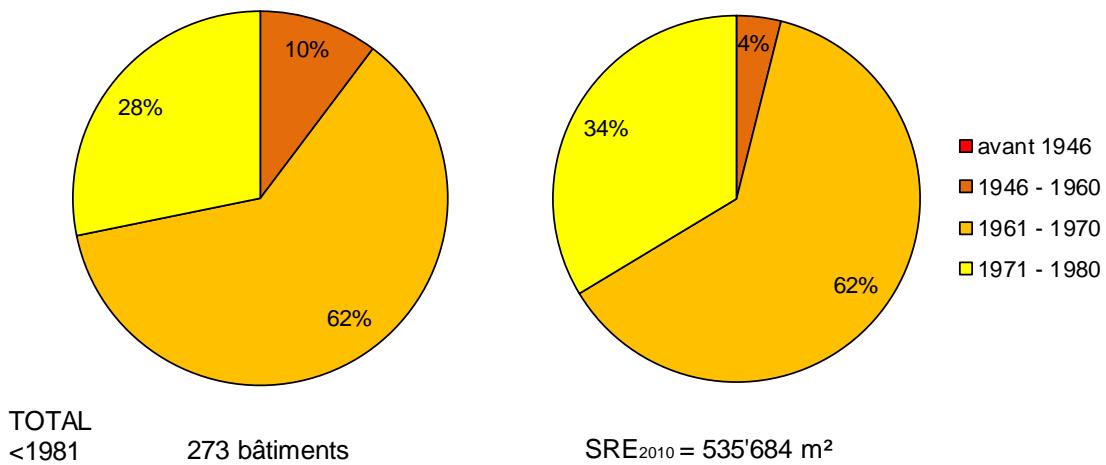
3.2 Surface énergétique

La surface de référence énergétique (SRE) des 273 bâtiments construits avant 1981 est d'environ 535'000 m² en 2010 (cf. Figure 4). Cette surface se répartit comme suit :

- 4% est construite entre 1946 et 1960
- 62% est construite entre 1961 et 1970
- 34% est construite entre 1971 et 1980.

Les données de surface proviennent de la base de données fournie par l'Office cantonal de l'énergie (OCEN). En comparant ces résultats avec les données du canton, on constate que la surface énergétique des 273 bâtiments compris dans le périmètre représente environ 6% de la SRE de l'ensemble des bâtiments résidentiels collectifs construits entre 1946 et 1980 à Genève. Enfin, la surface énergétique des bâtiments construits après 1980 n'est pas présentée ci-après, puisque les données relatives à cette tranche d'âge ne sont pas complètes.

Figure 4. Répartition des bâtiments et surfaces énergétiques selon l'époque de construction



Le Tableau 4 compare les surfaces énergétiques de l'année 2010 avec celles de 2014. Ces dernières ont été en principe recalculées après l'entrée en vigueur de la nouvelle loi sur l'énergie en août 2010, en se basant sur la norme révisée SIA 416/1. Les résultats montrent une légère baisse de la SRE totale de l'ordre de 1% en 2014 par rapport à 2010, considérée comme négligeable.

Epoque de construction	Bâtiment [-]	SRE 2010		SRE 2014	
		[m ²]	[%]	[m ²]	[%]
avant 1946	0	0	0%	0	0%
1946 - 1960	28	20'922	4%	20'708	4%
1961 - 1970	168	334'522	62%	330'226	62%
1971 - 1980	77	180'240	34%	178'619	34%
TOTAL <1981	273	535'684	100%	529'553	100%

Tableau 4. Nombre de bâtiments et surfaces de référence énergétiques (SRE) en 2010 et 2014 en fonction de l'époque de construction.

3.3 Type de bâtiment

Les bâtiments exclusivement à usage d'habitation constituent la grande majorité des 273 bâtiments d'habitation (88% du total de bâtiments, 85% de la SRE totale). Ensuite, la part des bâtiments d'habitation avec usage annexe, qui réunissent les catégories "Hab.- rez activités" et "Habitation - activités", atteint 11% du total (13% de la SRE totale). Enfin, on compte dans le périmètre deux bâtiments partiellement à usage d'habitation occupés par un établissement médico-social (EMS). Un récapitulatif des résultats est donné dans le Tableau 5 ci-dessous.

Type de bâtiments	Bâtiment		SRE 2010	
	[-]	[%]	[m ²]	[%]
Hab. plusieurs logements	241	88%	457'103	85%
Hab. - rez activités	22	8%	47'595	9%
Habitation - activités	8	3%	23'375	4.5%
EMS	2	1%	7'611	1.5%
TOTAL <1981	273	100%	535'684	100%

Tableau 5. Nombre de bâtiments et surfaces de référence énergétiques (SRE) en fonction du type de bâtiments

3.4 Orientation géographique

Les bâtiments compris dans le périmètre de l'étude sont principalement orientés d'est en ouest, profitant ainsi des conditions optimales d'ensoleillement. L'analyse typologique effectuée dans le cadre de cette étude montre que près de 2/3 de ces bâtiments sont orientés NE-SO et que le reste a une orientation NO-SE. Nous avons aussi constaté que la plupart des bâtiments qui se situent dans des plans d'ensembles ont une implantation par volumes continus. Les tours et les objets ponctuels, ne représentent qu'une part relativement faible.

3.5 Protection du patrimoine

Plusieurs mesures légales sont utilisées à Genève pour protéger et conserver le patrimoine bâti. Ces mesures, qui peuvent être appliquées à des échelles différentes (territoire, ensemble bâti ou édifice particulier), peuvent constituer un frein à la rénovation énergétique des bâtiments de la cité d'Onex.

Sur demande de l'Office cantonal de l'énergie, le Service des monuments et des sites (SMS) a passé en revue les bâtiments situés dans le périmètre de l'étude afin d'identifier ceux qui sont touchés par des mesures de conservation. Les résultats du diagnostic effectué par Madame Carmen Alonso montrent qu'**aucun des bâtiments analysés n'est touché par des mesures de protection** (cf. email de Cyril Ubaud du 10/12/2014, adjoint scientifique à l'OCEN).

Toutefois, le Service des monuments et des sites (SMS) a recensé en dehors du périmètre de notre étude, au sud de la route de Chancy, quelques bâtiments qui sont situés dans des zones protégées (4BP) ou qui sont actuellement en cours de mise sous protection. Citons par exemple les cas suivants :

- Route de Chancy n°143 (zone 4B protégée)
- Place Duchêne n°10 et n°14 (zone 4B protégée)
- Route de Lancy 157 (en cours d'inscription à l'inventaire)
- Chemin de la Vi-longe n° 7, 7A, 9, 11, 13, 15 et 17 (zone 4B protégée).

Ainsi, le programme de rénovation thermique initié par la Ville d'Onex en collaboration avec l'État de Genève ne sera pas confronté, à priori, aux défis de la conservation du patrimoine bâti.

4. Analyse typologique

L'analyse typologique présentée dans cette partie devrait permettre de mieux connaître les différentes typologies de bâtiments situés dans la Cité-Nouvelle d'Onex, en vue de proposer des bouquets de travaux énergétiques mieux adaptées pour la rénovation à grande échelle.

4.1 Méthodologie

- **Typologie : définitions et références**

La typologie désigne "*une démarche méthodique consistant à définir ou étudier un ensemble de types, afin de faciliter l'analyse, la classification et l'étude de réalités complexes*"¹. Dans la dernière décennie, plusieurs études sur la typo-morphologie des bâtiments ont été réalisées, sans nécessairement considérer les aspects énergétiques.

Au niveau national, nous citons par exemple l'étude (Schwehr & Fischer, 2010) réalisée par le *Competence Center for Typology and Foresight Planning in Architecture* (CCTP) de l'Université de Lucerne sur les caractéristiques typologiques et morphologiques des immeubles d'habitation édifiés entre 1919 et 1990 en Suisse. L'approche retenue dans cette étude consiste à définir des bâtiments-types sur la base d'une analyse typologique d'un ensemble de bâtiments. La typologie est décrite ici de la manière suivante: « *a typology describes categories of similar buildings, in a particular geographical area, with statistically relevant parameters. The typology can be statistically determined to show frequency of a building type and identify the most relevant ones* ». Dans le cadre de cette étude, l'analyse typologique a servi de base pour le développement de stratégies pour l'utilisation à grande échelle des modules préfabriqués lors de travaux de rénovation énergétique.

Au niveau européen, le projet TABULA - *Typology Approach for Building Stock Energy Assessment* (TABULA, 2012) est intéressant dans le sens où il propose sur le plan européen une structure harmonisée de typologies de bâtiments qui regroupe à la fois des paramètres constructifs et énergétiques. Ce projet contient une description systématique des critères pour la définition de classes typologiques de bâtiments et pour la sélection des bâtiments représentatifs des catégories. Cette étude a été reprise et complétée dans le cadre du projet européen EPISCOPE lancé en 2013 (EPISCOPE, 2013) et qui se focalise sur le suivi de la performance énergétique du parc immobilier.

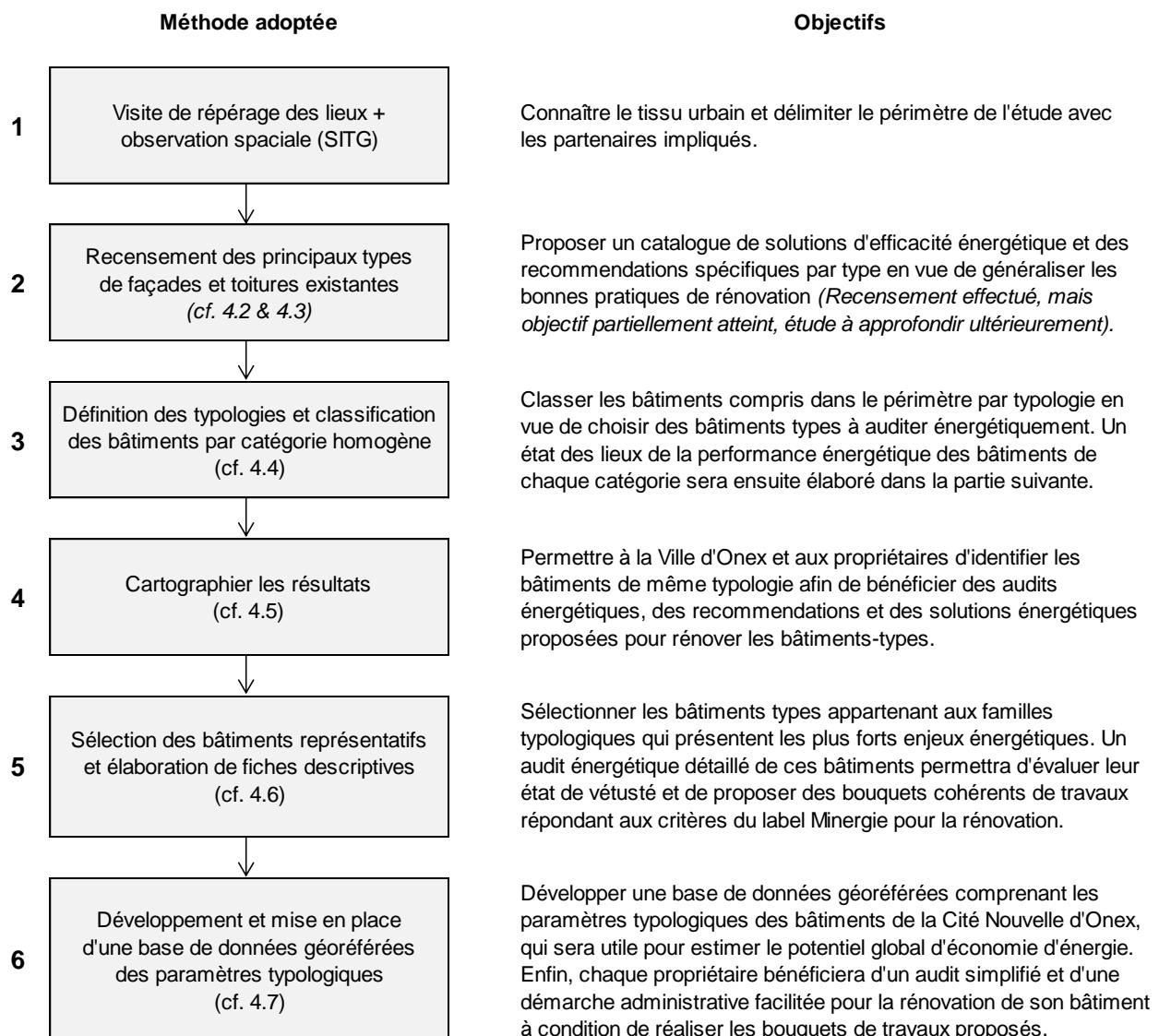
Enfin, nous citons parmi les études passées en revues, celle menée récemment par le CSTB (Fery et al., 2012). Cette étude analyse les enjeux de la rénovation énergétique du parc résidentiel de la région Ile de France en explorant des solutions d'efficacité énergétique sur 5 exemples de bâtiments types représentatifs des familles existantes. Pour chacun de ces bâtiments, différentes configurations de rénovation de l'enveloppe et de systèmes techniques ont été étudiées et les résultats sont présentés sous forme de fiches synthétiques.

¹ Source : Wikipedia, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Typologie>, consulté le 18.09.2015

- **Démarche adoptée pour le choix des bâtiments types à Onex**

La démarche retenue pour réaliser cette analyse typologique s'appuie sur les études passées en revue, mais propose une classification plus fine en raison de la taille du périmètre analysé. La Figure 5 présente les différentes étapes de la démarche adoptée et leurs objectifs.

Figure 5. Démarche en 6 étapes pour réaliser l'analyse typologique et choisir les bâtiments de référence



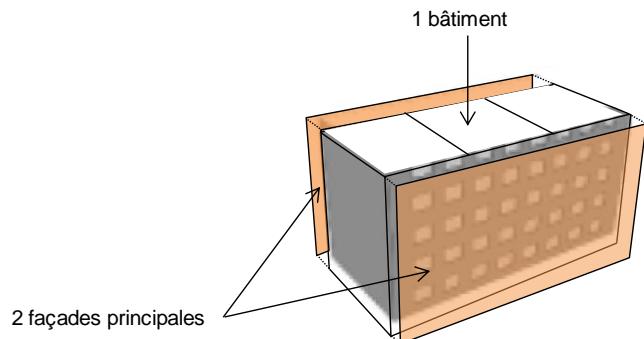
- **Limites méthodologiques**

Malgré l'originalité du travail effectué, cette étude peut présenter certaines limites, notamment au niveau du choix des familles typologiques qui présentent les plus forts enjeux énergétiques. De même, les audits énergétiques n'ont été effectués que sur 7 bâtiments types en raison de contraintes budgétaires. Enfin, pour des contraintes opérationnelles et de temps, le déroulement des étapes ne fut pas toujours possible dans l'ordre présenté ci-dessus.

4.2 Les différents types de façade

En guise de rappel, chaque bâtiment comporte au moins deux façades principales et une toiture. Les façades principales, composées d'éléments opaques et d'éléments vitrées, sont de manière générale à l'origine des plus importantes déperditions thermiques en hiver.

Les façades latérales donnant contre l'extérieur sont appelées façades pignons. Dans le cas d'une implantation en volume continu, les bâtiments (ou allées) centraux ne possèdent pas de façades pignons. Le flux de chaleur à travers ces parois est considéré nul.



- **Les types de façades principales recensés**

Les types de façades principales observés lors de nos visites de la Cité-Nouvelle d'Onex sont en nombre limités et peuvent être classés en 10 grandes catégories illustrées à la Figure 6. Elles se distinguent par leur trame structurelle modulaire, par la position et la disposition des piliers et des éléments préfabriqués et par l'alternance des pleins et des vides. Un recensement préliminaire a été effectué dans l'étude (Khoury, 2009) qui montre plusieurs photos de façades classées par type.

Figure 6. Classification des différents types de façades observées dans le périmètre étudié



Il convient de noter que ce classement ne couvre pas tous les types de façades d'immeubles d'habitation édifiés dans le canton de Genève. A ces catégories, on peut ajouter par exemple la « façade légère » appelée aussi « mur-rideau » qui a été utilisée à plusieurs reprises durant l'époque d'après-guerre par les architectes Addor et Julliard. Parmi leurs réalisations, on cite

la Cité du Lignon (1963-1970) et les ensembles résidentiels Meyrin Parc et Le Ciel Bleu à Meyrin (1960-1964). Ces façades sont composées de modules préfabriqués, avec des fenêtres basculantes en bois-métal, qui viennent se poser devant la structure porteuse du bâtiment.

- **Description des types de façades**

Les principales caractéristiques des différents types de façades sont décrites ci-dessous et résumées dans le Tableau 6 présenté ci-après.

- **Type [F1]** : Façade avec structure apparente (verticale et horizontale), conçue sans balcons. La façade est composée d'éléments en béton préfabriqué. Elle ne présente pas de parties en retrait par rapport au plan principal de la façade. La surface de la façade est donc considérée comme « pleine ».
- **Type [F2]** : Façade avec structure noyée, conçue avec des balcons longeant toute la façade. La façade est composée d'éléments en béton préfabriqué. Elle se trouve en retrait par rapport au plan principal de la façade (qui se situe au niveau des parapets des balcons). La surface de la façade présente donc des parties « vides ». Les cloisons de séparation des balcons restent en retrait par rapport aux parapets des balcons.
- **Type [F3]** : Façade avec structure apparente, conçue avec des balcons encastrés dans le volume bâti et couvrant l'ensemble de la façade. Cette dernière est composée d'éléments en béton préfabriqué et se trouve en retrait par rapport au plan principal de la façade (composition vide). Contrairement au type [F2], les cloisons de séparation des balcons débordent ici sur les parapets des balcons.
- **Type [F4]** : Façade avec structure noyée, conçue avec ou sans balcons. Dans la plupart des cas, cette façade n'est pas composée d'éléments en béton préfabriqué et ne présente pas de retraits importants par rapport au plan principal de la façade.
- **Type [F5]** : Façade avec structure noyée, conçue avec des petites fenêtres et des séries de balcons encastrés. Cette façade, en éléments de béton préfabriqués, est caractérisée par des parties pleines et des parties vides situées principalement au milieu de la façade. Les immeubles-tours de la Cité Onésienne sont conçus avec ce type de façade.
- **Type [F6]** : Façade avec structure apparente (verticale et horizontale), conçue avec balcons en porte-à-faux. Ce type de façade se différencie du type [F1] par ses balcons ponctuels en porte-à-faux. Cette façade, en éléments de béton préfabriqués, ne présente pas des parties en retrait par rapport au plan principal de la façade.
- **Type [F7]** : Façade conçue sans balcons, avec structure verticale apparente et des contrecœurs en béton armé qui longent l'ensemble de la façade. La façade est composée d'éléments en béton préfabriqué. Dans l'ensemble, cette façade ne présente pas de retraits par rapport au plan principal de la façade.

- **Type [F8]** : Façade avec structure apparente, conçue avec des balcons encastrés couvrant une partie de la façade. Ce type est un mélange des types [F3] et [F7]. La façade, composée d'éléments en béton préfabriqué, est caractérisée par une alternance de plein et de vide (composition « plein/vide »).
- **Type [F9]** : Façade avec structure apparente, conçue avec des balcons en porte-à-faux qui s'étend sur une partie de la façade. Ce type est semblable au type précédent [F8] mais présente des balcons en porte-à-faux au lieu de balcons encastrés. La façade, composée d'éléments en béton préfabriqué, est caractérisée par une alternance de plein et de vide (composition « plein/vide »).
- **Type [F10] ou [Divers]** : La catégorie « Divers » regroupe toutes les façades ne rentrant pas dans les catégories précédentes.

Type de façade	Structure de la façade	Avec / sans balcons	Composition plein/vide	Eléments préfabriqués
Type [F1]	apparente	sans balcons	plein	oui
Type [F2]	noyée	avec balcons longeant la façade	vide	oui
Type [F3]	apparente	avec balcons encastrés	vide	oui
Type [F4]	noyée	avec ou sans balcons	plein	non
Type [F5]	noyée	avec balcons encastrés	plein/vide	oui
Type [F6]	apparente	avec balcons en porte-à-faux	plein	oui
Type [F7]	apparente	sans balcons	plein	oui
Type [F8]	apparente	avec balcons encastrés	plein/vide	oui
Type [F9]	apparente	avec balcons en porte-à-faux	plein/vide	oui
Type [F10]	-	-	-	-

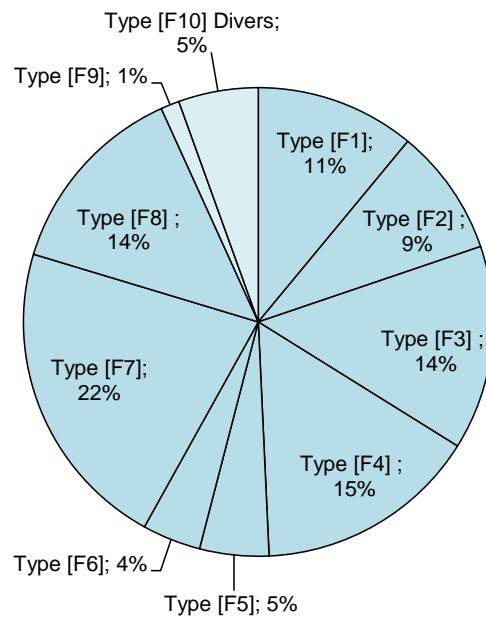
Tableau 6. Caractéristiques des différents types de façades recensés

• Fréquence et répartition géographique

La Figure 7 présente la répartition des façades principales de la Cité d'Onex par type de façade. Les résultats montrent que les façades de type [F7] sont les plus nombreux avec une part qui s'élève à 22%, ensuite les types [F3], [F4] et [F8] constituent chacun près de 15% du total, les types [F1] et [F2] près de 10% chacun, et les types [F5] et [F6] environ 5% chacun.

Le reste (6%) regroupe les types [F9] et [F10]. Notons que les bâtiments-types sélectionnés pour l'audit énergétique (voir plus loin partie 4.6) possèdent des façades principales de types [F1] à [F8], qui sont représentatifs d'environ 93% du nombre total de façades analysées.

*Figure 7. Répartition des façades principales de la Cité d'Onex par type de façade
(se référer au point précédent pour la description des différents types)*



N façades (TOTAL <1981) = 546 (273 bâtiments x 2 façades)

Le Tableau 7 ci-dessous donne le nombre de façades principales en fonction du type de façade et de la zone géographique des bâtiments (MFH = Multi-family houses).

Type de façades	Nombre de façades principales selon le type et la zone géographique						TOTAL	[%]
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6		
Type [F1]	0	0	0	0	28	32	60	11%
Type [F2]	0	0	40	0	8	0	48	9%
Type [F3]	34	0	28	0	15	0	77	14%
Type [F4]	24	60	0	0	0	0	84	15%
Type [F5]	8	0	0	0	12	6	26	5%
Type [F6]	0	0	22	0	0	0	22	4%
Type [F7]	57	2	0	20	39	0	118	22%
Type [F8]	0	10	10	22	30	2	74	14%
Type [F9]	7	0	0	0	0	0	7	1%
Type [F10]	2	0	0	18	10	0	30	5%
TOTAL <1981	132	72	100	60	142	40	546	100%
[MFH 81-00]	0	12	0	4	4	0	20	
[MFH >00]	0	2	0	0	6	16	24	
TOTAL	132	86	100	64	152	56	590	

Tableau 7. Nombre de façades principales selon le type de façade et la zone géographique

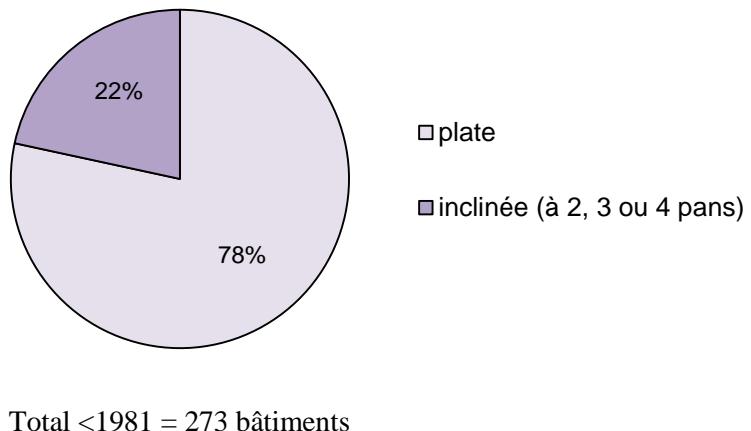
4.3 Les différents types de toiture

La toiture constitue aussi un des éléments essentiels de l'enveloppe thermique du bâtiment. L'analyse des 273 bâtiments construits avant 1981 a montré qu'il existe deux grandes familles de toitures :

- les toitures plates (appelées aussi toitures terrasse)
- les toitures inclinées (à 2, 3 ou 4 pans)

Environ trois quart de ces bâtiments possèdent une toiture plate. Le reste (22%) est doté d'une toiture inclinée, très majoritairement à 4 pans (cf. Figure 8).

Figure 8. Les différents types de toitures



Il convient de noter que ces deux types de toitures n'ont pas la même durée de vie, ce qui implique des rythmes de rénovation énergétique différents. Selon la norme SIA 469, la durée de vie normalisée d'une toiture plate est de l'ordre de 25 ans, alors que celle d'une toiture inclinée dépasse les 40 ans.

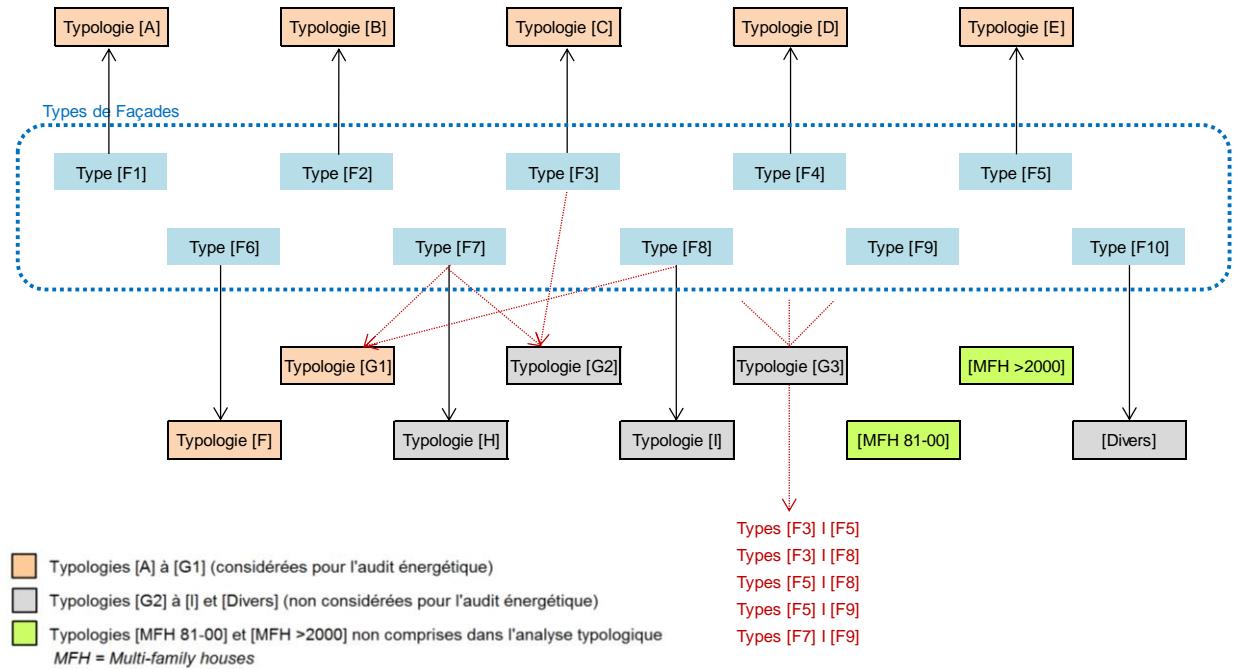
4.4 Les principales typologies de bâtiments

- **Hypothèses et définition des combinaisons**

Etant donné que plus de trois-quarts des 273 bâtiments analysés possède une toiture plate et que 71% des bâtiments dotés de toits inclinés appartiennent à une seule famille typologique (typologie D, voir point suivant), nous avons choisi dans un souci de simplification que le choix des typologies de bâtiment dépend essentiellement des types de façades principales.

De manière générale, un bâtiment peut avoir deux façades principales de même type ou de types différents. La Figure 9 ci-après présente les différentes combinaisons possibles de type de façades principales, qui nous ont permis de définir les principales familles typologiques de bâtiments dans le périmètre étudié.

Figure 9. Définition des familles typologiques de bâtiments en fonction des différentes combinaisons de types de façades



Types de façade principale	Façade 1	Façade 2	Famille Typologique	Types de façade principale	Façade 1	Façade 2	Famille Typologique
[F1]	+	[F1]	= Typologie [A]	[F3]	+	[F5]	= Typologie [G3]
[F2]	+	[F2]	= Typologie [B]	[F3]	+	[F8]	= Typologie [G3]
[F3]	+	[F3]	= Typologie [C]	[F5]	+	[F8]	= Typologie [G3]
[F4]	+	[F4]	= Typologie [D]	[F5]	+	[F9]	= Typologie [G3]
[F5]	+	[F5]	= Typologie [E]	[F7]	+	[F9]	= Typologie [G3]
[F6]	+	[F6]	= Typologie [F]	[F7]	+	[F7]	= Typologie [H]
[F7]	+	[F8]	= Typologie [G1]	[F8]	+	[F8]	= Typologie [I]
[F7]	+	[F3]	= Typologie [G2]	[F10]	+	[F10]	= [Divers]

Les bâtiments de typologies [A] à [F], [H] et [I] possèdent deux façades principales de même type, alors que les bâtiments de typologies [G1], [G2] et [G3] ont des façades de types différents. Les bâtiments dont les façades sont de type [F10] ont été regroupés dans la famille typologique [Divers]. Enfin, les bâtiments résidentiels collectifs construits après 1981 (indiqués également MFH pour *Multi-family houses*) ont été séparés en deux catégories :

- [MFH 81-00] pour les bâtiments construits entre 1981 et 2000
- [MFH > 2000] pour les bâtiments construits après 2000.

Ces bâtiments, qui ne nécessitent pas pour le moment de travaux de rénovation énergétique, ne sont pas compris dans l'analyse typologique.

- **Présentation des familles typologiques (A à I)**

Les principales familles typologiques des immeubles d'habitation situés dans la Cité-Nouvelle d'Onex sont présentées à la Figure 10 ci-dessous.

Figure 10. Présentation des différentes familles typologiques des immeubles d'habitation de la Cité-Nouvelle d'Onex

Typologie de bâtiments	Typologie [A]	Typologie [B]	Typologie [C]	Typologie [D]	Typologie [E]
Façade 1	Type [F1]	Type [F2]	Type [F3]	Type [F4]	Type [F5]
Façade 2	Type [F1]	Type [F2]	Type [F3]	Type [F4]	Type [F5]
Typologie [F]	Typologie [G1]	Typologie [G2]	Typologie [H]	Typologie [I]	
Façade 1	Type [F6]	Type [F7]	Type [F7]	Type [F8]	
Façade 2	Type [F6]	Type [F8]	Type [F7]	Type [F8]	
Typologie [G3]	[Divers]	[MFH 81-00]	[MFH >2000]		
Façade 1	Typ. [F3] [F3] [F5] [F5] [F7]	Types [Divers]			
Façade 2	Typ. [F5] [F8] [F8] [F9] [F9]	Types [Divers]			

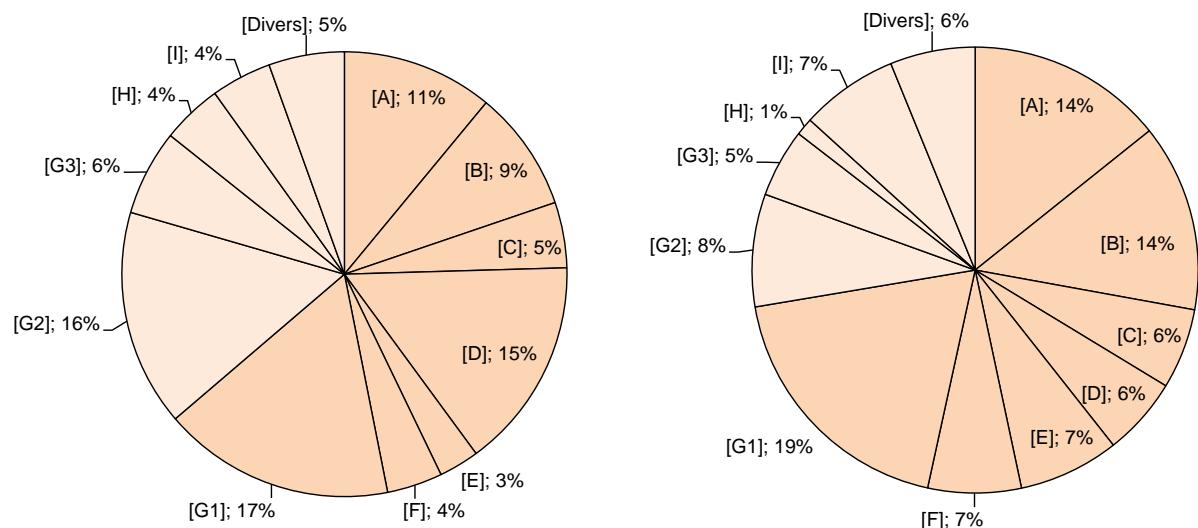
- **Fréquence et répartition géographique**

Le Tableau 8 et la Figure 11 ci-dessous donnent la répartition des familles typologiques en fonction du nombre de bâtiments et de la surface de référence énergétique (SRE).

Typologies de bâtiments	Type de façades		Bâtiments		SRE ₂₀₁₀		SRE ₂₀₁₄	
	Façade 1	Façade 2	Nombre	[%]	[m ²]	[%]	[m ²]	[%]
Typologie [A]	[F1]	[F1]	30	11%	76'408	14%	75'696	14%
Typologie [B]	[F2]	[F2]	24	9%	72'826	14%	69'490	13%
Typologie [C]	[F3]	[F3]	13	5%	31'229	6%	33'920	6%
Typologie [D]	[F4]	[F4]	42	15%	30'431	6%	29'913	6%
Typologie [E]	[F5]	[F5]	8	3%	39'070	7%	37'880	7%
Typologie [F]	[F6]	[F6]	11	4%	36'187	7%	35'798	7%
Typologie [G1]	[F7]	[F8]	46	17%	101'430	19%	99'567	19%
Typologie [G2]	[F7]	[F3]	43	16%	43'750	8%	43'931	8%
Typologie [G3]	-	-	17	6%	26'550	5%	26'663	5%
Typologie [H]	[F7]	[F7]	12	4%	6'792	1%	5'664	1%
Typologie [I]	[F8]	[F8]	12	4%	37'992	7%	38'349	7%
[Divers]	[F10]	[F10]	15	5%	33'019	6%	32'684	6%
TOTAL <1981			273	100%	535'684	100%	529'553	100%
[MFH 81-00]	-	-	10	-	-	-	-	-
[MFH>2000]	-	-	12	-	-	-	-	-
TOTAL			295	-		-		-

Tableau 8. Familles typologiques selon le nombre de bâtiments et la SRE

Figure 11. Répartition des familles typologiques en fonction du nombre de bâtiments (à gauche) et de la surface énergétique (à droite)



N (TOTAL <1981) = 273 bâtiments

SRE₂₀₁₀ (TOTAL <1981) = 535'684 m²

Les résultats montrent que la typologie [G1] présente à la fois la plus grande surface énergétique (19% du total) et le plus grand nombre de bâtiments (17% du total). Ensuite, les typologies [A] et [B] regroupent chacun 14% de la SRE totale, suivis par les autres typologies qui représentent chacun entre 5 % et 8% de la surface totale (à l'exception de la typologie [H]). Les bâtiments appartenant à cette famille (typologie [H]), bien qu'ils constituent 4% du total, ne représentent qu'une part minime (1%) de la SRE totale. Le Tableau 9 donne le nombre de bâtiments en fonction de la famille typologique et de la zone géographique.

Typologies de bâtiments	Nombre de bâtiments selon la famille typologique et la zone géographique							[%]
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	TOTAL	
Typologie [A]	0	0	0	0	14	16	30	11%
Typologie [B]	0	0	20	0	4	0	24	9%
Typologie [C]	0	0	13	0	0	0	13	5%
Typologie [D]	12	30	0	0	0	0	42	15%
Typologie [E]	0	0	0	0	6	2	8	3%
Typologie [F]	0	0	11	0	0	0	11	4%
Typologie [G1]	0	2	0	20	24	0	46	17%
Typologie [G2]	28	0	0	0	15	0	43	16%
Typologie [G3]	13	0	2	0	0	2	17	6%
Typologie [H]	12	0	0	0	0	0	12	4%
Typologie [I]	0	4	4	1	3	0	12	4%
[Divers]	1	0	0	9	5	0	15	5%
TOTAL <1981	66	36	50	30	71	20	273	100%
[MFH 81-00]	0	6	0	2	2	0	10	
[MFH>2000]	0	1	0	0	3	8	12	
TOTAL	66	43	50	32	76	28	295	

Tableau 9. Nombre de bâtiments selon la famille typologique et la zone géographique

- Choix de 7 familles typologiques à fort enjeu énergétique (A à G1)**

Comme évoqué précédemment au point 4.1, les audits énergétiques ne seront effectués que sur 7 bâtiments représentatifs de leur famille typologique, en raison principalement de contrainte budgétaire. Dès lors, nous avons choisi les 7 familles typologiques [A] à [G1] qui présentent d'importants enjeux énergétiques, en tenant compte de leur surface énergétique et du nombre de bâtiments appartenant à ces familles.

En termes de représentativité, les 7 familles typologiques retenues regroupent :

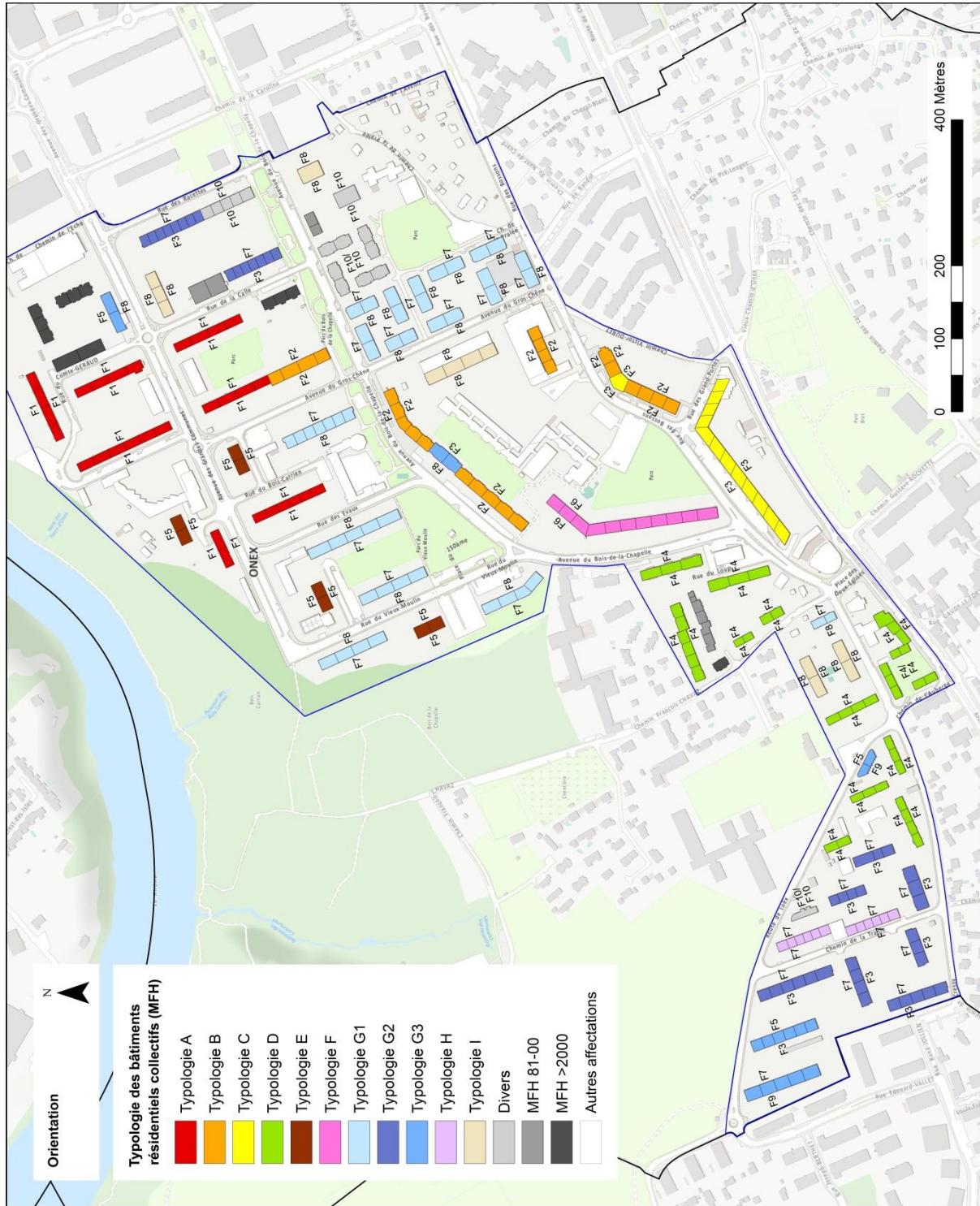
- près de deux tiers (64%) des 273 bâtiments situés dans le périmètre étudié ;
- et environ trois quart (73%) de la surface énergétique totale.

Ces parts sont illustrés à la Figure 11 précédente. Si on devrait ajouter une typologie supplémentaire, on aurait considéré la typologie [G2] qui regroupe 16% des bâtiments et représente 8% de la SRE totale.

4.5 Carte des principaux résultats de l'analyse typologique

La carte présentée à la Figure 12 résume les principaux résultats de l'analyse typologique. Les familles typologiques sont renseignées par les surfaces colorées, alors que les types de façade sont indiqués devant les façades principales de chacun des 273 bâtiments analysés. Un agrandissement des parties de la carte (zones 1&2, 3&4, 5&6) est présenté à l'Annexe 1.

Figure 12. Carte des principaux résultats de l'analyse typologique



4.6 Choix et caractéristiques des bâtiments types

- Choix des bâtiments de référence (typologie A à G1)

Le choix des bâtiments types, représentatifs des typologies A à G1, a été effectué sur la base des visites de terrain et sur avis d'expert de Jan Schneider de la société Signa-Terre et Jad Khoury de l'Université de Genève. Les principaux critères retenus pour la sélection de ces bâtiments sont les suivants:

- bâtiment présentant un indice énergétique élevé ;
- bâtiment situé si possible en pignon de l'ensemble résidentiel (pour pouvoir reconstituer les pertes thermiques à travers l'enveloppe de l'ensemble résidentiel) ;
- bâtiment dont le propriétaire et la régie ont accepté de faire partie de ce projet et de fournir les informations nécessaires à la société en charge de réaliser les audits.

Le Tableau 10 présente les 7 bâtiments types choisis A à G1, et donne l'identifiant EGID, la zone géographique et les types de façades principales des bâtiments.

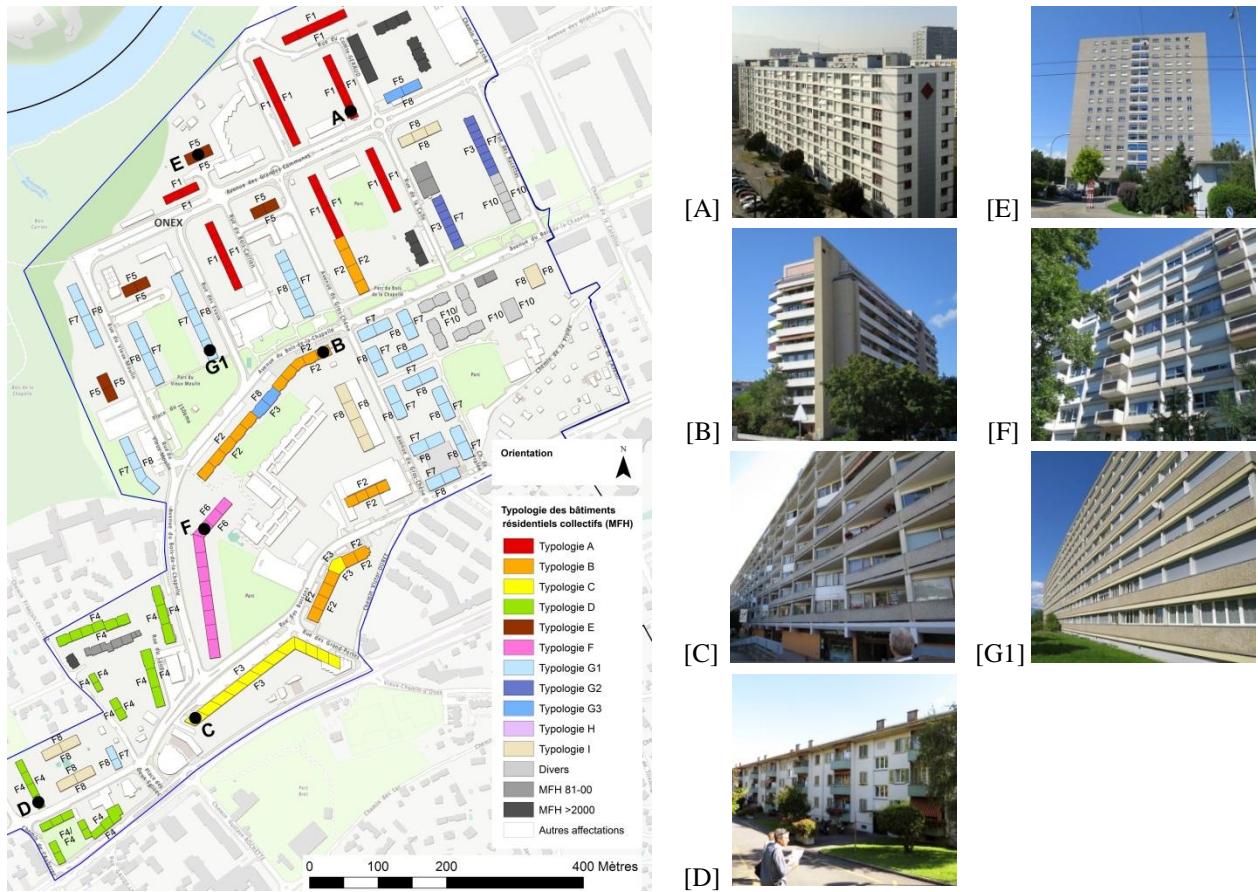
Typologies de bâtiments	Type de façades		Zone	EGID	Adresse des bâtiments audités
	Façade 1	Façade 2			
Typologie [A]	[F1]	[F1]	Z6	1021851	Rue du Comte-Géraud 1
Typologie [B]	[F2]	[F2]	Z3	1022049	Av. du Bois-de-la-Chapelle 57
Typologie [C]	[F3]	[F3]	Z3	1022023	Rue des Bossoms 2
Typologie [D]	[F4]	[F4]	Z2	1021724	Route de Loëx 10
Typologie [E]	[F5]	[F5]	Z6	1021866	Av. des Grandes-Communes 62-62bis
Typologie [F]	[F6]	[F6]	Z3	1022036	Av. du Bois-de-la-Chapelle 89
Typologie [G1]	[F7]	[F8]	Z5	1021893	Rue des Evaux 1

Tableau 10. Présentation des 7 bâtiments types représentatifs des familles typologiques A à G1

La position géographique et les photos de ces bâtiments se trouvent à la page suivante (cf. Figure 13). Pour chacun de ces bâtiments, une fiche descriptive complète comportant des données architecturales, typologiques et énergétiques a été élaborée. Ces fiches sont présentées dans les pages suivantes.

Un audit énergétique et de vétusté de ces bâtiments a été ensuite réalisé par la société Signa-Terre et comprend des bouquets de travaux d'amélioration énergétique qui visent le standard Minergie pour la rénovation. Une transposition des résultats à l'ensemble du périmètre est également prévue en vue de pouvoir d'une part évaluer le potentiel global d'économie d'énergie ainsi que le coût des actions énergétiques à entreprendre ; et d'autre part de mettre à disposition des propriétaires et régisseurs des immeubles de la Cité Nouvelle d'Onex un audit simplifié de leurs bâtiments.

*Figure 13. Position géographique et photos des 7 bâtiments types A à G1
(cf. Annexe 2 pour carte à grande échelle)*



- **Fiches descriptives des bâtiments types**

Les fiches descriptives des bâtiments types sont classées par famille typologique A à G1 et contiennent les informations suivantes :

- Une description de l'objet (ou ensemble résidentiel) : adresse, situation, numéro de l'objet, nombre d'allées, date de construction, contraintes patrimoniales selon le Service des Monuments et des Sites (SMS), orientation, type de toiture, type des façades principales et famille typologique de l'objet ;
- Une description du bâtiment type (ou allée) : adresse, surface énergétique, niveaux chauffés hors sol, nombre de logements, de pièces genevoises et d'occupants ;
- Les données typologiques : facteur de forme, nombre de façade mitoyenne et taux de surface vitrée des façades du bâtiment type ;
- Les données énergétiques : indices de dépense de chaleur pour le chauffage et l'ECS de l'objet (IDC 2010 et moyenne 2011-2013), IDC simulé du bâtiment type, agent énergétique, indication sur la présence de panneaux solaires, la consommation électrique des ménages et des communs d'immeubles des bâtiments types et autres informations sur la ventilation, l'ascenseur et la buanderie.
- Des plans, coupes, façades et détails constructifs du bâtiment type.

Typologie A

Comte-Géraud 1-7



Barres d'habitation appartenant à cette typologie :
5.6 ; 5.7 ; 5.12 ; 6.3; 6.4 & (6.5).

Description de l'objet :

Adresse : Rue du Comte-Géraud 1-7

Situation : 1213 Onex (GE)

Zone (selon étude) : Z6

Identifiant barre : 6.5

Nombre d'allées : 4

Construction : 1960 (plans d'exécution)

Patrimoine : Sans intérêt particulier selon le SMS

Orientation : S-O / N-E

Type de toiture : Plate

Type de façade S-O : [F1]

Type de façade N-E : [F1]

Type d'objet : Typologie [A]

Bâtiment de référence :

Adresse : Rue du Comte-Géraud 1

Surface énergétique ¹: 2511 m² (2010) ; 2522 m² (2011)

Niveaux chauffés hors-sol : 9

Nombre de logements : 36

Nombre de pièces : 117

Occupants : 90 (selon FCBL 2012)

Données spécifiques (Typologie) :

Facteur de forme : 0.77

Nombre de façade mitoyenne : 1

Taux de surface vitrée :

- Façade S-O : 58%

- Façade N-E : 59%

- Pignon S-E : 14%

Données spécifiques (Energie) :

Chaleur ²:

- IDC 2010 : 479 MJ/m²_{SRE}/an (SITG)

- IDC 2011-2013 : 532 MJ/m²_{SRE}/an (SITG)

- IDC simulé (allée) : 783 MJ/m²_{SRE}/an

- Agent énergétique : Chauffage à distance (CADIOM)

- Panneaux solaires : Non

Électricité (2011-2013) ³:

- Elec communs : 8.0 kWh/m²_{SRE}/an

- Elec ménage : 39.5 kWh/m²_{SRE}/an ; 2770 kWh/log/an

Autres :

- Ventilation : Extraction mécanique (sans récup.)

- Ascenseur : Oui

- Buanderie : Oui

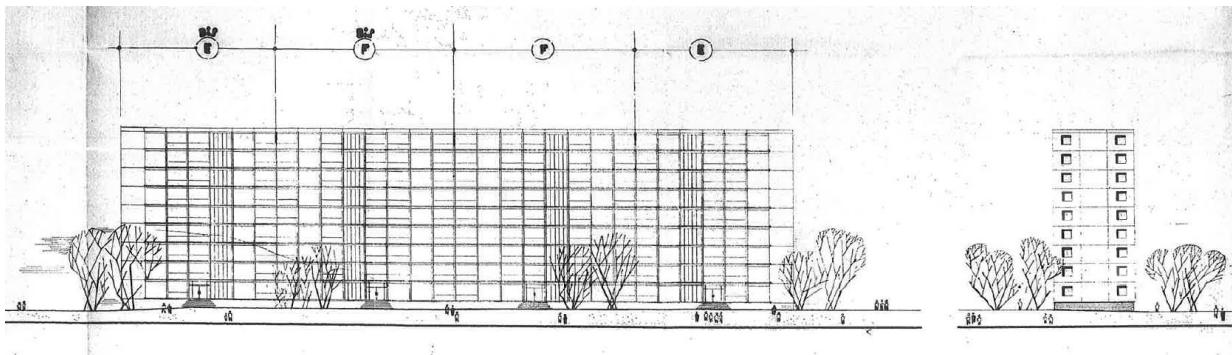
¹ La surface énergétique (SRE ou A_E) fournie en 2010 est de 2511 m². Cette surface, recalculée en 2011 selon SIA 416/1 :2007, s'élève à 2522 m².

² Les Indices de Dépense de Chaleur (IDC) calculés à partir de 2011 ne peuvent pas être comparés avec les valeurs de 2010 et antérieures.

L'IDC simulé du bâtiment de référence (allée Comte-Géraud 1) a été déterminé par le bureau Signa-terre sur la base d'un bilan thermique.

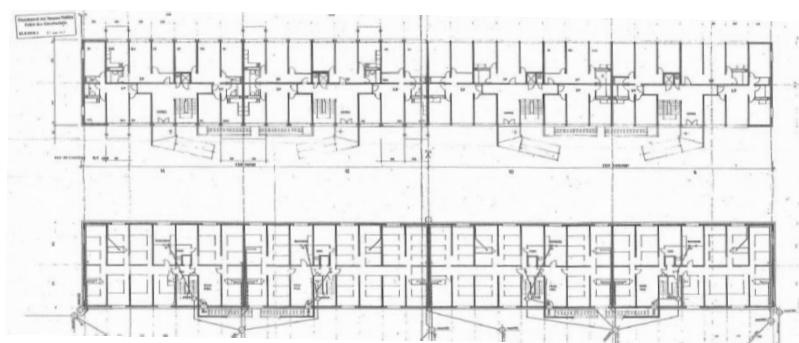
³ Source : Services Industriels de Genève.

Plans, façades et coupes (architectes : D. Baillif – R. Loponte / 1960)

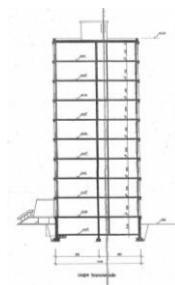


Façade N-E

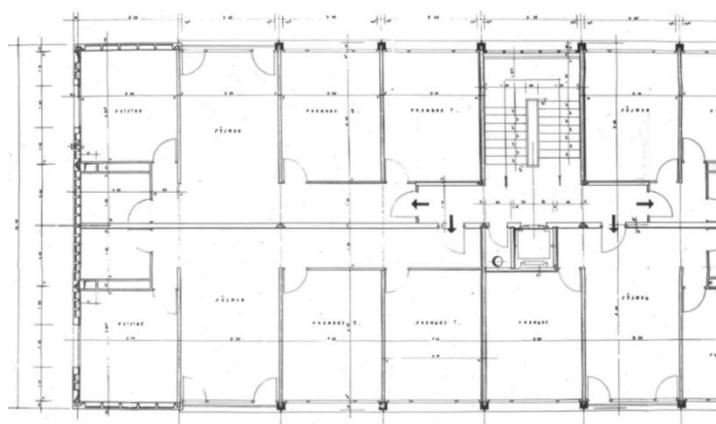
Façade Pignon



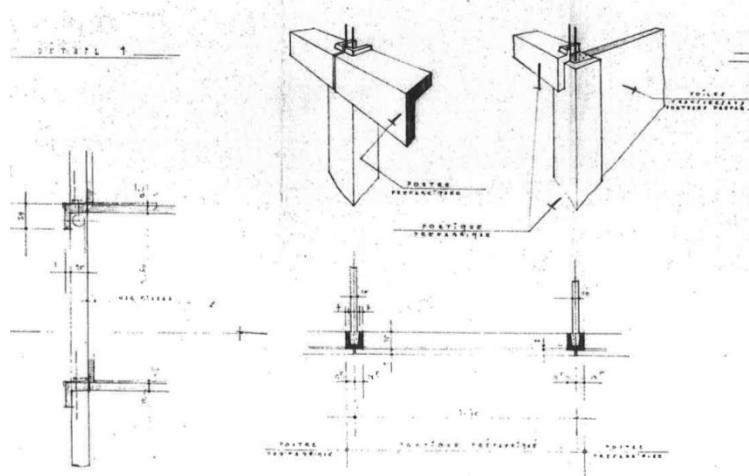
Plans du rez-de-chaussée et du sous-sol



Coupe transversale



Plan de l'étage type



Détails constructifs

NB : Les dessins ne sont pas à la même échelle.

Typologie B

Bois-de-la-Chapelle 57-79



Barres d'habitation appartenant à cette typologie :
3.2 ; 3.4 ; (3.6) & 5.8.

Description de l'objet :

Adresse : Av. du Bois-de-la-Chapelle 57-79

Situation : 1213 Onex (GE)

Zone (selon étude) : Z3

Identifiant barre : 3.6

Nombre d'allées : 12

Construction : 1969 (plans d'exécution)

Patrimoine : Sans intérêt particulier selon le SMS

Orientation : S-E / N-O

Type de toiture : Plate

Type de façade S-E : [F2]

Type de façade N-O : [F2]

Type d'objet : Typologie [B]

Bâtiment de référence :

Adresse : Av. du Bois-de-la-Chapelle 57

Surface énergétique ¹: 2804 m² (2010) ; 2850 m² (2011)

Niveaux chauffés hors-sol : 10 (rdc non chauffé)

Nombre de logements : 27

Nombre de pièces : 134

Occupants : 61 (selon FCBL 2012)

Données spécifiques (Typologie) :

Facteur de forme : 0.77

Nombre de façade mitoyenne : 1

Taux de surface vitrée :

- Façade S-E : 49%

- Façade N-O : 52%

- Pignon N-E : 17%

Données spécifiques (Energie) :

Chaleur ²:

- IDC 2010 : 502 MJ/m²_{SRE}/an (SITG)

- IDC 2012-2014 : 519 MJ/m²_{SRE}/an (SITG)

- IDC estimé (allée) : 578 MJ/m²_{SRE}/an

- Agent énergétique : Chauffage à distance (CADIOM)

- Panneaux solaires : Non

Électricité (2011-2013) ³:

- Elec communs : 9.9 kWh/m²_{SRE}/an

- Elec ménage : 22.7 kWh/m²_{SRE}/an ; 2393 kWh/log/an

Autres :

- Ventilation : Extraction mécanique (sans récup.)

- Ascenseur : Oui

- Buanderie : Oui

¹ La surface énergétique (SRE ou A_E) fournie en 2010 est de 2804 m². Cette surface, recalculée en 2011 selon SIA 416/1 :2007, s'élève à 2850 m².

² Les Indices de Dépense de Chaleur (IDC) calculés à partir de 2011 ne peuvent pas être comparés avec les valeurs de 2010 et antérieures.

Pour estimer l'IDC du bâti de référence, la répartition de la consommation a été faite par le bureau Signa-terre selon la clé de répartition de la régie.

³ Source : Services Industriels de Genève. L'électricité des communs d'immeuble ne comprend pas celle du local chaufferie et des garages.

Plans, façades et coupes : (architectes : Atelier d'études et de réalisation / 1969)

DU 2513
du plan cadastral
 (Sous le sceau du Registre Foncier)
TRAVAUX PUBLICS
 9 Pièces reçues le
 16 SEP 1970
 SECTEUR MARAIS INSTITUTIONS
 Echelle 1:1000

Demande N° 3712 Emoluments Fr. 18.- Date: 24. 4. 69 Verso
 14546-Propriétaire: Fondation Cité Nouvelle III

Visa N° 7027
 Emoluments Frs 4.-
 Registre Foncier (cadastre)
 Reproduction autorisée.
 ment des TRAVAUX PUBLICS
 iel des Constructions

VARIETUR, lot 6 005 MM

852

865

866

867

461

403

850

851

852

853

854

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

866

867

868

869

870

871

872

873

874

875

876

877

878

879

880

881

882

883

884

885

886

887

888

889

890

891

892

893

894

895

896

897

898

899

900

901

902

903

904

905

906

907

908

909

910

911

912

913

914

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

953

954

955

956

957

958

959

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991

992

993

994

995

996

997

998

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

999

Typologie C

Bossons 2-16 / Grand-Portes 1-7



Barres d'habitation appartenant à cette typologie :
(3.1) ; 3.2 (allée rue des Bossons 26).

Description de l'objet :

Adresse : R. des Bossons 2-16 / R. des Grand-Portes 1-7

Situation : 1213 Onex (GE)

Zone (selon étude) : Z3

Identifiant barre : 3.1

Nombre d'allées : 12

Construction : 1962 (plans d'exécution)

Patrimoine : Sans intérêt particulier selon le SMS

Orientation : S-E / N-O (Bossons) ; S-O / N-E (G-Portes)

Type de toiture : Plate

Type de façade S : [F3]

Type de façade N : [F3]

Type d'objet : Typologie [C]

Bâtiment de référence :

Adresse : Rue des Bossons 2

Surface énergétique ¹: 2556 m² (2010) ; 2730 m² (2011)

Niveaux chauffés hors-sol : 9 (rdc non considéré)

Nombre de logements : 32

Nombre de pièces : 134

Occupants : 78 (selon FCBL 2012)

Données spécifiques (Typologie) :

Facteur de forme : 1.07

Nombre de façade mitoyenne : 1

Taux de surface vitrée :

- Façade S-E : 51%

- Façade N-O : 58%

- Pignon S-O: 3%

Données spécifiques (Energie) :

Chaleur ²:

- IDC 2010 : 577 MJ/m²_{SRE}/an (SITG)

- IDC 2014 : 575 MJ/m²_{SRE}/an (SITG)

- IDC estimé (allée) : 557 MJ/m²_{SRE}/an

- Agent énergétique : Chauffage à distance (CADIOM)
Gaz naturel pour l'attique

- Panneaux solaires : Non

Électricité (2011-2013) ³:

- Elec communs : 4.1 kWh/m²_{SRE}/an

- Elec ménage : 27.3 kWh/m²_{SRE}/an ; 2330 kWh/log/an

Autres :

- Ventilation : Extraction mécanique (sans récup.)

- Ascenseur : Oui

- Buanderie : Oui

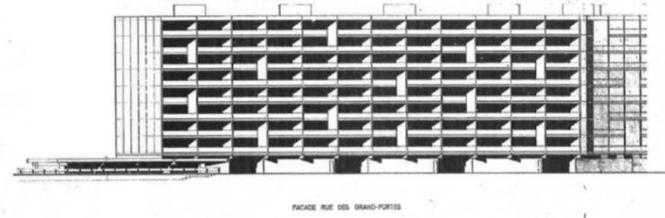
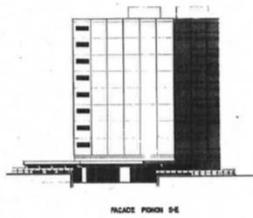
¹ La surface énergétique fournie en 2010 est de 2556 m² (hors attique). La surface totale recalculée en 2011 selon SIA 416/1 :2007 s'élève à 2730 m².

² Les Indices de Dépense de Chaleur (IDC) calculés à partir de 2011 ne peuvent pas être comparés avec les valeurs de 2010 et antérieures.

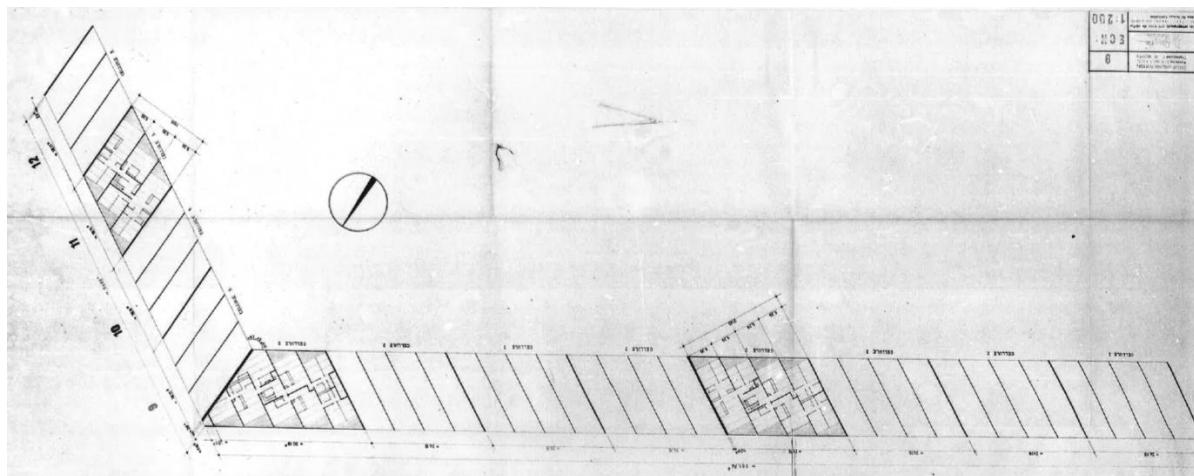
L'IDC indiqué pour le bâtiment de référence (allée) est celui fourni par le concessionnaire pour l'année 2014.

³ Source : Services Industriels de Genève.

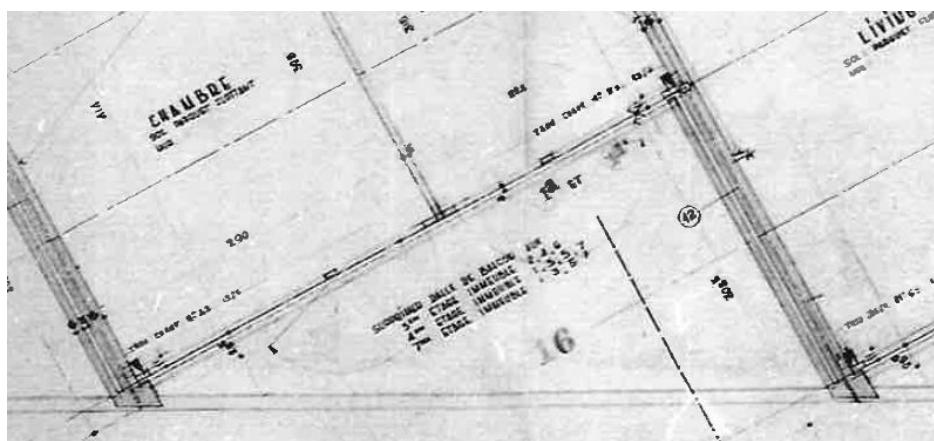
Plans, façades et coupes (architectes : Atelier d'études et de réalisation - A. Gaillard, M. Cailler, D. Reverdin / 1962)



Façade pignon S-E (en haut à gauche) et façades principales rue des bossoms (en bas) et rue des grand-portes



Plan de l'étage type



Détails constructifs

NB : Les dessins ne sont pas à la même échelle.

Typologie D

Loëx 10-16



Description de l'objet :

Adresse : Route de Loëx 10-16

Situation : 1213 Onex (GE)

Zone (selon étude) : Z2

Identifiant barre : 2.1

Nombre d'allées : 4

Construction : 1958 (plans d'exécution)

Patrimoine : Sans intérêt particulier selon le SMS

Orientation : S-O / N-E

Type de toiture : Inclinée (à 4 pans)

Type de façade S-O : [F4] avec balcons

Type de façade N-E : [F4] sans balcons

Type d'objet : Typologie [D]



Bâtiment de référence :

Adresse : Route de Loëx 10

Surface énergétique¹ : 632 m² (2010) ; 612 m² (2011)

Niveaux chauffés hors-sol : 3

Nombre de logements : 9

Nombre de pièces : 36

Occupants : 21 (selon FCBL 2012)

Données spécifiques (Typologie) :

Facteur de forme : 1.33

Nombre de façade mitoyenne : 1

Taux de surface vitrée :

- Façade S-O : 26%

- Façade N-E : 21%

- Pignon S-E : 0%

Données spécifiques (Energie) :

Chaleur²:

- IDC 2010 : 756 MJ/m²_{SRE}/an (SITG)

- IDC 2011-2013 : 887 MJ/m²_{SRE}/an (SITG)

- IDC estimé (allée) : 851 MJ/m²_{SRE}/an

- Agent énergétique : Mazout

- Panneaux solaires : Non

Électricité (2011-2013)³:

- Elec communs : 6.8 kWh/m²_{SRE}/an

- Elec ménage : 30.9 kWh/m²_{SRE}/an ; 2100 kWh/log/an

Autres :

- Ventilation : Naturelle

- Ascenseur : Non

- Buanderie : Oui



Barres d'habitation appartenant à cette typologie :

1.8 ; 1.9 ; 1.11 ; 1.12 ; (2.1) ; 2.2 à 2.6 ; 2.10 ;

2.11 ; 2.12 ; 2.15 & 2.16.

¹ La surface énergétique (SRE ou A_E) fournie en 2010 est de 632 m². Cette surface, recalculée en 2011 selon SIA 416/1 :2007, s'élève à 612 m².

² Les Indices de Dépense de Chaleur (IDC) calculés à partir de 2011 ne peuvent pas être comparés avec les valeurs de 2010 et antérieures.

Pour estimer l'IDC du bâtiment de référence, la répartition de la consommation a été faite par le bureau Signa-terre selon la surface énergétique.

³ Source : Services Industriels de Genève.

Plans, façades et coupes (architectes : H. Hochuli – P. Sartorio / 1958)

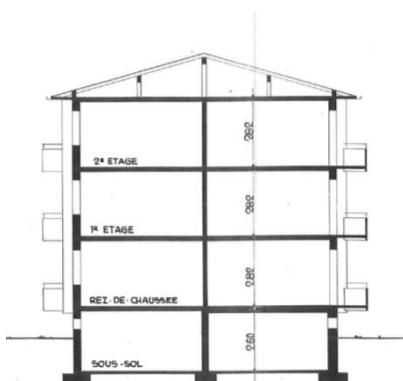


Façade principale



Plan de l'étage type (côté route)

NB : Les dessins ne sont pas à la même échelle.



Coupe transversale



Façade principale

Types de façades pignon dans la catégorie D				
Nombre de séries verticales d'ouverture	N= 0	N= 1	N= 2	N> 2
Taux de surface vitré (pignon)	0%	5%	10%	>15%

► Le taux vitré moyen des murs pignons des 15 objets appartenant à cette typologie a été estimé à 5%.

Typologie E

Grandes-Communes 62-62bis



Barres d'habitation appartenant à cette typologie :
5.10 ; 5.15 ; 5.17 ; (6.2).

Description de l'objet :

Adresse : Av. des Grandes-Communes 62-62bis

Situation : 1213 Onex (GE)

Zone (selon étude) : Z6

Identifiant barre : 6.2

Nombre d'allées : 2

Construction : 1965 (plans d'exécution)

Patrimoine : Sans intérêt particulier selon le SMS

Orientation : S-E / N-O

Type de toiture : Plate

Type de façade S-E : [F5]

Type de façade N-O : [F5]

Type d'objet : Typologie [E]

Bâtiment de référence :

Adresse : Av. des Grandes-Communes 62-62bis

Surface énergétique ¹ : 9468 m² (2010) ; 9492 m² (2011)

Niveaux chauffés hors-sol : 15

Nombre de logements : 106

Nombre de pièces : 420

Occupants : 236 (selon FCBL 2012)

Données spécifiques (Typologie) :

Facteur de forme : 0.73

Nombre de façade mitoyenne : 0

Taux de surface vitrée :

- Façade S-E : 24%
- Façade N-O : 24%
- Pignons S-O & N-E : 25%

Données spécifiques (Energie) :

Chaleur ²:

- IDC 2010 : 505 MJ/m²_{SRE}/an (SITG)
- IDC 2011-2013 : 436 MJ/m²_{SRE}/an (SITG)
- IDC estimé (allée) : - MJ/m²_{SRE}/an
- Agent énergétique : Chauffage à distance (CADIOM)
- Panneaux solaires : Non

Électricité (2011-2013) ³:

- Elec communs : 10.6 kWh/m²_{SRE}/an
- Elec ménage : 23.6 kWh/m²_{SRE}/an ; 2112 kWh/log/an

Autres :

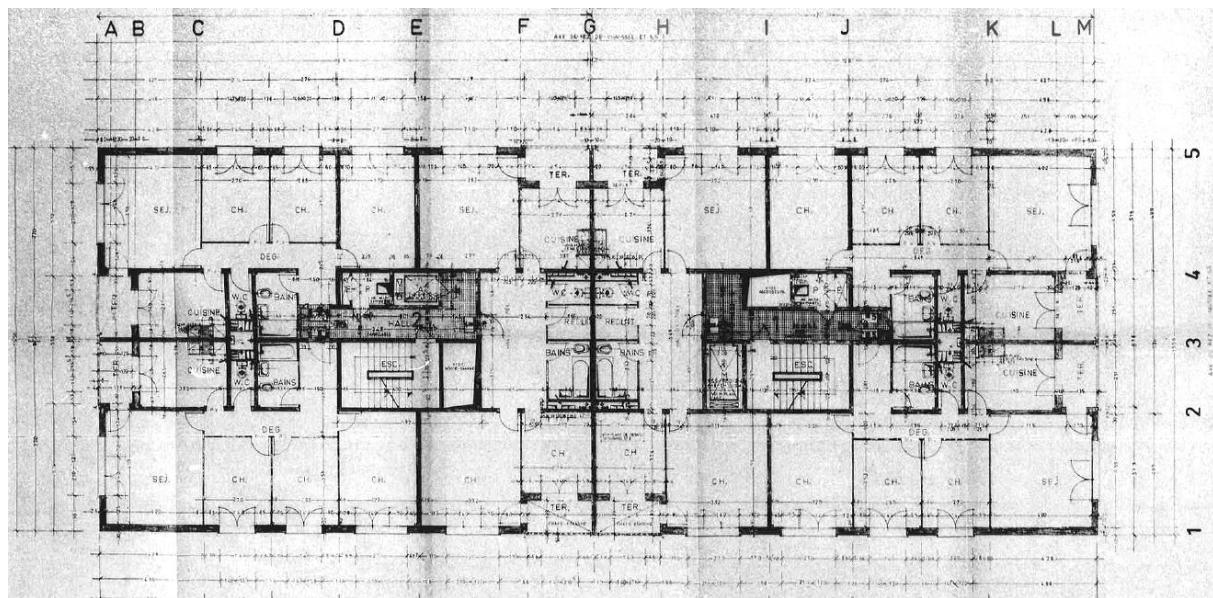
- Ventilation : Extraction mécanique (sans récup.)
- Ascenseur : Oui
- Buanderie : Oui

¹ La surface énergétique (SRE ou A_E) fournie en 2010 est de 9468 m². Cette surface, recalculée en 2011 selon SIA 416/1 :2007, s'élève à 9492 m².

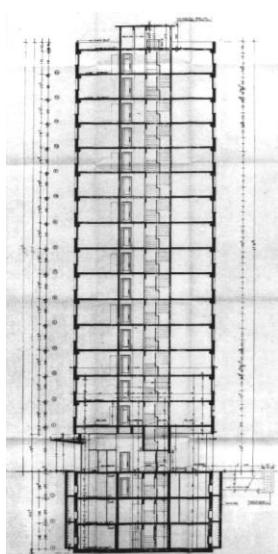
² Les Indices de Dépense de Chaleur (IDC) calculés à partir de 2011 ne peuvent pas être comparés avec les valeurs de 2010 et antérieures.

³ Source : Services Industriels de Genève.

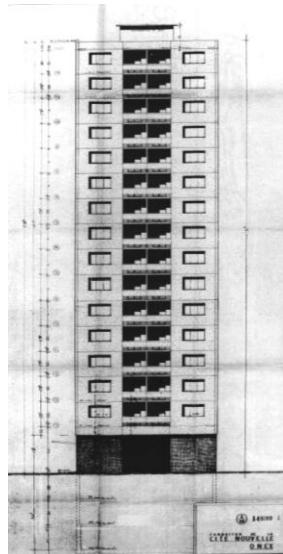
Plans, façades et coupes (1965)



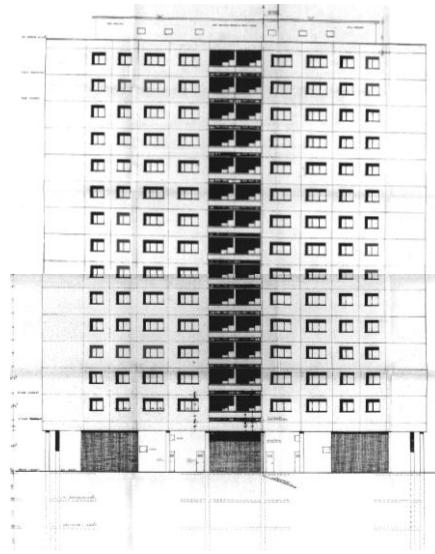
Plan de l'étage type



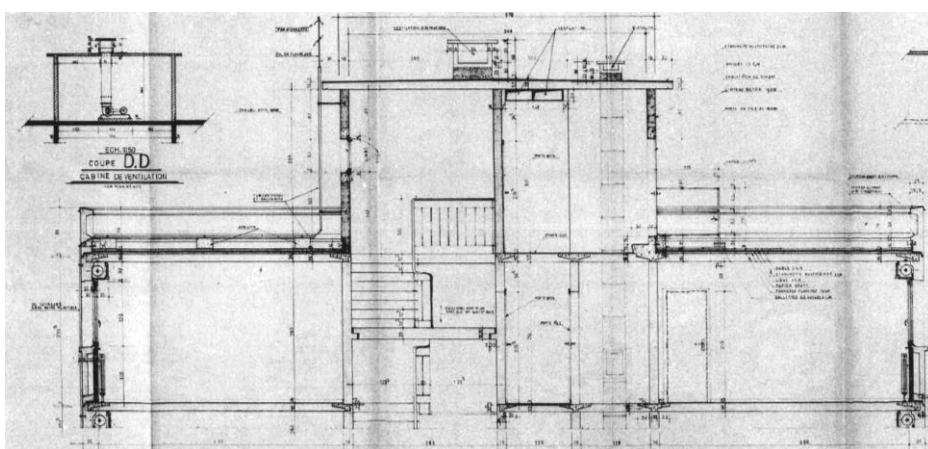
Coupe transversale



Façade pignon



Façade principale

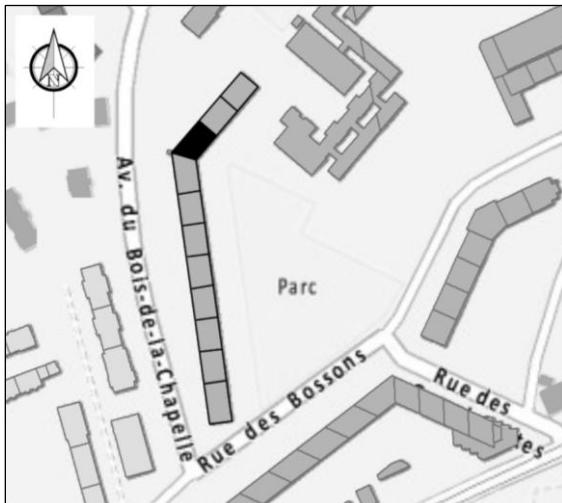


Détails constructifs

NB : Les dessins ne sont pas à la même échelle.

Typologie F

Bois-de-la-Chapelle 85-105



Barres d'habitation appartenant à cette typologie : (3.3)

Description de l'objet :

Adresse : Av. du Bois-de-la-Chapelle 85-105

Situation : 1213 Onex (GE)

Zone (selon étude) : Z3

Identifiant barre : 3.3

Nombre d'allées : 11

Construction : 1971

Patrimoine : Sans intérêt particulier selon le SMS

Orientation : S-E / N-O & S-O / N-E

Type de toiture (attique) : Inclinée à 4 pans

Type de façade S : [F6]

Type de façade N : [F6]

Type d'objet : Typologie [F]

Bâtiment de référence :

Adresse : Av. du Bois-de-la-Chapelle 89

Surface énergétique¹ : 3536 m² (2010) ; 3618 m² (2011)

Niveaux chauffés hors-sol : 10 (rdc non chauffé)

Nombre de logements : 40

Nombre de pièces : 157

Occupants : 72 (selon FCBL 2012)

Données spécifiques (Typologie) :

Facteur de forme : 0.67

Nombre de façade mitoyenne : 2

Taux de surface vitrée :

- Façade S-E : 44%

- Façade N-O : 43%

- Pignon : -

Données spécifiques (Energie) :

Chaleur²:

- IDC 2010 : 539 MJ/m²_{SRE}/an (SITG)

- IDC 2011-2013 : 553 MJ/m²_{SRE}/an (SITG)

- IDC estimé (allée) : 501 MJ/m²_{SRE}/an

- Agent énergétique : Chauffage à distance (CADIOM)

- Panneaux solaires : Non

Électricité (2011-2013)³:

- Elec communs : 9.8 kWh/m²_{SRE}/an

- Elec ménage : 23.0 kWh/m²_{SRE}/an ; 2083 kWh/log/an

Autres :

- Ventilation : Extraction mécanique (sans récup.)

- Ascenseur : Oui

- Buanderie : Oui

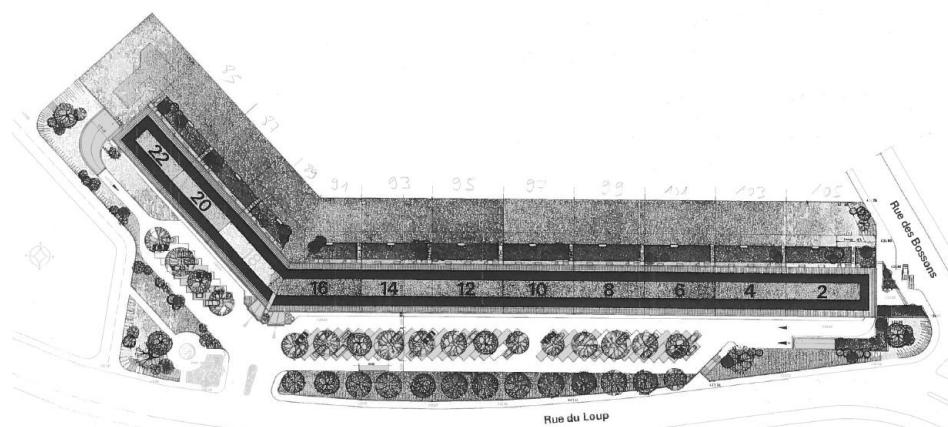
¹ La surface énergétique (SRE ou A_E) fournie en 2010 est de 3536 m². Cette surface, recalculée en 2011 selon SIA 416/1 :2007, s'élève à 3618 m².

² Les Indices de Dépense de Chaleur (IDC) calculés à partir de 2011 ne peuvent pas être comparés avec les valeurs de 2010 et antérieures.

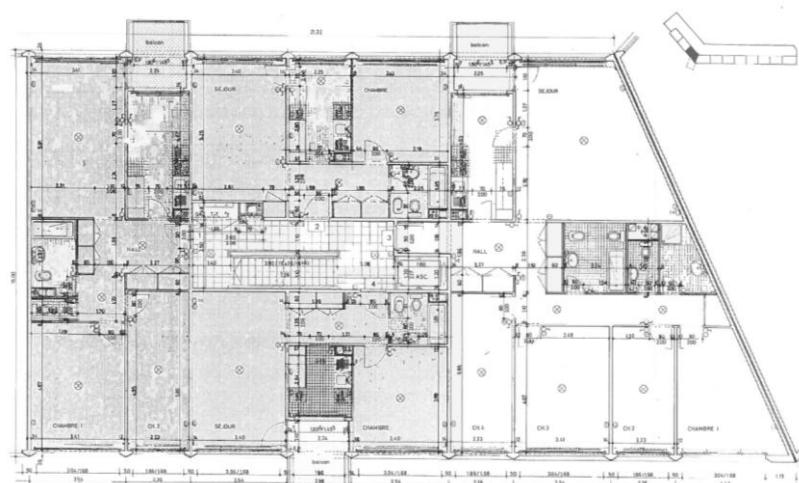
Pour estimer l'IDC du bât. de référence, la répartition de la consommation a été faite par le bureau Signa-terre selon la clé de répartition de la régie.

³ Source : Services Industriels de Genève. L'électricité des communs d'immeuble ne comprend pas celle du local chaufferie et des garages.

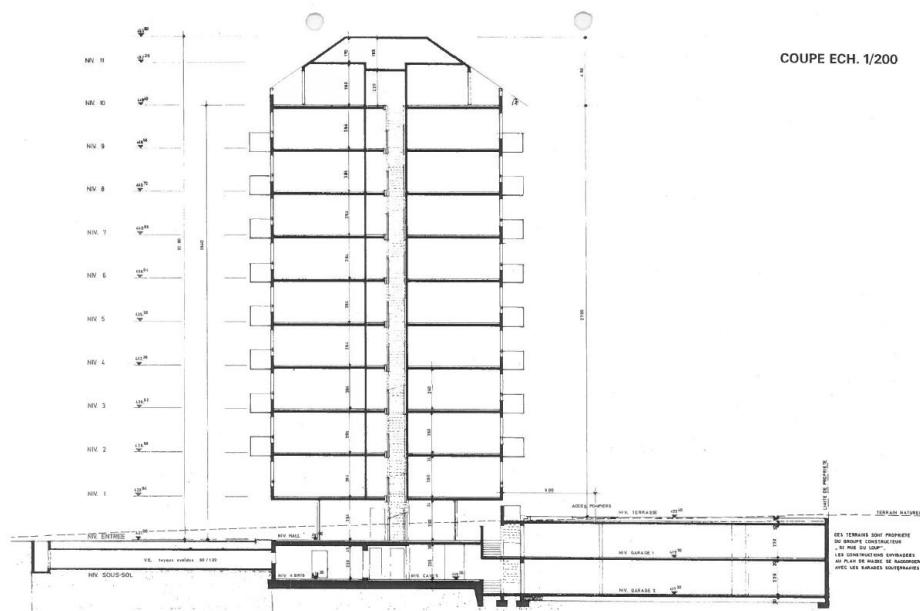
Plans, façades et coupes (architectes : Atelier d'études et de réalisation / 1971)



Plan d'ensemble



Plan de l'étage type



Coupe transversale

NB : Les dessins ne sont pas à la même échelle.

Typologie G1



Barres d'habitation appartenant à cette typologie :
2.9 ; 4.1 à 4.10 ; 5.11 ; (5.13) ; 5.14 ; 5.15 ; 5.16 ; 5.18.

Evaux 1-9

Description de l'objet :

Adresse : Rue des Evaux 1-9

Situation : 1213 Onex (GE)

Zone (selon étude) : Z5

Identifiant barre : 5.13

Nombre d'allées : 5

Construction : 1963 (plans d'exécution)

Patrimoine : Sans intérêt particulier selon le SMS

Orientation : S-O / N-E

Type de toiture : Plate

Type de façade S-O : [F7]

Type de façade N-E : [F8]

Type d'objet : Typologie [G1]

Bâtiment de référence :

Adresse : Rue des Evaux 1

Surface énergétique ¹ : 3430 m² (2010) ; 3787 m² (2011)

Niveaux chauffés hors-sol : 9

Nombre de logements : 54

Nombre de pièces : 170

Occupants : 80 (selon FCBL 2012)

Données spécifiques (Typologie) :

Facteur de forme : 0.74

Nombre de façade mitoyenne : 1

Taux de surface vitrée :

- Façade S-O : 45%

- Façade N-E : 59%

- Pignon S-E : 5%

Données spécifiques (Energie) :

Chaleur ²:

- IDC 2010 : 480 MJ/m²_{SRE}/an (SITG)

- IDC 2011-2013 : 470 MJ/m²_{SRE}/an (SITG)

- IDC estimé (allée) : 443 MJ/m²_{SRE}/an

- Agent énergétique : Chauffage à distance (CADIOM)

- Panneaux solaires : Non

Électricité (2011-2013) ³:

- Elec communs : 5.7 kWh/m²_{SRE}/an

- Elec ménage : 26.3 kWh/m²_{SRE}/an ; 1847 kWh/log/an

Autres :

- Ventilation : Extraction mécanique (sans récup.)

- Ascenseur : Oui

- Buanderie : Oui

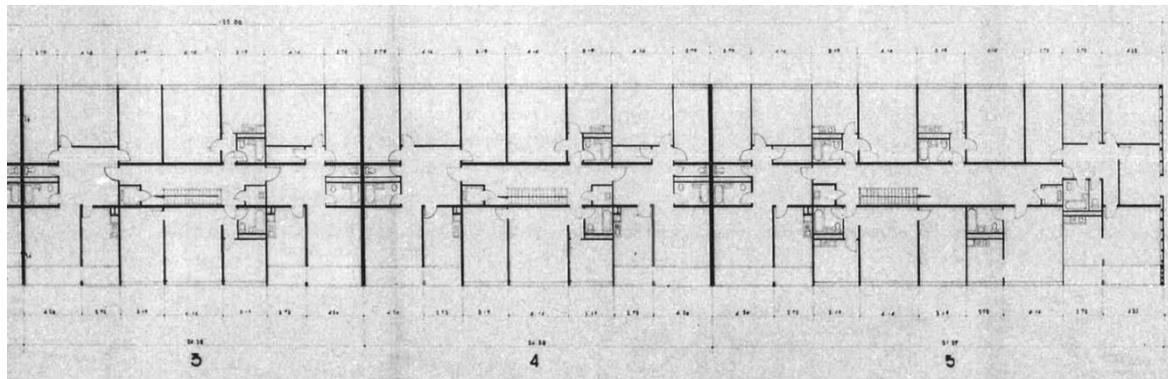
¹ La surface énergétique (SRE ou A_E) fournie en 2010 est de 3430 m². Cette surface, recalculée en 2011 selon SIA 416/1 :2007, s'élève à 3787 m².

² Les Indices de Dépense de Chaleur (IDC) calculés à partir de 2011 ne peuvent pas être comparés avec les valeurs de 2010 et antérieures.

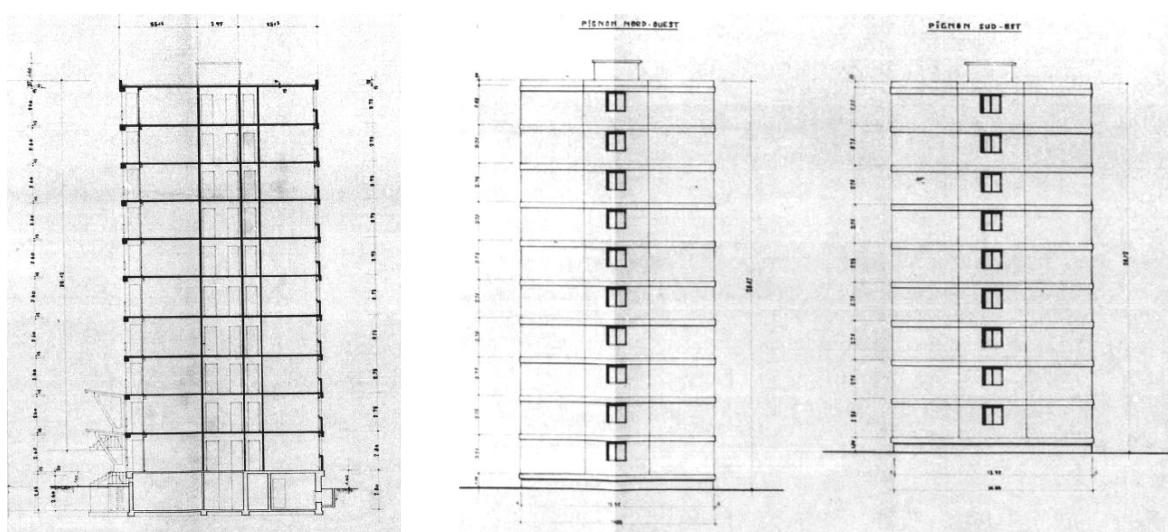
Pour estimer l'IDC du bâtiment de référence, la répartition de la consommation a été faite par le bureau Signa-terre selon la SRE.

³ Source : Services Industriels de Genève.

Plans, façades et coupes (1965)

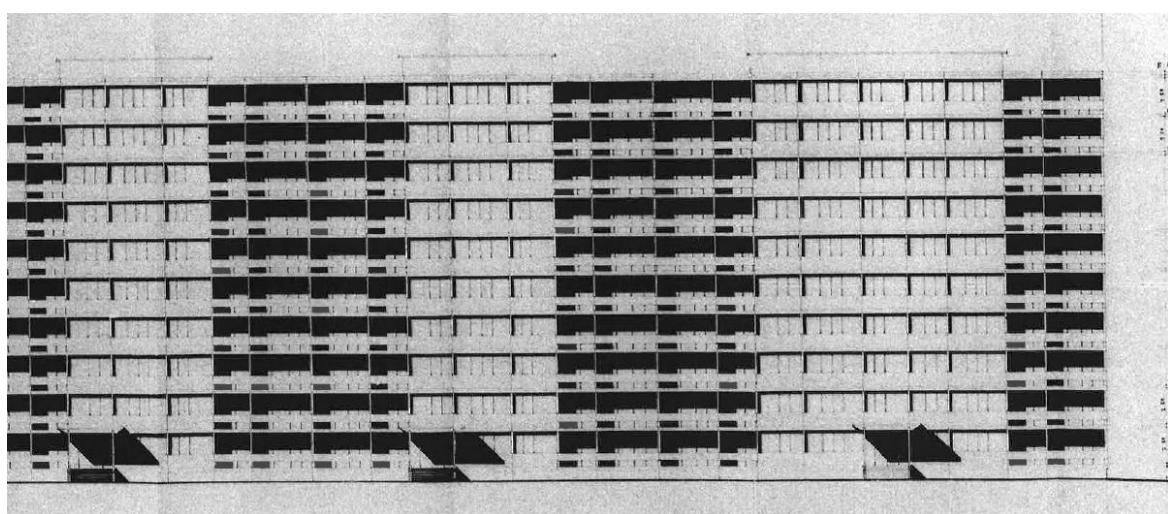


Plan de l'étage type



Coupe transversale

Façades pignons



Façade N-E – type [F8] avec balcons encastrés

NB : Les dessins ne sont pas à la même échelle.

4.7 Contenu de la base de données élaborée pour le projet

Une base de données contenant les paramètres listés dans le Tableau 11 a été élaborée pour les 295 bâtiments résidentiels collectifs analysés dans le cadre de ce projet. Elle a été mise à disposition de la Ville d'Onex, conformément aux droits de propriété intellectuelle découlant du contrat signé en mars 2015 entre l'UNIGE et la Ville d'Onex.

Paramètres	Description
Nzone	Numéro de la zone géographique Z1 à Z6 (cf. partie 2.2 du rapport)
#/section	Numéro du bâtiment (allée) par zone géographique
Egid	Identifiants des 295 bâtiments résidentiels collectifs
Adresse	Numéro et nom de la voie
Réf_barre	Identifiants des 77 barres d'habitation. Chaque barre est composée de plusieurs allées (ex. barre 6.9 : barre n° 9 située dans la zone 6)
N_allées	Nombre d'allées compris dans une barre.
Orientation	Orientation des façades principales (ex. SO-NE)
N_F-ext	Nombre de façades contre extérieur des bâtiments
SRE	Surface de référence énergétique des bâtiments 2010 et 2011
Typologie bâti	Famille typologique des bâtiments, cat. [A] à [H] (cf. partie 4.4 du rapport)
Bât-type select.	Bâtiments types représentatifs des familles typologiques A à G1, (1= sélectionné ; 0 = non sélectionné)
Type F-nord	Type de façades orientées nord (cf. partie 4.2 du rapport)
Type F-sud	Type de façades orientées sud (cf. partie 4.2 du rapport)
Type toiture	Type de toiture (cf. partie 4.3 du rapport)
Solaire (SITG)	Présence d'installations solaires sur le toit des bâtiments, selon observation sur SITG (oui = sol, non = -)
Tv F-pignon	Taux de surface vitrée des façades pignons (recensé uniquement pour les bâtiments appartenant aux familles typologiques A à G1)
Tv F-sud	Taux de surface vitrée des façades orientées sud (le taux de surface vitrée des bâtiments types a été affecté à tous les bâtiments de même famille, pour les catégories A à G1 ; voir texte ci-dessous)
Tv F-nord	Taux de surface vitrée des façades orientées nord (le taux de surface vitrée des bâtiments types a été affecté à tous les bâtiments de même famille, pour les catégories A à G1 ; voir texte ci-dessous)

Tableau 11. Catalogue des paramètres figurant dans la base de données élaborée

Remarque : Le taux de surface vitrée des façades a été recensé uniquement pour les bâtiments appartenant aux familles typologiques A à G1. Plus précisément, le taux de surface vitrée des **façades pignons** a été estimé pour chaque bâtiment en se basant sur les métrés des bâtiments types et sur observation des photos des bâtiments depuis le système d'information du territoire à Genève (SITG).

Pour les **façades principales** (nord et sud), le taux de surface vitrée des bâtiments n'a pas été estimé pour chaque allée. Nous avons choisi d'affecter ici le taux de surface vitrée des façades des bâtiments types à tous les bâtiments de même famille typologique, tout en respectant le type de façade et son orientation.

Néanmoins, il convient de noter d'après nos observations que les taux de surfaces vitrées des façades principales situées dans les allées centrales sont globalement plus élevés que ceux calculés pour les allées pignon, car ces derniers possèdent dans la plupart des cas des murs de contreventement. Les valeurs données pour les allées centrales peuvent donc être considérées en moyenne comme conservatrices.

5. Analyse énergétique

La dernière partie du rapport dresse un état des lieux de la consommation énergétique des bâtiments de la Cité nouvelle d'Onex et compare les performances entre les différentes familles typologiques.

5.1 Energie finale (IDC) pour le chauffage et l'ECS par typologie

Les données énergétiques utilisées pour cette analyse proviennent de la base de données énergie de l'OCEN. Etant donné que le mode de calcul de l'IDC a été modifié après l'entrée en vigueur de la nouvelle loi cantonale sur l'énergie, les indices calculés à partir de 2011 (OCEN, 2013) ne peuvent pas être comparés avec les valeurs de 2010 et antérieures (OCEN, 2006). Nous avons donc décidé de présenter les résultats pour les années 2010, 2011 et 2014.

L'indicateur choisi, qui est l'indice de dépense de chaleur IDC, représente la quantité annuelle d'énergie finale consommée pour la production de chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire), ramenée à 1 m² de plancher chauffé (SRE) et normalisée en fonction des degrés-jours de chauffage de l'année considérée.

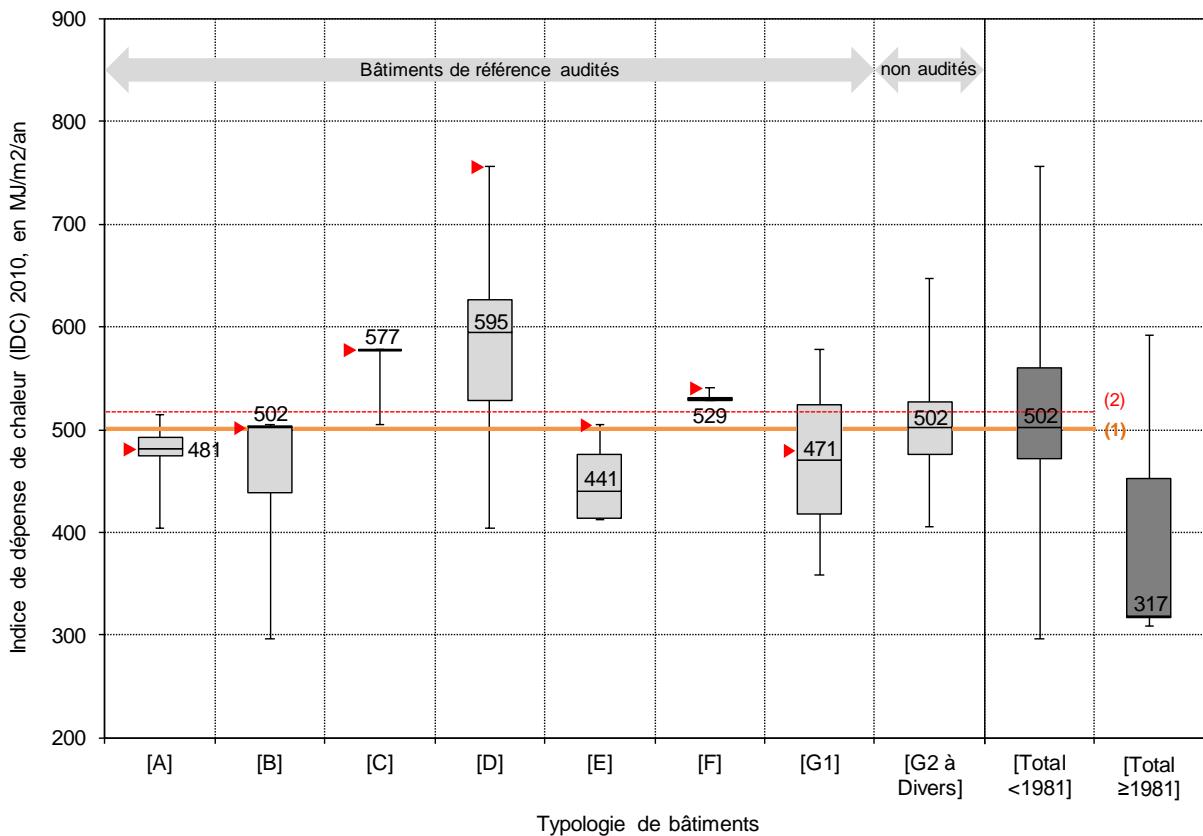
Les Figures 14 et 15 présentent dans les pages suivantes la répartition en percentiles des indices de dépense de chaleur des immeubles d'habitation à Onex en 2010 et 2011, en fonction des différentes familles typologiques (se référer au point 4.4 pour la définition des typologies). Les flèches rouges sur la Figure 14 indiquent les indices des bâtiments types. Les résultats pour l'année 2014 sont présentés à l'Annexe 3.

Ces graphiques permettent de fournir les informations suivantes en partant du bas vers le haut : tout d'abord la valeur minimale, puis le premier quartile qui représente la valeur pour laquelle 25% des indices sont inférieurs, ensuite la médiane qui correspond à la valeur centrale de la distribution (valeur indiquée sur le graphique). Les deux limites suivantes sont le troisième quartile qui représente la valeur pour laquelle 25% des indices sont supérieurs et la valeur maximale de la distribution. En dessous de chaque figure se trouve un tableau récapitulatif des indices. Toutes les valeurs présentées sont normalisées climatiquement.

Les résultats montrent globalement une dispersion importante des consommations énergétiques au sein des familles typologiques. On remarque aussi la tendance suivante : d'une part les bâtiments situés en dessus de la barre des 600 MJ/m²a n'ont pas subi d'importants travaux d'amélioration énergétique depuis leur construction, alors que les bâtiments déjà rénovés dans les années 90 consomment en moyenne entre 450 et 600 MJ/m²a. C'est le cas par exemple du bâtiment situé à la rue Compte-Géraud 8-14 (typologie A) qui a été rénové énergétiquement au début des années 90 (isolation périphérique de l'enveloppe) et qui consomme 464 MJ/m²a en 2010. Cette valeur est proche de l'indice médian des bâtiments de la famille typologique A, soit 481MJ/m²a. L'étude effectuée par (Weber, Lachal, Gsponer, & Guisan, 1991) fournit plus d'informations sur les travaux effectués sur ce bâtiment.

D'autre part, les bâtiments rénovés à partir de 2000 se situent globalement en dessous de la barre des 400 MJ/m²a. C'est le cas par exemple du bâtiment situé à l'avenue du Gros-chêne 40-42 et qui a été rénové conformément au standard Minergie en 2007-2008. Ce bâtiment qui a un indice IDC de près de 300 MJ/m²a en 2010 consomme le moins parmi les bâtiments de la famille typologique B. Cette opération de rénovation a fait l'objet d'un suivi énergétique sur deux ans par le groupe Energie de l'Université de Genève et les résultats détaillés figurent dans les études suivantes (Mermoud, Khoury, & Lachal, 2012) et (Khoury, 2014).

Figure 14. Energie finale (IDC) pour le chauffage et l'ECS par typologie en 2010
(la médiane est indiquée sur le graphique)



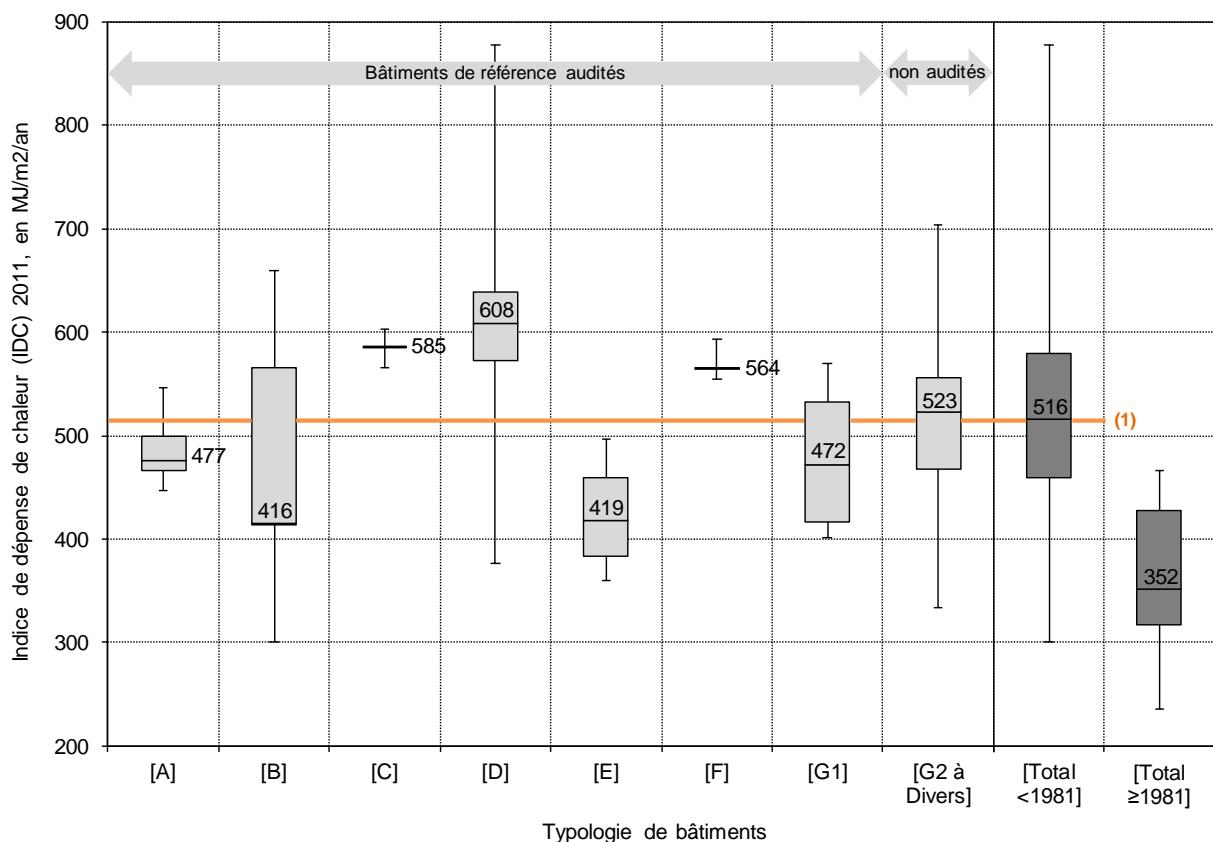
(1) IDC médian = 502 MJ/m²/an (Au total, 268 immeubles d'habitation construits avant 1981 et situés dans le périmètre de l'étude); Moyenne des IDC = 510 MJ/m²/an

(2) IDC médian en 2010 des immeubles d'habitation genevois construits entre 1946 et 1980 = 517 MJ/m²/an; Moyenne des IDC = 528 MJ/m²/an (cf. Thèse Khoury J., 2014)

Typologie	[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]	[G1]	[G2 à Divers]	[Total <1981]	[Total ≥1981]
IDC Min	404	297	505	404	412	529	359	406	297	309
Q1 (25p)	474	439	577	529	414	529	418	476	472	317
M (50p)	481	502	577	595	441	529	471	502	502	317
Q3 (75p)	493	503	577	626	476	529	524	528	560	452
IDC Max	514	505	577	756	505	539	578	647	756	591
Moy IDC	477	462	571	590	450	530	467	512	510	406
N.barre	7	4	2	15	4	1	15	28	76	3
N.bât (allée)	30	23	13	42	8	11	46	95	268	9

On constate aussi une différence marquée entre la performance énergétique des bâtiments construits avant et après 1981 (bâtiment existant versus bâtiment neuf). On peut lire par exemple sur la Figure 14 que l'IDC médian des bâtiments existants s'élève à $502 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ en 2010 alors qu'il atteint $317 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ pour les bâtiments neufs. Un écart de même ordre de grandeur apparaît à la Figure 15. On remarque également sur la Figure 14 que l'IDC médian des immeubles d'habitation analysés à Onex ($502 \text{ MJ/m}^2\text{a}$) est légèrement inférieur à celui du parc résidentiel collectif genevois d'après-guerre (1946-1980) qui s'élève à $528 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ en 2010 selon (Khoury, 2014).

Figure 15. Energie finale (IDC) pour le chauffage et l'ECS par typologie en 2011
(la médiane est indiquée sur le graphique)



(1) IDC médian = $516 \text{ MJ/m}^2\text{an}$ (Au total, 273 immeubles d'habitation construits avant 1981 et situés dans le périmètre de l'étude);
Moyenne des IDC = $523 \text{ MJ/m}^2\text{an}$

Typologie	[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]	[G1]	[G2 à Divers]	[Total <1981]	[Total ≥1981]
IDC Min	447	301	565	376	360	555	401	334	301	235
Q1 (25p)	466	414	585	573	383	564	417	467	460	317
M (50p)	477	416	585	608	419	564	472	523	516	352
Q3 (75p)	499	565	586	639	459	564	532	556	579	428
IDC Max	547	659	603	878	497	592	570	704	878	466
Moy IDC	483	466	586	613	424	568	480	526	523	366
N.barre	7	4	2	15	4	1	15	28	76	5
N.bât (allée)	30	24	13	42	8	11	46	99	273	17

Ceci est dû principalement au fait que la plupart des bâtiments onésiens consomment de la chaleur (énergie déjà transformée) par le biais du réseau CADIOM, contrairement à la majorité des bâtiments du canton qui consomment du fossile. Dans ce dernier cas, les pertes de transformation des chaudières sont comptabilisées par l'indicateur, ce qui pourrait expliquer le fait que l'indice du canton est légèrement supérieur à celui des immeubles d'Onex. Dans la partie suivante, nous verrons que la demande médiane de chauffage (Q_h) des bâtiments onésiens en 2010 est néanmoins supérieure à celle du secteur résidentiel collectif genevois construit après-guerre.

Enfin, nous avons constaté que les indices de dépense de chaleur des bâtiments peuvent varier fortement entre les années 2010, 2011 et 2014, pour des raisons qu'on ignore (données erronées, modification du mode de calcul de l'indice, modification de la SRE, travaux d'amélioration énergétique, etc.). Ce point mériterait d'être approfondi dans des recherches ultérieures.

5.2 Energie utile (Q_h) pour le chauffage par typologie et potentiels d'économie

Afin de s'affranchir de l'influence des agents énergétiques et de la consommation d'eau chaude sanitaire des occupants, les résultats présentés dans cette partie ont été exprimés en besoin de chauffage qui correspond à la chaleur utile nécessaire pour le chauffage des pièces.

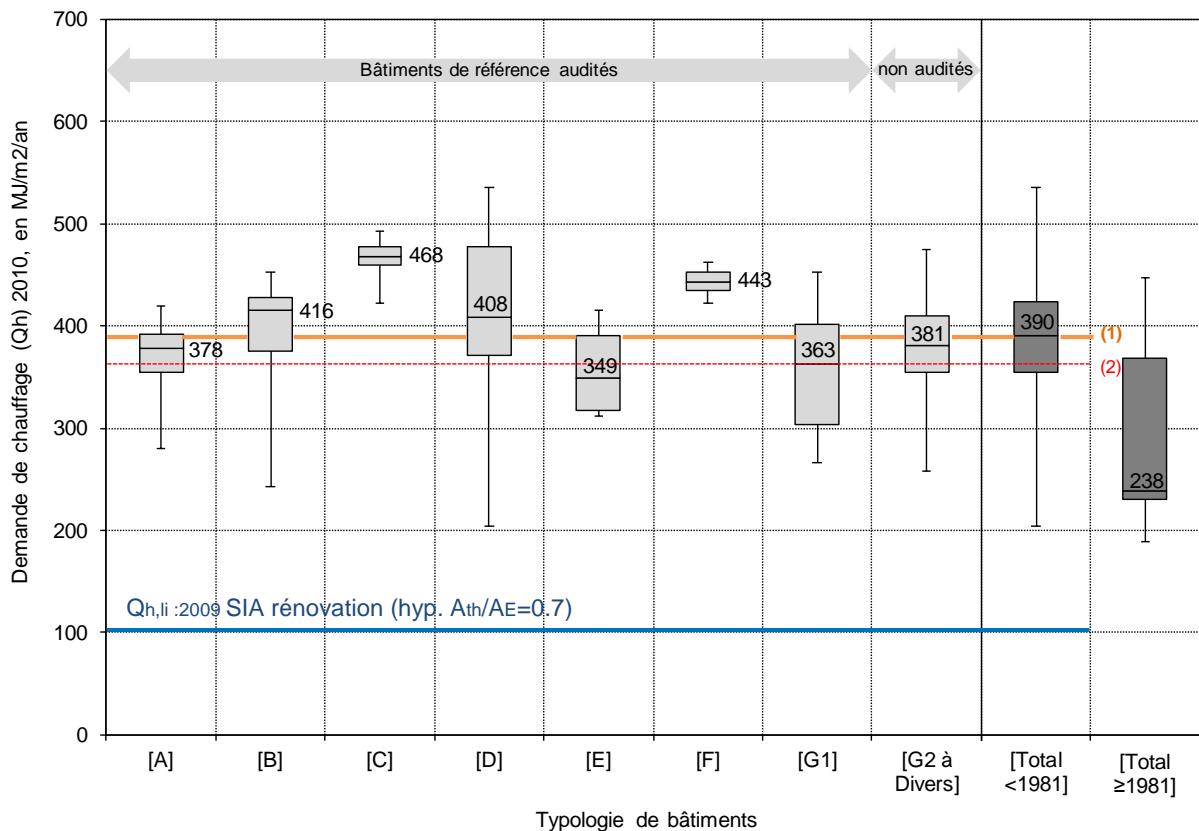
Pour y arriver, les besoins de chaleur des bâtiments ont été tout d'abord calculés à partir des données de consommation d'énergie finale et des fractions utiles de production. En soustrayant les besoins d'ECS des besoins totaux de chaleur, nous avons ensuite obtenu les besoins utiles de chauffage (Q_h) des bâtiments. Les besoins de chaleur pour l'ECS ont été déterminés pour chaque allée à partir du nombre d'habitants. La méthode complète adoptée pour le calcul est explicitée au point 2.5.6.1 de la thèse de doctorat de (Khoury, 2014).

La Figure 16 montre les besoins en chauffage des bâtiments de la Cité Nouvelle d'Onex en fonction des différentes familles typologiques en 2010. On constate que les besoins des bâtiments construits avant 1981 varient globalement entre 200 et 550 MJ/m²a, avec une valeur moyenne de 387 MJ/m²a. Cette valeur est proche de la valeur médiane qui s'élève à 390 MJ/m²a. Elle est toutefois plus élevée que le besoin médian de chauffage du secteur résidentiel collectif genevois construit après-guerre (1946-1980) qui atteint 364 MJ/m²a.

On peut observer également que les bâtiments onésiens construits après 1981 consomment en moyenne 150 MJ/m²a de moins que ceux des bâtiments plus récents construits après cette date (352 contre 516 MJ/m²a). Enfin, la comparaison des besoins réels de chauffage des bâtiments existants avec la valeur limite des besoins de chauffage à respecter selon la norme SIA 380/1 :2009 en vigueur (environ 100 MJ/m²a si on considère un facteur de forme moyen de 0.7) met en évidence un fort potentiel théorique d'économie d'énergie de chauffage.

La mobilisation de ce potentiel d'économie d'énergie nécessite à la fois d'accélérer le rythme des rénovations énergétiques des bâtiments à Onex, et d'augmenter la qualité des travaux effectués de façon à réduire l'écart entre les économies d'énergie prédictes et effectivement réalisées. Ceci constitue un des objectifs à moyen terme que ce programme coordonné de rénovation thermique de la Cité Nouvelle d'Onex devrait permettre d'atteindre.

Figure 16. Besoins en chaleur pour le chauffage des bâtiments par typologie en 2010
(la médiane est indiquée sur le graphique)



(1) Besoin médian en chaleur pour le chauffage (Q_h) = 390 MJ/m²/an (Au total, 268 immeubles d'habitation construits avant 1981 et situés dans le périmètre de l'étude); valeur moyenne = 387 MJ/m²/an

(2) Besoin médian en chaleur en 2010 des immeubles d'habitation genevois construits entre 1946 et 1980 = 363 MJ/m²/an; valeur moyenne = 364 MJ/m²/an (cf. Thèse Khoury J., 2014)

Typologie	[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]	[G1]	[G2 à Divers]	[Total <1981]	[Total ≥1981]
IDC Min	280	243	423	203	312	423	267	258	203	189
Q1 (25p)	355	375	460	372	317	435	304	354	355	231
M (50p)	378	416	468	408	349	443	363	381	390	238
Q3 (75p)	392	428	477	477	390	453	402	410	423	368
IDC Max	419	453	492	536	415	462	452	475	536	447
Moy IDC	369	386	466	410	356	443	359	381	387	294
N.barre	7	4	2	15	4	1	15	28	76	3
N.bât (allée)	30	23	13	42	8	11	46	95	268	9

5.3 Effet des rénovations énergétiques des bâtiments de la Cité-Nouvelle d’Onex sur le mix chaleur délivrée après la liaison des réseaux CADIOM et CADSIG

Bien qu'il n'ait pas été prévu d'aborder cette problématique dans le cadre de ce mandat, nous avons voulu amorcer ici la discussion suite aux questions soulevées au sein du groupe de suivi sur l'effet des rénovations énergétiques des bâtiments de la Cité Nouvelle d’Onex sur le mix chaleur délivrée après la liaison des réseaux CADIOM et CADSIG.

En fait, les bâtiments de la Cité-nouvelle d’Onex bénéficient depuis 2002 sur son territoire d'un réseau de chauffage à distance CADIOM dont la chaleur est produite à partir de l'incinération des ordures ménagères à l'usine des Cheneviers. En 2012, ce réseau (presque 100% chaleur fatale) a été connecté au réseau CADSIG (100% gaz) pour mieux valoriser la chaleur fatale et améliorer la sécurité d'approvisionnement énergétique en hiver.

La connexion de ces deux réseaux de chaleur et leurs perspectives d'évolution a été ensuite étudiée par le groupe Systèmes Énergétiques de l'Université de Genève dans le cadre du partenariat UNIGE-SIG (Services Industriels de Genève). Cette étude (Quiquerez et al., 2015) qui sera publiée très prochainement (rapport actuellement en cours de validation) a permis d'établir le mix chaleur fournie par ces deux réseaux durant l'année 2013-2014. Les résultats, qui sont présentés dans le Tableau 12 ci-dessous, dépendent bien entendu de plusieurs paramètres comme par exemple les conditions météorologiques, les quantités de déchets disponibles, le nombre de sous-stations raccordées et la gestion des fours.

Bilan 2013-2014	Chaleur fatale [%]	Chaleur gaz [%]
CADIOM	94%	6%
CADSIG	31%	69%
CAD TOTAL	56%	44%

Tableau 12. Mix chaleur délivrée par les réseaux CADIOM et CADSIG durant l'année 2013-2014 (source : Quiquerez et al., 2015)

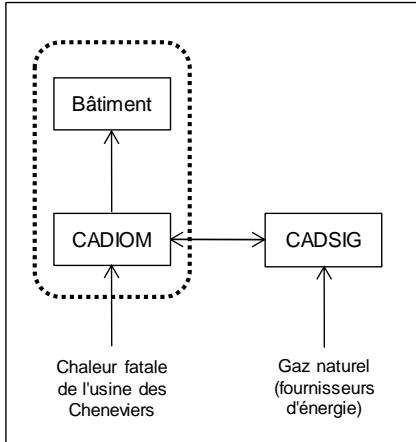
Pour discuter de l'impact d'une vague de rénovation énergétique massive des bâtiments de la Cité Nouvelle d’Onex sur le mix chaleur fournie aux bâtiments après la liaison des réseaux CADIOM et CADSIG, on distingue deux approches, qui doivent plutôt être appréhendées de manière complémentaires :

- Approche 1 : Chaleur fatale CADIOM utilisée en priorité pour Onex (raisonnement côté demande) ;
- Approche 2 : Mix chaleur en considérant le bilan global CADIOM-CADSIG (raisonnement côté ressource).

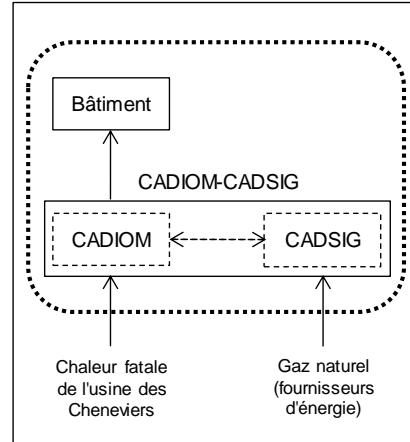
Ces deux approches sont illustrées de manière simplifiée à la Figure 17 suivante.

Figure 17. Représentation schématique simplifiée des relations selon les deux approches

Approche 1 : Chaleur fatale CADIOM utilisée en priorité pour Onex (approche demande)



Approche 2 : Mix chaleur en considérant le bilan global CADIOM-CAD SIG (approche ressource).

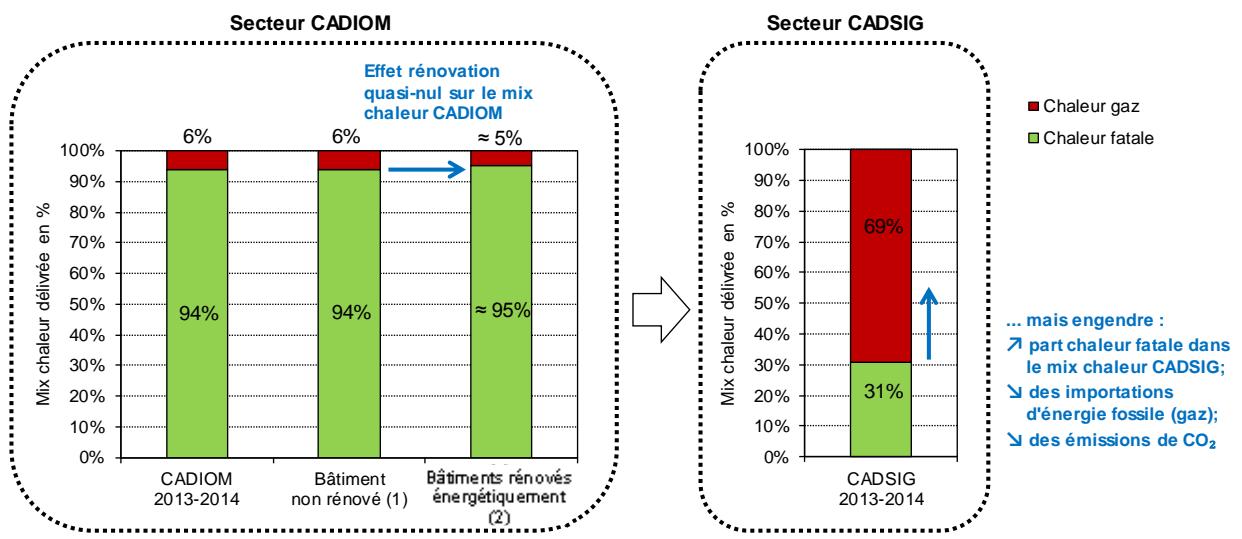


La **première approche** considère que la chaleur fatale provenant de l'incinération des ordures ménagères aux Cheneviers (CADIOM) est prioritaire pour les bâtiments onésiens. Ainsi, la rénovation énergétique d'un bâtiment raccordé à ce réseau devrait permettre de réduire les quantités consommées de chaleur fatale. Cependant, la quasi-majorité de l'énergie consommée pour répondre aux besoins de chauffage et d'ECS du bâtiment avant rénovation est couverte par de la chaleur fatale (94%). Nous considérons dans ce cas un bâtiment qui a un profil de consommation proche de celui du réseau. La part restante couverte par du gaz est difficilement compressible dans le sens où plus de la moitié est due à des problèmes de gestion des fours aux Cheneviers (par exemple arrêt des deux fours en même temps) et l'autre moitié est nécessaire pour assurer l'énergie de pointe demandée durant les moments les plus froids de l'année (sécurité d'approvisionnement). Par conséquent, la rénovation énergétique des bâtiments onésiens va pouvoir légèrement augmenter le mix de chaleur CADIOM sans pourtant atteindre le 100% renouvelable. L'effet est donc considéré à la Figure 18 comme quasi-nul avec un mix estimé de 95% chaleur fatale / 5% gaz.

D'autre part, la quantité de chaleur fatale économisée par les rénovations réalisées sur la commune d'Onex permet de substituer du gaz naturel sur le réseau CAD SIG, d'augmenter la part renouvelable dans le mix chaleur des bâtiments raccordés au réseau CAD SIG et de contribuer à la réduction de l'énergie fossile importée (gaz naturel) et des émissions de CO₂ relatives à cette consommation (cf. Figure 18, à droite).

Enfin, l'indice énergétique des bâtiments en rénovation et raccordés à CADIOM (presque 100% chaleur fatale) continue d'être favorablement pondéré avec un facteur de 0.6 (facteur utilisé pour la chaleur à distance avec minimum 50% d'énergies renouvelables ou de rejets de chaleur). Ainsi, les entreprises qui effectuent des audits énergétiques pourront continuer à utiliser ce facteur de pondération comme un levier pour le déclenchement des travaux de rénovation énergétique, sachant que les besoins de chauffage du bâtiment rénové doivent encore respecter les normes SIA en vigueur.

Figure 18. Effet des rénovations énergétiques des bâtiments de la Cité-Nouvelle d'Onex sur le mix chaleur des réseaux CADIOM et CADSIG (approche 1, voir texte)



On peut donc considérer que dans l'approche 1, où le réseau est considéré comme 2 systèmes séparés mais connectés, la rénovation massive des bâtiments de la Cité-Nouvelle d'Onex ne permet pas une augmentation importante de la part de chaleur fatale dans le mix de chaleur du réseau CADIOM. Les bénéfices énergétiques et non énergétiques sont ici perçus principalement sur le secteur CADSIG (100% gaz).

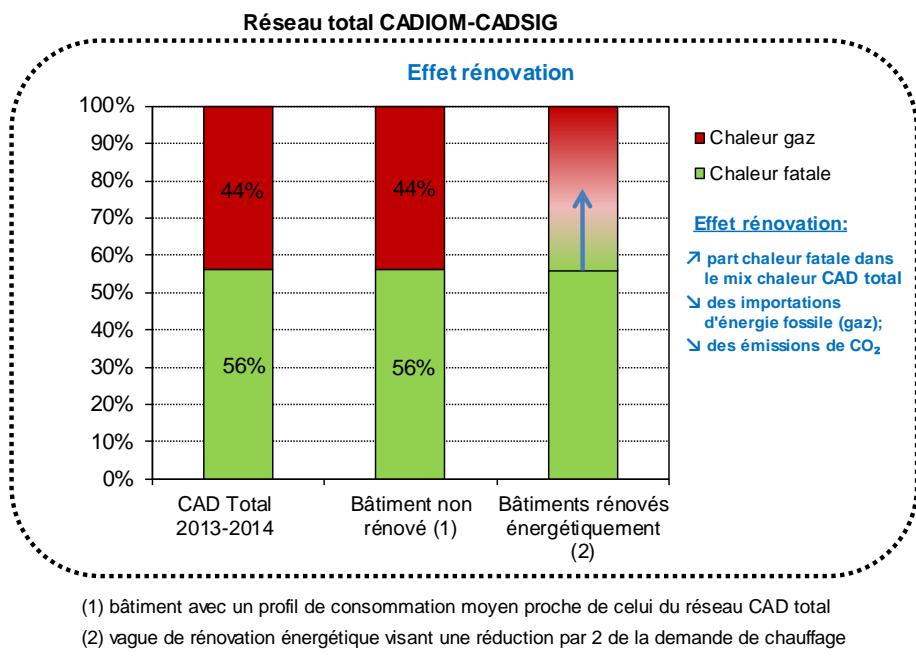
La deuxième approche (indiquée également approche « ressource ») considère que la chaleur fatale provenant de l'incinération des ordures ménagères du canton n'est pas uniquement mise à profit de la commune d'Onex. Il convient dans cette approche de considérer le bilan énergétique global des deux réseaux de chaleur à distance CADIOM et CADSIG pour discuter de l'influence des rénovations énergétiques des bâtiments de la Cité-Nouvelle d'Onex sur le mix chaleur du CAD total.

Selon l'étude citée plus haut, le mix de chaleur fournie par le réseau total (CADIOM + CADSIG) en 2013-2014 est de 56% chaleur fatale et 44% gaz naturel (cf. Tableau 12). Un bâtiment ayant un profil de consommation proche de celui de ce réseau sera alimenté à l'heure actuelle par ce même mix de chaleur.

Contrairement à l'approche précédente, où la part de chaleur fatale dans le mix de chaleur CADIOM reste quasi-la même indépendamment du fait que les bâtiments soient rénovés énergétiquement ou pas, on constate ici que la rénovation thermique des bâtiments de la Cité Nouvelle d'Onex permet d'économiser surtout du gaz en hiver et environ moitié gaz/moitié chaleur fatale en mi-saison. Ainsi, la part de chaleur fatale dans le mix pourrait augmenter drastiquement pour atteindre plus de 75% si on vise par exemple une réduction de moitié de la demande de chauffage de tous les bâtiments raccordés aux deux réseaux (ordre de grandeur

indiqué schématiquement à la Figure 19, qui mérite d'être confirmé dans une étude ultérieure).

Figure 19. Effet des rénovations énergétiques des bâtiments de la Cité-Nouvelle d'Onex sur le mix chaleur du réseau total CADIOM +CADSIG (approche 2, voir texte)



Etant donné que la rénovation engendre ici également une augmentation du mix chaleur renouvelable du réseau, il serait peut-être opportun de conserver le facteur de pondération Minergie en tant que levier pour accélérer le taux de rénovation énergétique. Néanmoins, l'accent devrait être aussi mis sur l'amélioration de la qualité de ces rénovations. Cette analyse mérite bien entendu d'être approfondie dans le cadre d'une nouvelle étude. L'étude (Quiquerez et al., 2015) propose plusieurs évolutions possibles en tenant compte de l'évolution de la demande et de la pénétration de nouvelles sources d'énergie renouvelable dans le réseau total.

En conclusion, la rénovation massive des bâtiments de la Cité Nouvelle d'Onex permettrait, dans les deux approches présentées, d'augmenter au niveau cantonal la part de chaleur fatale dans le mix chaleur des réseaux, de réduire l'importation d'énergie fossile (gaz naturel) et de contribuer à la réduction des émissions cantonales de CO₂.

6. Conclusions et perspectives

La présente étude fournit un accompagnement méthodologique comprenant une analyse typologique des bâtiments de la Cité Nouvelle d'Onex et un état des lieux de la consommation énergétique de ce parc. Elle s'inscrit dans le cadre d'un projet pilote, initié par la Ville d'Onex et l'Etat de Genève, qui vise à mettre en place avec des partenaires privés et publics un programme coordonné de rénovation énergétique des immeubles de la Cité d'Onex. Une démarche en 5 étapes a été élaborée pour ce projet et regroupe des activités techniques et des parties de négociation et d'engagement politique. Elle vise à accélérer le rythme des rénovations énergétiques des bâtiments de la Cité en proposant aux maîtres d'ouvrage de bénéficier d'un accompagnement et d'une démarche administrative facilitée pour rénover.

Cette étude a porté sur près de 300 bâtiments résidentiels collectifs, répartis en 6 sous-secteurs géographiques et totalisant une surface de référence énergétique d'environ 0.5 millions de m². Aucun de ces bâtiments n'est touché par des mesures de conservation du patrimoine, selon le diagnostic effectué par le Service cantonal des monuments et des sites.

L'analyse typologique de ces bâtiments a permis d'identifier 10 types de façades principales F1 à F10 et deux principaux types de toitures : les toitures plates et inclinées (à 2, 3 ou 4 pans). Les différentes combinaisons de types de façades nous ont ensuite permis de définir 12 grandes familles typologiques de bâtiments (typologie A à I). Une analyse plus fine a été effectuée sur les 7 familles (A à G1) qui présentent un enjeu énergétique important. Ces familles regroupent près de deux tiers du nombre total de bâtiments analysés et environ trois quart de la surface énergétique totale. Un exemple de bâtiment type a été choisi pour représenter chacune de ces familles typologiques et fait l'objet d'une fiche descriptive détaillée comprenant des données typologiques, énergétiques et architecturales. Cette méthodologie devrait permettre de mieux évaluer des stratégies optimisées de rénovation énergétique par famille de bâtiments. Enfin, les principaux résultats d'analyse ont été présentés sous forme de cartes et figurent dans une base de données élaborée à ce propos.

Plus globalement, les fiches de bâtiments types ont été complétées dans le cadre de ce projet par des audits énergétiques et de vétusté comprenant des bouquets de travaux d'amélioration énergétique visant le label Minergie pour la rénovation. Une transposition énergétique des résultats à l'ensemble du périmètre de la Cité Nouvelle d'Onex est aussi prévue afin de mettre à disposition de chacun des propriétaires un audit simplifié par bâtiment.

Sur le plan énergétique, l'étude montre que les besoins de chauffage des bâtiments de la Cité d'Onex varient globalement entre 200 et 550 MJ/m²a, avec une valeur médiane qui s'élève à 390 MJ/m²a (valeur moyenne : 387 MJ/m²a). Cette valeur est néanmoins plus élevée que celle du secteur résidentiel collectif genevois construit après-guerre (1946-1980), qui atteint 364 MJ/m²a en 2010. L'analyse des indices IDC des bâtiments (énergie finale pour le chauffage et l'ECS) montre une tendance inverse, du fait principalement de l'influence des agents énergétiques utilisés.

Les résultats montrent aussi une dispersion importante des consommations énergétiques au sein des familles typologiques et une différence marquée entre la performance énergétique des bâtiments existants et neufs. La comparaison des besoins réels de chauffage des bâtiments existants avec la valeur limite des besoins à respecter selon les normes en vigueur met en évidence un fort potentiel théorique d'économie d'énergie de chauffage. La mobilisation de ce potentiel nécessite à la fois d'accélérer le rythme des rénovations énergétiques et d'augmenter la qualité des travaux effectués de façon à réduire l'écart entre les économies d'énergie prédictes et réalisées. Enfin, une discussion sur l'effet d'une rénovation énergétique massive des bâtiments onésiens sur le mix chaleur délivrée après la connexion des deux réseaux de chauffage à distance CADION et CADSIG vient clôturer ce travail.

Cette étude présente également plusieurs perspectives intéressantes qui pourront faire l'objet de recherches ultérieures. Citons à titre d'exemple les pistes suivantes :

- Elaborer par un groupe d'experts interdisciplinaires un guide de bonnes pratiques pour la rénovation énergétique des bâtiments types, accompagné d'un catalogue de solutions regroupant des actions d'amélioration énergétique de l'enveloppe et des systèmes techniques spécifiques à chaque famille typologique ;
- Mettre en place une démarche de retours d'expérience qui consiste à collecter et regrouper les différentes solutions d'efficacité énergétique adoptées pour la rénovation des bâtiments de chaque famille typologique, en vue d'identifier et de généraliser les bonnes pratiques ;
- Evaluer le potentiel d'utilisation de la préfabrication à grande échelle en vue d'accélérer le rythme de rénovation énergétique des immeubles de la Cité-Nouvelle d'Onex ;
- Généraliser ce type de démarche à d'autres communes, et créer des plateformes locales de partage d'expérience qui regroupent, entre autres, les propriétaires de bâtiments de même famille typologique.

Bibliographie

- CET. (2013). *Planification énergétique territoriale de la commune d'Onex, Rapport d'étude du concept énergétique territorial CET*. Châtelaine-Genève: Etude effectuée par le bureau BG pour le compte de la Ville d'Onex.
- EPISCOPE. (2013). *IEE project EPISCOPE, cofunded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union*. Lien : <http://episcope.eu/>
- Fery, A., Lahrech, R. et Laurenceau, S. (2012). *Parc résidentiel francilien: fiches de réhabilitation pour des exemples de bâtiments types*. France: Etude effectuée par Augustine Fery, Rofaida Lahrech et Sylvain Laurenceau du CSTB. Lien : http://www.srcae-idf.fr/IMG/pdf/Cinq_batiments_types_cle02917b.pdf.
- Khoury, J. (2009). *Rénovations énergétiques des bâtiments résidentiels dans le canton de Genève, éléments-clés de la période post-Kyoto - Etude de cas de deux rénovations MINERGIE®*. Genève: Mémoire n°5 présenté à l'Université de Genève.
- Khoury, J. (2014). *Rénovation énergétique des bâtiments résidentiels collectifs: Etat des lieux, retours d'expérience et potentiels du parc genevois*. Genève: Thèse de doctorat, Faculté des sciences de l'Université de Genève.
- Mermoud, F., Khoury, J. et Lachal, B. (2012). *Suivi énergétique du bâtiment 40-42 de l'avenue du Gros-Chêne à Onex (GE), rénové selon le standard MINERGIE*. Genève: Mandat réalisé pour l'Office cantonal de l'énergie.
- OCEN. (2006). Directive pour le calcul de l'indice de dépense de chaleur (ancienne directive). Genève: Office cantonal de l'énergie. Lien : <http://ge.ch/energie/>
- OCEN. (2013). Directive relative au calcul de l'indice de dépense de chaleur (nouvelle directive). Genève: Office cantonal de l'énergie. Lien : <http://ge.ch/energie/>
- OFEN. (2012). *Stratégie énergétique 2050: premier paquet de mesures*. Berne: Office fédéral de l'énergie.
- Quiquerez, L., Faessler, J. et Lachal, B. (2015). *Réseaux thermiques multi-ressources efficents et renouvelables: Etude de cas de la connexion des réseaux thermiques CADIM (chaleur fatale) et CADSIG (gaz) à Genève et perspectives d'évolution*. Genève: Etude effectuée par Loïc Quiquerez, Jérôme Faessler et Bernard Lachal de l'Université de Genève, dans le cadre du partenariat SIG-UNIGE (rapport en cours de validation).
- Savoy, E. (2012). *Analyse urbanistique de la Cité nouvelle d'Onex, les bases d'une requalification*. Lausanne: Travail de diplôme à l'EPFL, énoncé théorique architecture. Lien : http://archivesma.epfl.ch/2013/069/savoy_enonce/savoy_elsa_enonce.pdf.

Schwehr, P. et Fischer, R. (2010). *Building Typology and Morphology of Swiss Multi-Family Homes 1919-1990*. Lucerne: Competence Centre for Typology and Foresight Planning in Architecture (CCTP), in collaboration with IEA ECBCS Annex 50 Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings.

TABULA. (2012). *Typology Approach for Building Stock Energy Assessment*. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt. Lien : www.building-typology.eu.

Weber, W., Lachal, B., Gsponer, A. et Guisan, O. (1991). Réhabilitation thermique d'un immeuble de 126 logements, construit en 1962 dans la banlieue de Genève. *Conférence Internationale Energie solaire et bâtiment (CISBAT'91)* (p. 203). Lausanne: Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie, CUEPE.

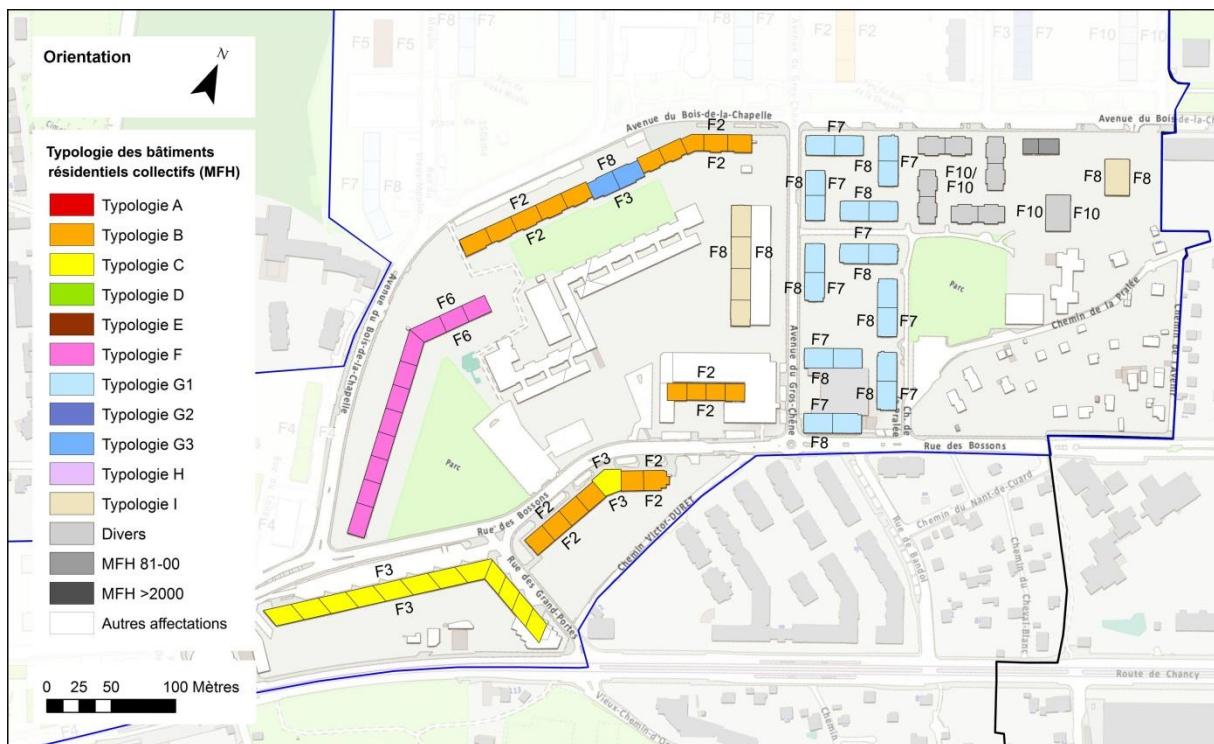
Annexes

Annexe 1. Cartes présentant les principaux résultats de l'analyse typologique par zones (se référer au point 4.2 pour les types de façades F1 à F10 ; et au point 4.4 pour les familles typologiques)

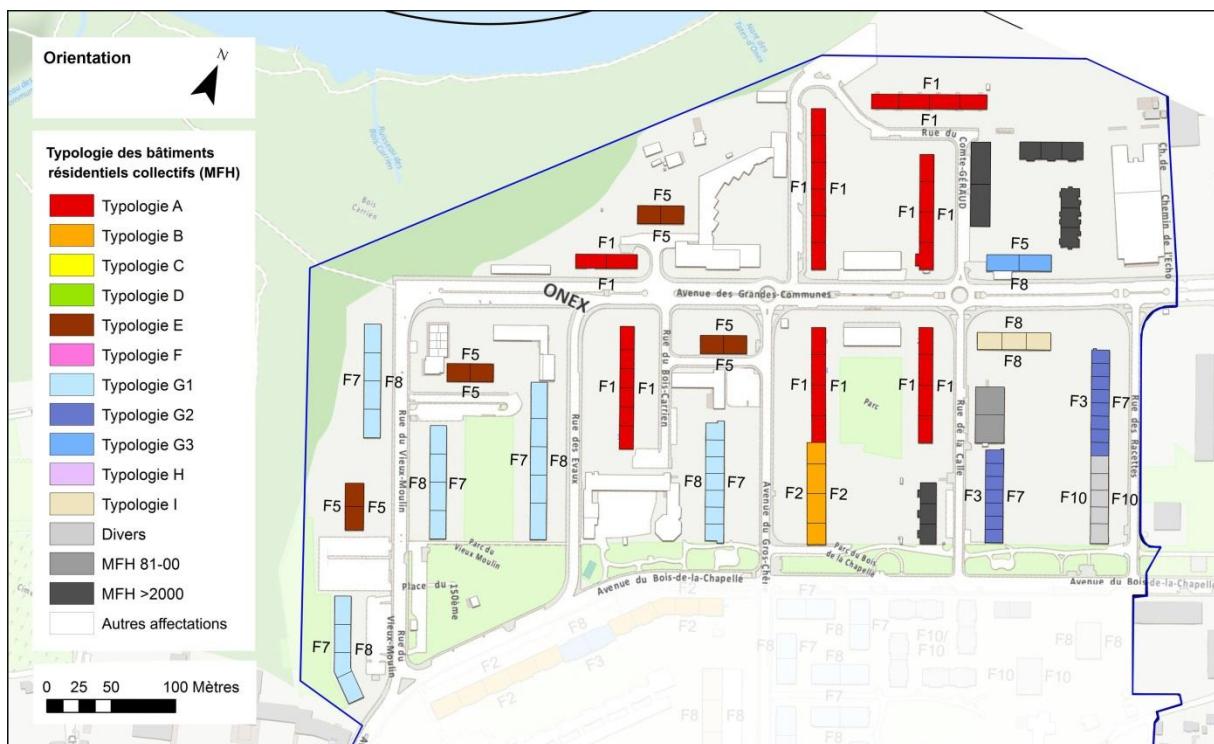
A1.1. Carte des zones 1 et 2



A1.2. Carte des zones 3 et 4

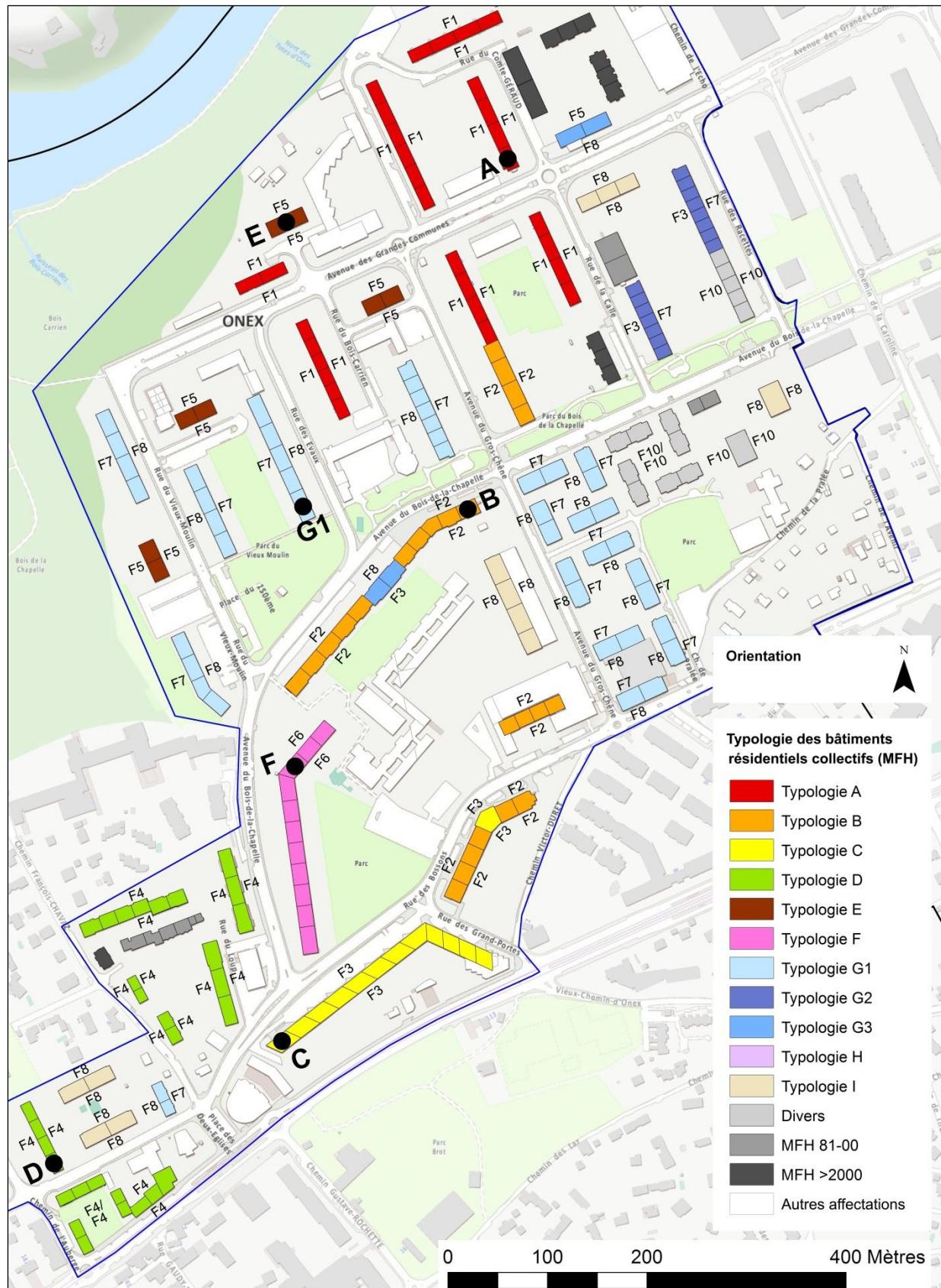


A1.3. Carte des zones 5 et 6

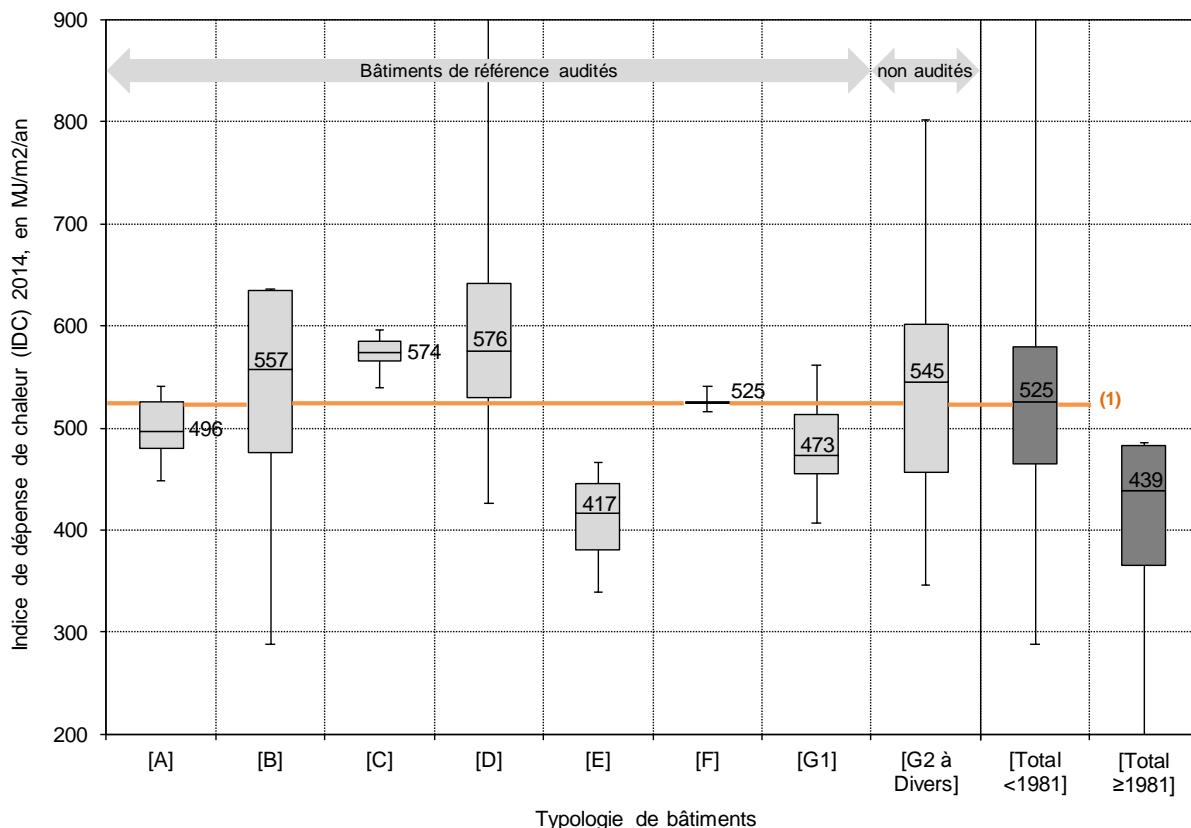


(Les familles typologiques sont renseignées par les surfaces colorées, alors que les types de façade sont indiqués devant les façades principales).

Annexe 2. Carte présentant les principaux résultats de l'analyse typologique ainsi que la localisation des 7 bâtiments types choisis, représentatifs des familles typologiques A à G1



Annexe 3. Répartition en percentiles des indices de dépense de chaleur IDC des immeubles d'habitation à Onex en 2014 (la médiane est indiquée sur le graphique)



(1) IDC médian = 525 MJ/m²/an (Au total, 270 immeubles d'habitation construits avant 1981 et situés dans le périmètre de l'étude); Moyenne des IDC = 538 MJ/m²/an

Typologie	[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]	[G1]	[G2 à Divers]	[Total <1981]	[Total ≥1981]
IDC Min	448	288	540	426	339	516	407	346	288	190
Q1 (25p)	480	476	566	530	380	524	455	457	465	366
M (50p)	496	557	574	576	417	525	473	545	525	439
Q3 (75p)	525	635	585	641	446	525	513	601	580	483
IDC Max	541	636	596	950	466	541	562	802	950	485
Moy IDC	500	543	573	607	410	525	479	553	538	390
N.barre	7	4	2	15	4	1	15	28	76	5
N.bât (allée)	30	23	13	42	8	11	46	97	270	15

Liste des Figures

Figure 1. Démarche en 5 étapes pour la réalisation d'un programme coordonné de rénovation énergétique de la Cité d'Onex	7
Figure 2. Situation et limite du périmètre de l'étude.....	9
Figure 3. Découpage du périmètre étudié en 6 zones géographiques (Z1 à Z6).....	10
Figure 4. Répartition des bâtiments et surfaces énergétiques selon l'époque de construction.....	13
Figure 5. Démarche en 6 étapes pour réaliser l'analyse typologique et choisir les bâtiments de référence	17
Figure 6. Classification des différents types de façades observées dans le périmètre étudié...	18
Figure 7. Répartition des façades principales de la Cité d'Onex par type de façade (se référer au point précédent pour la description des différents types)	21
Figure 8. Les différents types de toitures	22
Figure 9. Définition des familles typologiques de bâtiments en fonction des différentes combinaisons de types de façades	23
Figure 10. Présentation des différentes familles typologiques des immeubles d'habitation de la Cité-Nouvelle d'Onex	24
Figure 11. Répartition des familles typologiques en fonction du nombre de bâtiments (à gauche) et de la surface énergétique (à droite)	25
Figure 12. Carte des principaux résultats de l'analyse typologique.....	27
Figure 13. Position géographique et photos des 7 bâtiments types A à G1 (cf. Annexe 2 pour carte à grande échelle)	29
Figure 14. Energie finale (IDC) pour le chauffage et l'ECS par typologie en 2010 (la médiane est indiquée sur le graphique)	47
Figure 15. Energie finale (IDC) pour le chauffage et l'ECS par typologie en 2011 (la médiane est indiquée sur le graphique)	48
Figure 16. Besoins en chaleur pour le chauffage des bâtiments par typologie en 2010 (la médiane est indiquée sur le graphique)	50
Figure 17. Représentation schématique simplifiée des relations selon les deux approches....	52
Figure 18. Effet des rénovations énergétiques des bâtiments de la Cité-Nouvelle d'Onex sur le mix chaleur des réseaux CADIOM et CADSIG (approche 1, voir texte).....	53
Figure 19. Effet des rénovations énergétiques des bâtiments de la Cité-Nouvelle d'Onex sur le mix chaleur du réseau total CADIOM +CADSIG (approche 2, voir texte) ..	54

Liste des Tableaux

Tableau 1. Participants au groupe d'accompagnement du projet ONEX RENOVE	8
Tableau 2. Répartition des bâtiments compris dans le périmètre de l'étude selon le type d'affectation et les sous-secteurs géographiques (zones 1 à 6).....	11
Tableau 3. Répartition selon l'époque de construction des bâtiments, logements et pièces destinées à l'habitat collectif (total construit avant 1981).....	12
Tableau 4. Nombre de bâtiments et surfaces de référence énergétiques (SRE) en 2010 et 2014 en fonction de l'époque de construction.....	14
Tableau 5. Nombre de bâtiments et surfaces de référence énergétiques (SRE) en fonction du type de bâtiments	14
Tableau 6. Caractéristiques des différents types de façades recensés	20
Tableau 7. Nombre de façades principales selon le type de façade et la zone géographique ..	21
Tableau 8. Familles typologiques selon le nombre de bâtiments et la SRE.....	25
Tableau 9. Nombre de bâtiments selon la famille typologique et la zone géographique.....	26
Tableau 10. Présentation des 7 bâtiments types représentatifs des familles typologiques A à G1	28
Tableau 11. Catalogue des paramètres figurant dans la base de données élaborée.....	44
Tableau 12. Mix chaleur délivrée par les réseaux CADION et CADSIG durant l'année 2013-2014 (source : Quiquerez et al., 2015)	51

