

Ville d'Ottawa – Rapport intermédiaire sur l'analyse agrégée de la thermographie aérienne et de l'évaluation quantitative de Kanata et du centre-ville d'Ottawa



Le 19 décembre 2023

Rapport sur l'imagerie thermique à Ottawa

Préparé par QEA Tech pour les Services des changements climatiques et de la résilience de la Ville d'Ottawa, le rapport qui suit est basé sur l'exercice d'imagerie thermique de novembre 2022 et le sommaire du rapport présenté en 2023. © 2023, City of Ottawa. Tous droits réservés.

La préparation d'étude de faisabilité a été réalisée avec le concours du Fonds municipal vert, un fonds financé par le gouvernement du Canada et administré par la Fédération canadienne des municipalités. Malgré cet apport, les opinions exprimées sont celles des auteurs, et la Fédération canadienne des municipalités et le gouvernement du Canada n'assument aucune responsabilité à leur égard.



Table des matières

1	Synthèse administrative.....	2
2	Introduction.....	3
3	Méthodologie.....	3
4	Hypothèses et limitations.....	7
5	Résultats.....	8
5.1	Synthèse des problèmes relevés dans l’enveloppe des immeubles.....	8
5.2	Infiltration d’eau dans les immeubles.....	11
5.3	Valeur U effective des éléments des immeubles.....	12
5.3.1	Valeur U des éléments de l’enveloppe des immeubles.....	12
5.3.2	Comparaison avec le Code du bâtiment et avec le Plan de l’Évolution énergétique d’Ottawa.....	15
5.4	Pertes d’énergie des immeubles.....	17
5.5	Pertes d’énergie évitables dans les immeubles.....	21
5.6	Émissions de GES évitables.....	25
6	Conclusions.....	27
	Appendice A – Économies potentielles de GES par élément de l’enveloppe.....	28
	Appendice B – Détails des problèmes par aire de captation et par groupe d’âge.....	32
	Appendice C – Détails des valeurs U.....	50

1 Synthèse administrative

QEA Tech mène des missions complètes de vérification du rendement de l'enveloppe des bâtiments en faisant appel à des drones industriels, à la thermographie et à des logiciels exclusifs. En novembre 2022, QEA Tech a réalisé une opération de thermographie dans deux aires de captation spécifiques du centre-ville d'Ottawa et de Kanata, qui ont été établies par la Ville d'Ottawa. Cette opération a consisté à capter des images infrarouges à haute résolution d'au moins une façade et du toit de 190 immeubles dans ces deux aires de captation.

Dans le cadre de cette mission, QEA Tech a analysé les données qui avaient été recueillies auparavant afin de procéder à l'évaluation et à la synthèse de l'état de santé global de l'enveloppe des bâtiments dans ces deux aires de captation. Nous avons aussi fait appel à des groupes d'âge, soit les catégories établies d'après l'âge des bâtiments, afin de segmenter les données. Nous avons fait état, dans ce rapport, de plusieurs hypothèses associées à cette analyse.

L'analyse a permis de constater le piètre rendement de l'enveloppe des bâtiments dans l'ensemble des aires de captation et des groupes d'âge. D'après les relevés, aucune enveloppe de bâtiment ne respecte les exigences du Code du bâtiment de l'Ontario (2017). À Kanata, le rendement de l'enveloppe des bâtiments est légèrement supérieur à celui du centre-ville d'Ottawa. Nous avons relevé, sous une forme ou une autre, des problèmes d'enveloppe dans tous les bâtiments. Les liaisons entre les différents matériaux, le pontage thermique, l'inconstance ou la détérioration de l'isolant, les pertes de chaleur par les portes et les encadrements et l'accumulation d'humidité font partie des principaux problèmes constatés. Nous avons relevé des signes d'infiltration d'eau dans un peu plus des deux tiers (64 %) des bâtiments. Nous avons constaté que les problèmes d'infiltration d'eau étaient plus répandus dans les immeubles du centre-ville. Dans le centre-ville d'Ottawa, plus les immeubles sont vétustes, plus les problèmes d'humidité sont courants.

Selon les hypothèses adoptées par la Ville d'Ottawa dans le Plan de l'Évolution énergétique, on supposait que les enveloppes des bâtiments offraient un meilleur rendement que celui qu'on avait constaté dans les résultats de cette étude. Il faudra rehausser encore la résistance thermique de l'enveloppe des bâtiments par rapport à ce qui a été estimé dans le Plan de l'Évolution énergétique de la Ville pour atteindre les cibles dans la réduction des gaz à effet de serre (GES). Pour les 38 immeubles qui ont fait l'objet d'une analyse plus fouillée dans l'ensemble des données, les émissions de GES évitables étaient comprises entre 68 et 1 123 tonnes de CO₂e par an.

D'après les leçons apprises dans le cadre de ce projet, il faut étendre la durée de la collecte des données et capter un plus grand volume d'images thermiques par immeuble, exercer d'autres activités pour capter les températures intérieures de chaque immeuble et relever les températures ponctuelles de surface pour toutes les autres aires de captation afin d'améliorer l'exactitude et la précision des résultats.

2 Introduction

QEA Tech mène des analyses complètes du comportement thermique de l'enveloppe des bâtiments en faisant appel à des drones, à la thermographie et à des logiciels exclusifs. Grâce à notre technologie, nous savons où et comment l'énergie se perd dans l'enveloppe des bâtiments, et l'analyse permet au client de prioriser les travaux de réparation en évaluant l'amortissement et le rendement de l'investissement dans ces travaux.

Dans une précédente mission, QEA Tech a mené son opération de thermographie dans deux aires de captation spécifiques du centre-ville d'Ottawa et de Kanata, qui avaient été définies par la Ville d'Ottawa. (Ces aires sont représentées ci-après dans la section Méthodologie.) Ce projet a consisté à capter les images infrarouges à haute résolution d'au moins une façade et du toit des 190 immeubles dans ces deux aires de captation.

QEA Tech a par la suite mené l'analyse complémentaire des images à haute résolution et des images thermiques captées dans la précédente mission pour les deux aires de captation afin de procéder à l'évaluation et à la synthèse de l'état global de l'enveloppe des bâtiments dans ces deux aires de prélèvement.

Le périmètre de l'analyse était constitué :

- du nombre et du pourcentage des immeubles réputés avoir de graves problèmes associés à leur enveloppe dans Kanata et dans le centre-ville d'Ottawa;
- du nombre et du pourcentage des immeubles dans lesquels les infiltrations d'eau étaient évidentes;
- de la valeur R/U efficace moyenne des éléments de l'enveloppe des bâtiments dans Kanata et dans le centre-ville d'Ottawa;
- de la perte moyenne d'énergie par mètre carré de l'enveloppe de chaque bâtiment dans Kanata et dans le centre-ville d'Ottawa;
- du potentiel d'économie d'énergie et du potentiel de réduction des GES par mètre carré de l'enveloppe des bâtiments dans Kanata et dans le centre-ville d'Ottawa;
- de toutes les autres grandes habitudes et tendances, ainsi que des habitudes et des tendances potentielles à soumettre à une analyse plus fouillée;
- de la valeur U efficace moyenne pour les murs et les toits, calculée par QEA Tech par rapport au tableau des hypothèses de l'Évolution énergétique de la Ville d'Ottawa pour la catégorie d'âge.

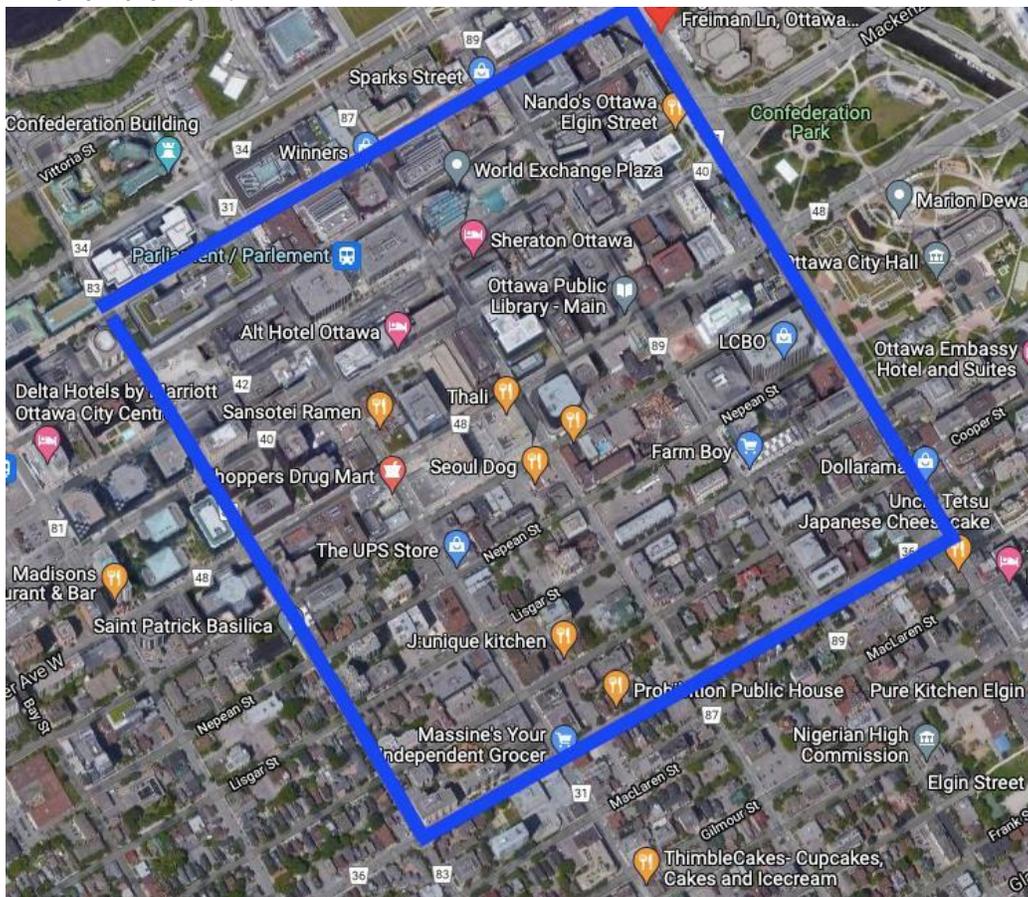
3 Méthodologie

En novembre 2022, trois équipes ont été mobilisées pour capter les images des deux aires de captation. Deux de ces équipes ont capté les images des façades des immeubles en faisant appel à des caméras portables alors que la troisième équipe a capté les images en survolant les immeubles à l'aide d'un drone. Ces équipes ont capté un total de 13 323 images avec le drone et 2 965 images à l'aide de caméras portables. Nous avons sélectionné environ cinq images thermiques pour la façade de chaque immeuble donnant sur la rue et une ou deux images thermiques pour le toit de chaque immeuble.

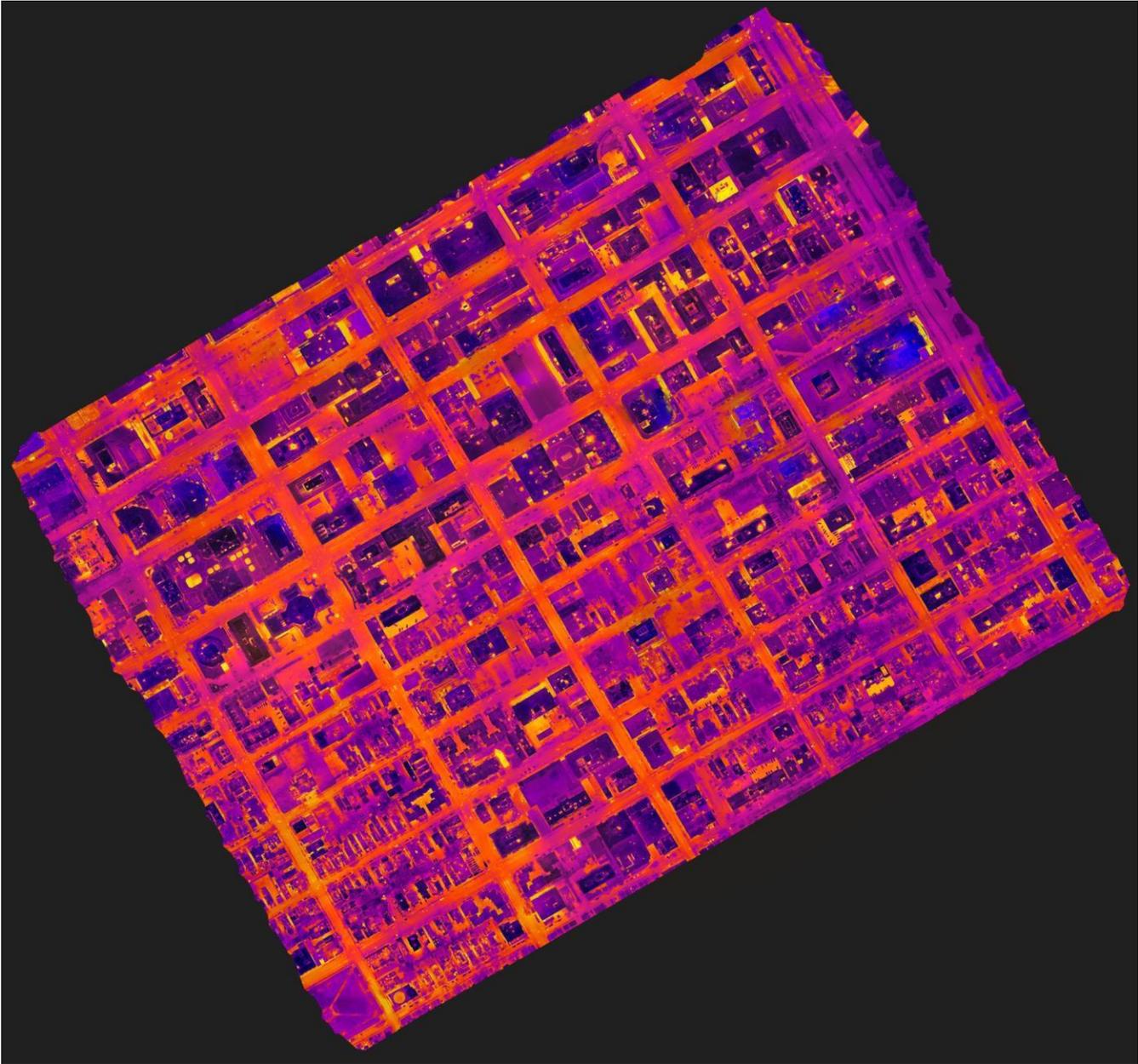
L'équipe des sciences du bâtiment de QEA Tech a fait appel au logiciel exclusif de l'entreprise afin d'analyser et de générer différents rapports de synthèse pour chaque propriété. Ces rapports font la synthèse du rendement thermique d'un nombre limité de façades pour chaque bâtiment. Différents facteurs et diverses données entrent dans le calcul des valeurs U de QEA Tech pour les éléments des bâtiments. Faisaient partie des principales variables dont QEA Tech a intégrées dans le calcul des valeurs U pour ce projet, la température extérieure ($t_{\text{extérieure}}$), la température intérieure ($t_{\text{intérieure}}$), la température de surface intérieure ($ts_{\text{intérieure}}$) et la température de surface extérieure ($ts_{\text{extérieure}}$).

QEA Tech s'était fait délivrer tous les permis pertinents pour recueillir ces images. La Ville d'Ottawa a communiqué avec tous les propriétaires d'immeubles en faisant appel à plusieurs circuits pour veiller à ce que les propriétaires et les occupants des immeubles soient au courant de ces travaux.

L'opération de numérisation des façades pour la zone 1 (centre-ville d'Ottawa) représentée ci-après s'est déroulée le 27 novembre 2022.



L'image ci-après fait état de l'orthomosaique thermique complète de l'aire de captation du centre-ville, qui a été générée en assemblant 4 000 images environ. Il faut noter que les immeubles de l'aire de captation ne faisaient pas tous partie du périmètre de cette étude.



L'opération de numérisation des façades pour la zone 2 (Kanata-Nord) représentée ci-après s'est déroulée le 28 novembre 2022.



Veuillez cliquer sur [ce lien](#) pour consulter la carte des deux aires de captation.

Pour mener l'analyse plus fouillée des données exposées dans ce rapport, nous avons extrait 44 points de données dans chaque immeuble afin de créer une même base de données. Nous avons catégorisé les immeubles dans les deux aires de captation et nous les avons recatégorisés selon différents groupes d'âge. Voici les catégories de groupes d'âge :

- Groupe d'âge 1 : immeubles construits depuis 2005
- Groupe d'âge 2 : immeubles construits entre 1980 et 2004
- Groupe d'âge 3 : immeubles construits entre 1961 et 1979
- Groupe d'âge 4 : immeubles construits avant 1960

Afin de permettre de rechercher les différents problèmes dans les immeubles, nous avons fait appel à 11 catégories de problèmes dans l'enveloppe des bâtiments :

- liaison entre le mur et les fenêtres;
- liaison entre le toit et le mur extérieur;
- pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments;
- liaison entre les murs extérieurs dans les coins;
- inconstance et détérioration de l'isolant;

- liaison entre les carreaux et panneaux de bardage;
- pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte;
- pertes de chaleur par les cadres et les blocs-fenêtres à vitrage isolant (BFVI);
- liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur;
- accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture;
- accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles.

Nous avons lu la base de données en faisant appel à Matlab et généré des scripts automatisés pour visualiser uniformément les données sur les différentes aires de captation et les divers groupes d'âge.

4 Hypothèses et limitations

Nous avons adopté plusieurs hypothèses dans cette mission, à savoir :

- Le volume de données captées pendant les opérations menées dans le centre-ville d'Ottawa et dans Kanata a été limité, et plusieurs variables pourraient se répercuter sur les calculs de la valeur U des éléments de l'enveloppe des bâtiments. Le rapport a été établi à partir de l'analyse des images captées pour une façade et le toit de chaque immeuble dans la précédente opération de thermographie réalisée en novembre 2022. Nous avons sélectionné et utilisé environ cinq images thermiques pour la façade de chaque immeuble donnant sur la rue. Nous avons sélectionné et utilisé environ une image thermique ou deux pour le toit de chaque immeuble. Nous nous sommes servi des façades comme échantillon pour chaque immeuble, sans considérer qu'il s'agit de représentations complètes de tout l'état de chaque immeuble. Pour les missions de vérification de l'énergie de l'enveloppe type de certains immeubles, QEA Tech capte généralement des milliers d'images thermiques du même immeuble. Toutefois, en raison des contraintes temporelles, nous avons réduit considérablement le volume d'images par façade. En outre, pour produire des résultats plus exacts, QEA Tech capte généralement les images des façades et des toits en faisant appel à un drone qui vole à une distance de 10 à 15 mètres. Le logiciel peut ainsi analyser plus exactement l'enveloppe des bâtiments. Dans le cadre de cette étude, nous avons capté les images des toits à une plus grande altitude et capté toutes les images des façades à partir du niveau du sol en faisant appel aux caméras portables, ce qui pourrait donner lieu à une marge d'erreur pouvant atteindre $\pm 10\%$ dans les calculs de la valeur U des éléments des immeubles.
- Nous avons supposé que la température intérieure des immeubles s'établissait à 21 °C. Dans les cas où il était possible de le faire, la Ville d'Ottawa a communiqué avec les gestionnaires d'immeubles pour leur annoncer le moment de la captation des images thermiques afin de permettre de régler en conséquence, à 21 °C, les températures intérieures, dans les cas où le personnel de l'exploitation des immeubles pouvait régler la température et dans les cas où la structure des baux permettait de le faire. Nous n'avons pas surveillé la température intérieure effective de chaque immeuble, qui n'a été confirmée que dans certains bâtiments. Selon un facteur de redressement à considérer, il se pourrait que la valeur U soit surcomptabilisée à hauteur de 20 % de plus si la température intérieure était de 17 °C plutôt que la température hypothétique de 21 °C d'après les données rétrospectives des autres projets réalisés par QEA Tech.
- Pour que les calculs soient exacts, les immeubles doivent se situer à l'équilibre à l'état stable. Dans cet état, les quatre relevés de température (température extérieure, température intérieure, température

de surface intérieure et température de surface extérieure) sont fixes et ne varient pas. Nous avons tout mis en œuvre pour assurer la stabilité de l'état des immeubles en demandant à la Ville d'Ottawa de porter l'opération à la connaissance des gestionnaires d'immeubles. Or, on ne peut guère contrôler directement la gestion des immeubles durant la nuit au cours de laquelle se déroule l'opération de thermographie.

- Nous avons recensé les matériaux de l'enveloppe extérieure des immeubles; toutefois, nous n'avons pas pu connaître le type d'assemblage mural de chaque façade. Pour ce faire, on étudie généralement les dessins d'architecture de chaque immeuble.
- Nous ne connaissons pas l'âge de sept des immeubles thermographiés (dont six immeubles dans le centre-ville d'Ottawa et un immeuble dans Kanata) dans l'ensemble de données. Nous avons tenu compte des immeubles dont nous ne connaissons pas l'âge dans l'ensemble des résultats de la captation, sans toutefois les affecter à l'un des quatre groupes d'âge.
- Les conditions météorologiques n'ont été relevées centralement chaque nuit qu'au début de l'opération; nous n'avons pas mesuré ni capté uniformément ces conditions durant toute la nuit. Nous avons donc retenu l'hypothèse d'une même valeur pour tous les immeubles. Pour le centre-ville d'Ottawa, la température extérieure était de -1°C , l'humidité, de 65 %, et la vitesse des vents, de 2,22 m/s. Pour Kanata, la température extérieure était de -1°C , l'humidité, de 78 %, et la vitesse des vents, de 1,67 m/s.
- Nous n'avons pu calculer le potentiel d'économies de GES que pour un sous-ensemble de 38 immeubles parce que nous ne connaissons pas la superficie totale en m^2 de chaque élément de l'enveloppe de chaque immeuble dans l'ensemble de données. Généralement, nous extrayons cette information grâce à un modèle en 3D à haute résolution de l'immeuble créé en reconstruisant en 3D des milliers d'images visuelles captées par un drone pour chaque immeuble.
- Dans le cadre de cette mission, nous avons appris plusieurs leçons. Dans tous les projets ultérieurs de nature comparable, QEA Tech consacrerait plus de temps à capter les données, notamment d'autres images thermiques pour chaque façade, les conditions météorologiques pendant le déroulement de toute l'opération et la température intérieure des immeubles.

5 Résultats

Nous avons préparé et présenté à la Ville d'Ottawa un rapport distinct pour chaque propriété. Dans la section suivante, nous faisons la synthèse des constats de l'étude menée à partir d'une analyse de données de haut niveau, afin de mettre en lumière les tendances relevées dans l'ensemble des données.

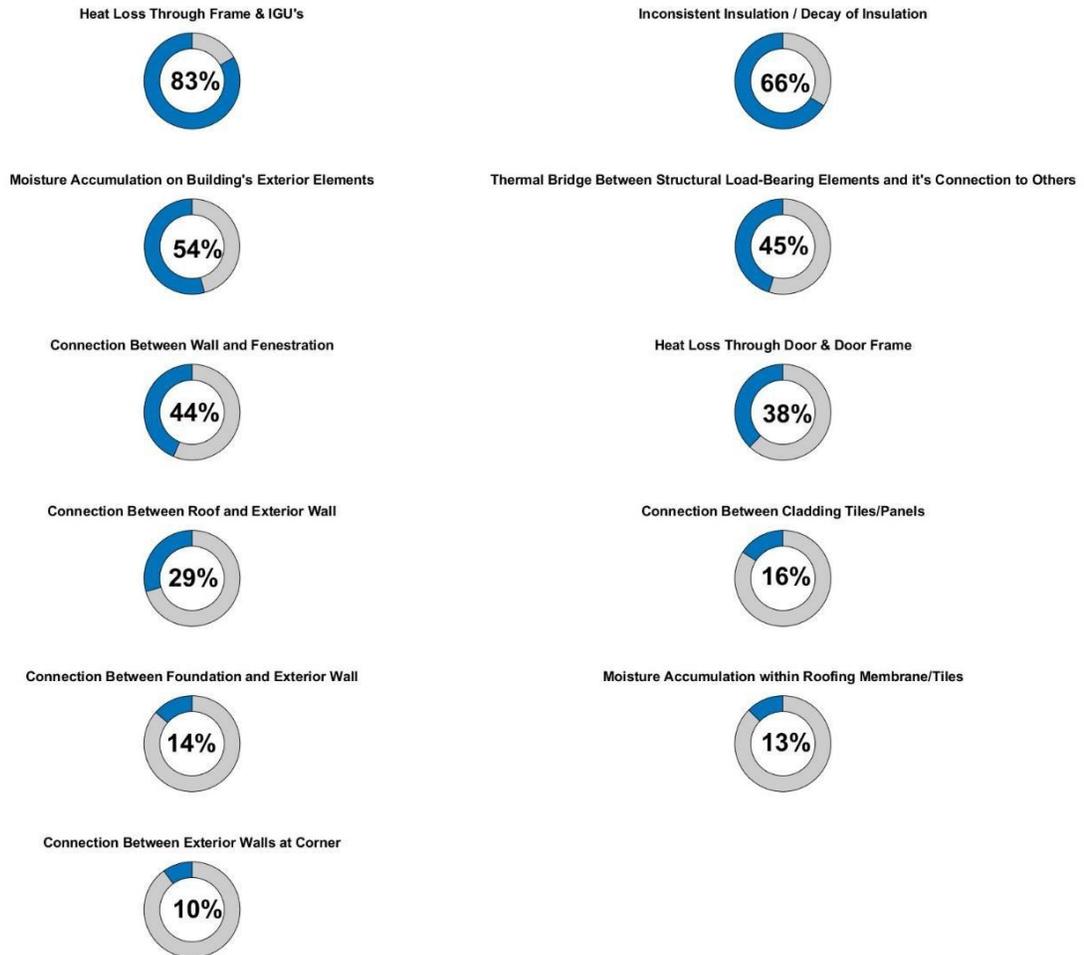
5.1 Synthèse des problèmes relevés dans l'enveloppe des immeubles

Dans chacun des immeubles analysés dans les deux aires de captation, nous avons relevé au moins un cas d'enveloppe problématique. Voici les trois problèmes relevés le plus souvent dans les immeubles :

- pertes de chaleur par les cadres et les BFVI;
- inconstance et détérioration de l'isolant;
- accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles.

Le « nombre d'immeubles relevés » ne correspond qu'au nombre d'immeubles captés, sans égard au nombre de problèmes appartenant à la même catégorie et relevés sur différents immeubles, alors que le « nombre d'occurrences » d'un problème pour un même immeuble peut être supérieur à 1. Le lecteur trouvera dans l'appendice la répartition détaillée des problèmes constatés dans chaque aire de captation et pour chacun des différents groupes d'âge.

Issue Summary - All Buildings



Issue Type	Number of Buildings Found	Number of Occurrences
"Heat Loss Through Frame & IGU's"	158	320
"Inconsistent Insulation / Decay of Insulation"	126	266
"Moisture Accumulation on Building's Exterior Elements"	103	276
"Thermal Bridge Between Structural Load-Bearing Elements and it's Connection to Others"	86	144
"Connection Between Wall and Fenestration"	83	137
"Heat Loss Through Door & Door Frame"	72	90
"Connection Between Roof and Exterior Wall"	56	70
"Connection Between Cladding Tiles/Panels"	30	48
"Connection Between Foundation and Exterior Wall"	26	26
"Moisture Accumulation within Roofing Membrane/Tiles"	24	31
"Connection Between Exterior Walls at Corner"	19	21

Synthèse des problèmes – tous les immeubles		
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI 83 %	Inconstance et détérioration de l'isolant 66 %	
Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles 54 %	Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments 45 %	
Liaison entre le mur et les fenêtres 44 %	Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte 38 %	
Liaison entre le toit et le mur extérieur 29 %	Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage 16 %	
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur 14 %	Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture 13 %	
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins 10 %		
Type de problème	Nombre d'immeubles relevés	Nombre d'occurrences
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI	158	320
Inconstance et détérioration de l'isolant	126	266
Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles	103	276
Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments	86	144
Liaison entre le mur et les fenêtres	83	137
Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte	72	90
Liaison entre le toit et le mur extérieur	56	70
Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage	30	48
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur	26	26
Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture	24	31
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins	19	21

Figure 1 : Synthèse des problèmes relevés dans tous les immeubles

5.2 Infiltration d'eau dans les immeubles

Le logiciel de QEA Tech permet de repérer les points potentiels d'accumulation d'humidité en analysant les images thermiques et visuelles. Nous catégorisons ensuite les problèmes d'infiltration d'eau en fonction de l'accumulation d'humidité sur les toits ou sur les autres surfaces extérieures.

Le tableau 1 fait la synthèse de tous les problèmes d'infiltration d'eau relevés dans les immeubles pour les deux aires de captation de l'étude. Il faut noter que nous ne connaissons pas l'âge de six immeubles de l'aire de captation du centre-ville d'Ottawa et d'un immeuble dans l'aire de captation de Kanata. Ces immeubles, qui sont compris dans les totaux, ne font toutefois pas partie de la répartition de chaque groupe d'âge dans le tableau ci-après.

Tableau 1 : Synthèse des problèmes d'infiltration d'eau constatés

Ensemble de données	Échantillon/ ensemble de données	Humidité sur les éléments extérieurs			Humidité sur les toits		
	Nombre d'immeubles	Nombre d'immeubles	Nombre d'occurrences	Pourcentage des immeubles	Nombre d'immeubles	Nombre d'occurrences	Pourcentage des immeubles
Centre-ville	138	79	233	57 %	20	27	14 %
Centre-ville – Groupe d'âge 1	21	8	22	38 %	3	4	14 %
Centre-ville – Groupe d'âge 2	32	12	27	38 %	7	11	22 %
Centre-ville – Groupe d'âge 3	45	32	109	71 %	8	10	18 %
Centre-ville – Groupe d'âge 4	34	23	67	68 %	2	2	6 %
Kanata	52	24	43	46 %	4	4	8 %
Kanata – Groupe d'âge 1	5	0	0	0 %	0	0	0 %
Kanata – Groupe d'âge 2	43	21	38	49 %	4	4	9 %
Kanata – Groupe d'âge 3	3	2	4	67 %	0	0	0 %
TOTAUX	190	103	276	54 %	24	31	13 %

Nous avons relevé des problèmes d'humidité sur les éléments extérieurs de 103 (54 %) des 190 immeubles analysés et le même problème d'humidité sur le toit de 24 (13 %) des 190 immeubles étudiés. En raison de la plus haute altitude à laquelle le drone a volé durant cette mission, la résolution des images est inférieure à celle du service standard de QEA Tech. C'est pourquoi il se pourrait que le logiciel de QEA Tech n'ait pas pu détecter plus de problèmes d'humidité.

5.3 Valeur U effective des éléments des immeubles

La valeur U permet de mesurer le transfert thermique dans la matière. Plus la valeur est basse, plus le matériau isolant est performant. L'unité de mesure de la valeur U est W/m^2K . Dans cette section, nous traçons les valeurs U des différents éléments des immeubles dans un graphique de répartition pour apporter un éclairage sur les variations de ces valeurs entre les différents sites et les divers groupes d'âge. Nous comparons également ces valeurs à la version actuelle du Code du bâtiment de l'Ontario (2017) et aux hypothèses de l'Évolution énergétique de la Ville d'Ottawa.

5.3.1 Valeur U des éléments de l'enveloppe des immeubles

La figure 2 ci-après trace la répartition des valeurs U des murs, des fenêtres, des portes et des toits de tous les immeubles dans les deux aires de captation. Chaque tracé comprend les indicateurs suivants :

- nombre de points de données et d'immeubles;
- valeur maximum;
- valeur minimum;
- valeur moyenne;
- valeur médiane;
- échelle de valeurs;
- écart type.

Tableau 2 : Valeurs U moyennes (W/m^2K) pour les éléments de l'enveloppe des immeubles dans le centre-ville d'Ottawa et dans Kanata.

Éléments de l'enveloppe des immeubles – centre-ville d'Ottawa	Valeur U (W/m^2K)	Différence en % par rapport au Code du bâtiment	Différence en % par rapport au PEE
Murs	1,27	411	212
Fenêtres	3,27	127	Sans objet
Portes	3,86	170	Sans objet
Toits	1,14	570	243

Éléments de l'enveloppe des immeubles – Kanata	Valeur U (W/m^2K)	Différence en % par rapport au Code du bâtiment	Différence en % par rapport au PEE
Murs	1,20	385	199
Fenêtres	3,26	127	Sans objet
Portes	3,80	167	Sans objet
Toits	1,11	555	237

Les valeurs d'après le Code du bâtiment sont exposées dans la section 5.3.2. Les valeurs du Plan de l'Évolution énergétique d'Ottawa (PEE) pour les murs varient entre 0,5678 et 0,6309. Dans le tableau, nous comparons les



valeurs U à la moyenne de 0,5993. Les valeurs du PEE pour les toits sont comprises entre 0,3053 et 0,6300. Dans le tableau, nous comparons les valeurs U à la moyenne de 0,4676.

Le lecteur trouvera dans l'appendice C (Détails des valeurs U) la répartition plus précise des valeurs U d'après les aires de captation et les groupes d'âge.

Synthèse des valeurs U

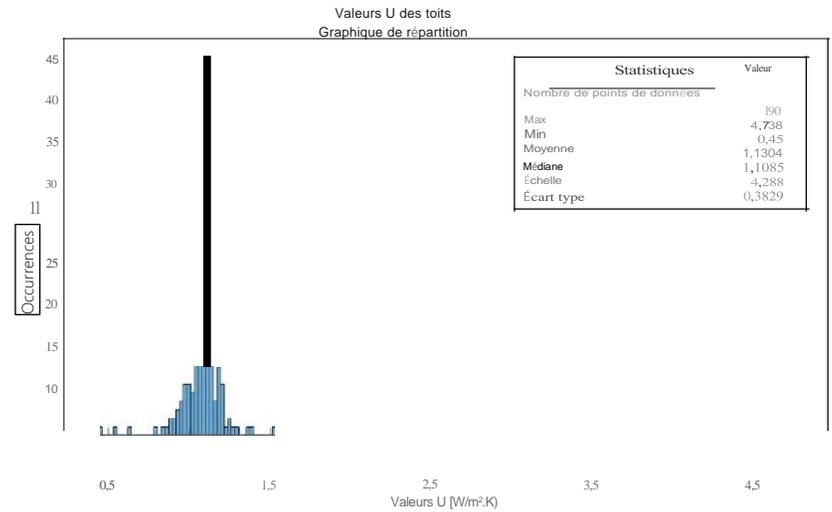
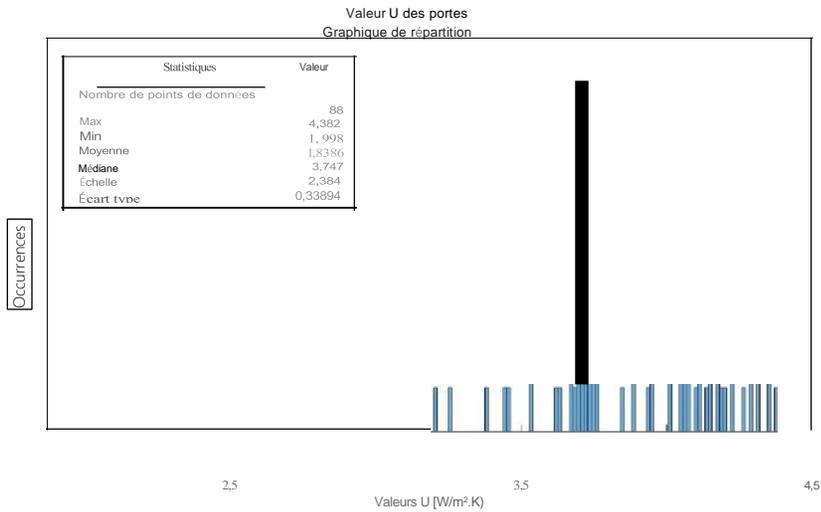
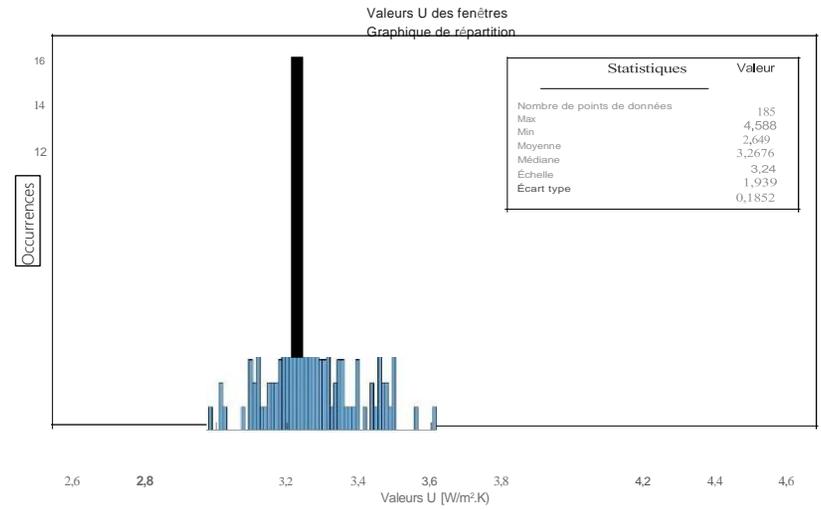
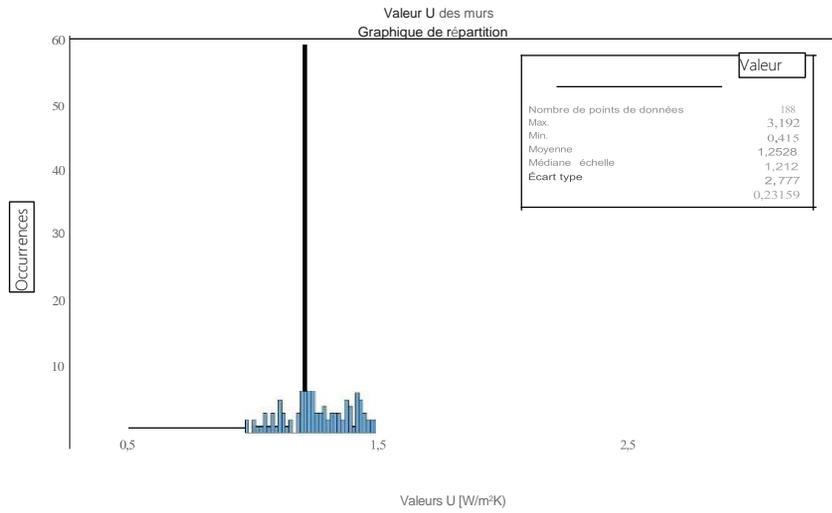


Figure 2 : Synthèse des valeurs U de tous les immeubles

5.3.2 Comparaison avec le Code du bâtiment et avec le Plan de l'Évolution énergétique d'Ottawa

Dans cette section, nous comparons la valeur U moyenne de chaque élément de l'immeuble pour chaque aire de captation à la version actuelle du Code du bâtiment (2017) et aux valeurs attendues d'après le Plan de l'Évolution énergétique d'Ottawa (PEE). Les lignes rouges du graphique correspondent aux valeurs U actuelles d'après le Code du bâtiment et les lignes pointillées vertes correspondent aux valeurs minimums et maximums du PEE. Les valeurs du PEE ne sont disponibles que pour les murs et les toits. Voici les valeurs du Code du bâtiment pour les différents éléments :

- Murs : 0,310 W/m²K
- Toits : 0,20 W/m²K
- Fenêtres : 2,56 W/m²K
- Portes : 2,27 W/m²K

D'après cet ensemble de données, le rendement moyen de l'enveloppe des immeubles accuse une baisse de 75 % par rapport à la version actuelle du Code du bâtiment (d'après les murs, qui constituent l'essentiel de l'enveloppe); toutes les enveloppes offrent un rendement nettement inférieur à celui de la version actuelle du Code du bâtiment de l'Ontario (2017).

En outre, les immeubles analysés nous apprennent aussi que les hypothèses sur l'enveloppe des bâtiments de l'Évolution énergétique de la Ville d'Ottawa surévaluaient leur rendement et établissaient leurs valeurs U à environ 50 % des valeurs réelles recensées dans le cadre de cette étude; autrement dit, le rendement de l'enveloppe des immeubles est loin de correspondre à celui de la version actuelle du Code du bâtiment et aux niveaux de sobriété énergétique des hypothèses municipales originelles.

Dans la base de données la plus récente, les murs de deux immeubles seulement ont des valeurs U qui répondent aux attentes du PEE. De même, les toits de trois immeubles seulement portent des valeurs U qui sont comprises dans les limites attendues du PEE.

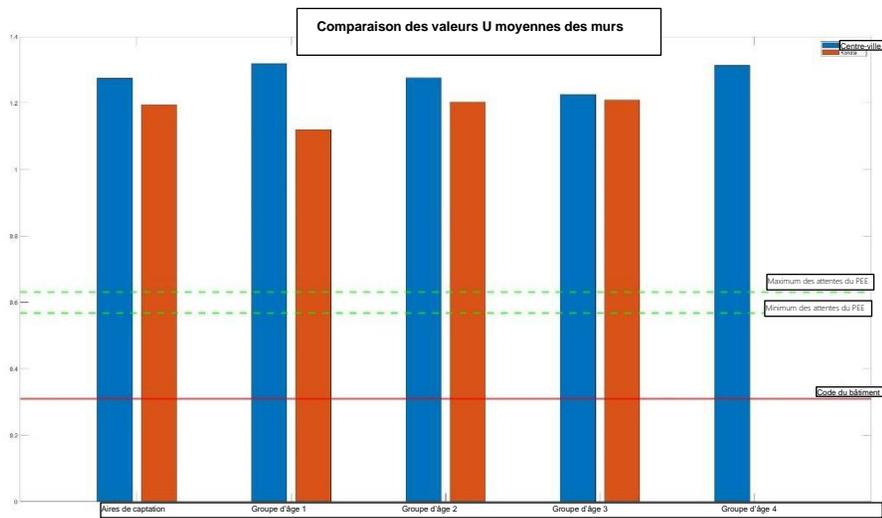


Figure 3 : Comparaison des valeurs U moyennes des murs de tous les immeubles avec la version existante du Code du bâtiment et le PEE

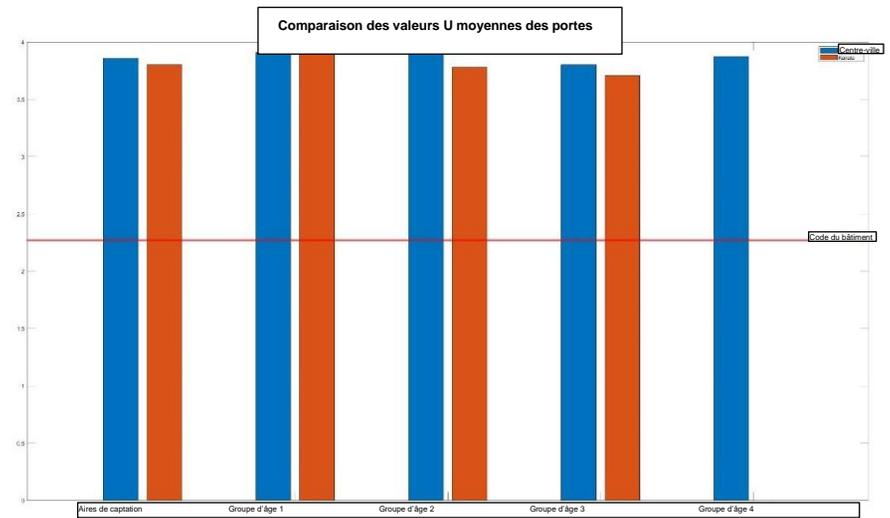


Figure 4 : Comparaison des valeurs U moyennes des portes de tous les immeubles avec la version existante du Code du bâtiment et le PEE

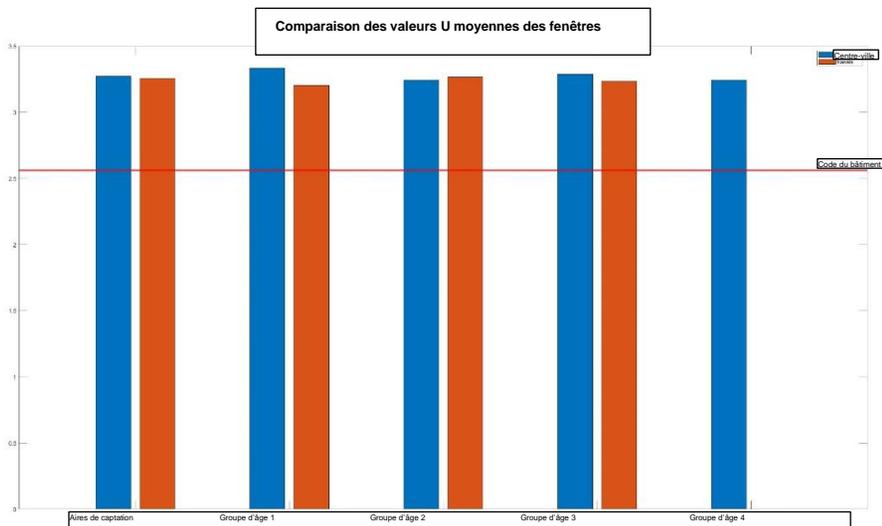


Figure 5 : Comparaison des valeurs U moyennes des fenêtres de tous les immeubles avec la version existante du Code du bâtiment et le PEE

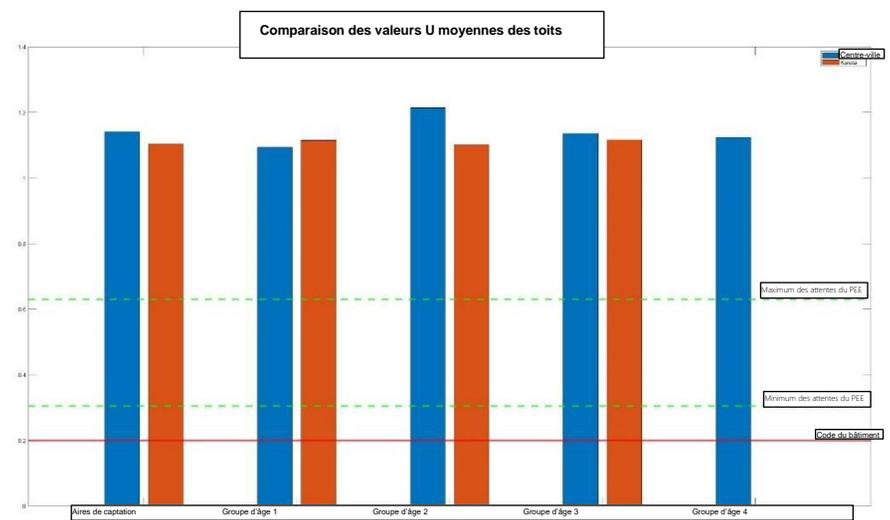


Figure 4 : Comparaison des valeurs U moyennes des toits de tous les immeubles avec la version existante du Code du bâtiment et le PEE

5.4 Pertes d'énergie des immeubles

Dans le cadre de cette étude, d'après la valeur U moyenne des éléments des immeubles calculée à partir des façades inspectées, notre logiciel permet d'estimer l'importance des pertes de chaleur annuelles dans la façade des immeubles. Puisque nous n'avons pas de modèle en 3D des immeubles et de l'ensemble des zones des différents éléments, nous avons normalisé et comptabilisé en perte de chaleur par mètre carré toutes les valeurs des pertes de chaleur. Puisque nous n'avons inspecté qu'une façade pour de nombreux immeubles qui ont fait l'objet de cette étude, nous n'avons pas pu consulter l'information pour tous les éléments des immeubles de chaque propriété.

Tableau 3 : Synthèse de la perte moyenne d'énergie par m²

Éléments des enveloppes des immeubles	Perte d'énergie par m ² (MWh/m ²)	
	Centre-ville	Kanata
Murs	0,2743	0,2417
Fenêtres	0,5220	0,7994
Portes	0,4977	0,4805
Toits	0,1443	0,1422

Le tableau 4 fait la synthèse des résultats obtenus pour les deux aires de captation.

Tableau 4 : Synthèse des valeurs des pertes d'énergie annuelles par mètre carré

		Centre-ville	Kanata	Unités
Murs	Nombre de points de données	137	51	-
	Maximum	1,0320	0,6230	MWh/an
	Minimum	0,0123	0,0331	MWh/an
	Moyenne	0,2743	0,2417	MWh/an
	Médiane	0,2890	0,3110	MWh/an
	Échelle	1,0197	0,5899	MWh/an
	Écart type	0,1412	0,1214	-
Fenêtres	Nombre de points de données	133	52	-
	Maximum	10,0810	5,7769	MWh/an
	Minimum	0,0310	0,3851	MWh/an
	Moyenne	0,5219	0,7995	MWh/an
	Médiane	0,4130	0,4210	MWh/an
	Échelle	10,0500	5,3918	MWh/an
	Écart type	0,8923	1,1058	-
Portes	Nombre de points de données	56	32	-
	Maximum	1,0790	0,5648	MWh/an
	Minimum	0,1360	0,2385	MWh/an
	Moyenne	0,4977	0,4805	MWh/an
	Médiane	0,4825	0,4820	MWh/an
	Échelle	0,9430	0,3262	MWh/an
Toits	Nombre de points de données	138	52	-
	Maximum	0,6014	0,1628	MWh/an

Minimum	0,0030	0,1100	MWh/an
Moyenne	0,1443	0,1422	MWh/an
Médiane	0,1420	0,1430	MWh/an
Échelle	0,5984	0,0529	MWh/an
Écart type	0,0616	0,0081	-

QEA Tech présente les données par mètre carré et donne les valeurs moyennes pour chacun des éléments des immeubles par mètre carré. Parce que nous ne connaissons pas la superficie de l'enveloppe des bâtiments, nous n'avons pas calculé la perte d'énergie par immeuble. Si l'on connaît la superficie de l'enveloppe, on peut multiplier les valeurs moyennes par mètre carré de QEA Tech par la superficie de l'enveloppe.

Les figures 7 et 8 font état du graphique de la répartition des valeurs annuelles des pertes d'énergie par mètre carré pour les différents éléments des immeubles.

Synthèse des pertes d'énergie – Centre-ville d'Ottawa

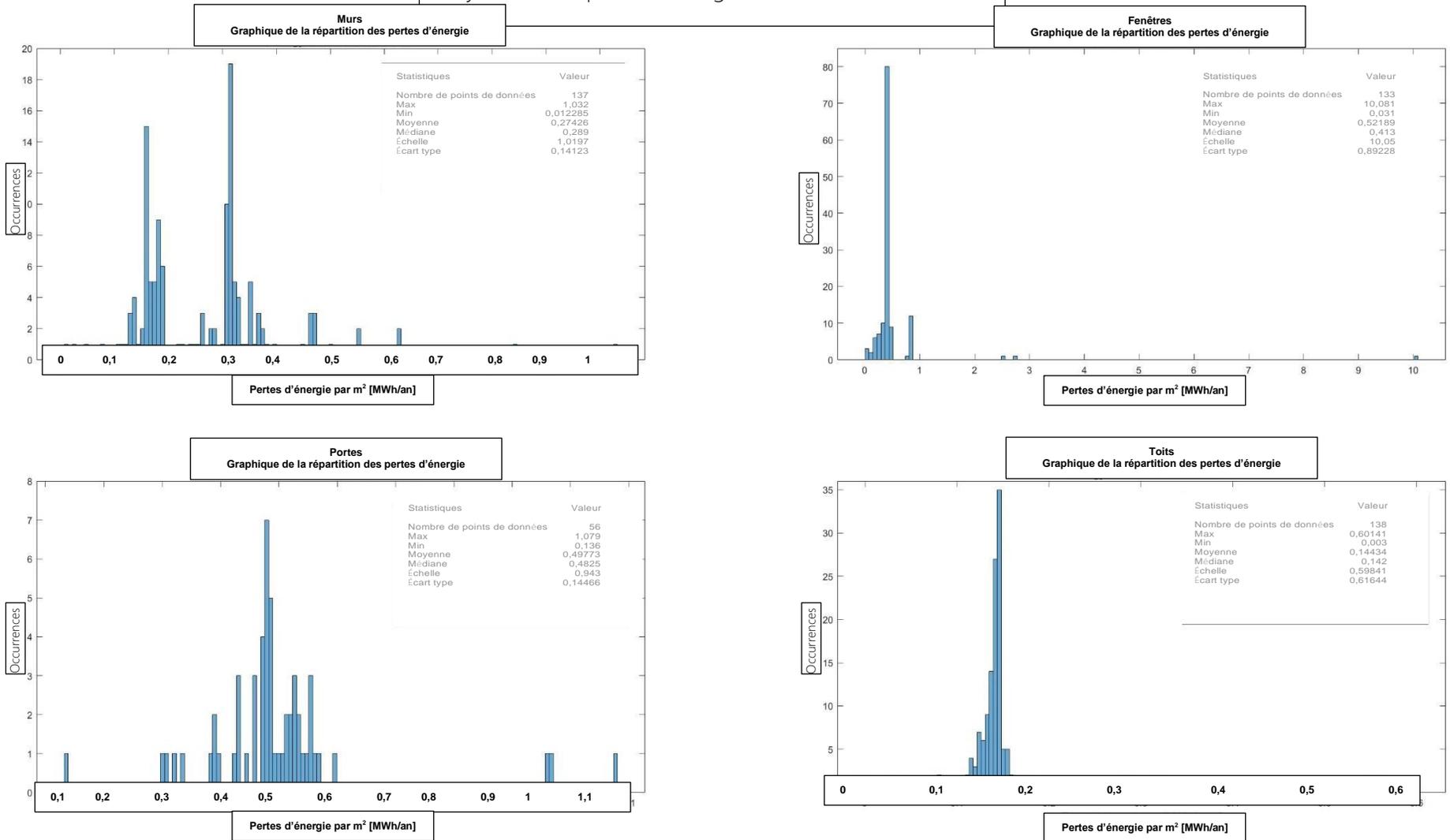


Figure 7 : Graphiques de répartition des pertes d'énergie annuelles pour les différents éléments des immeubles dans l'aire de captation du centre-ville d'Ottawa

Synthèse des pertes d'énergie – Kanata

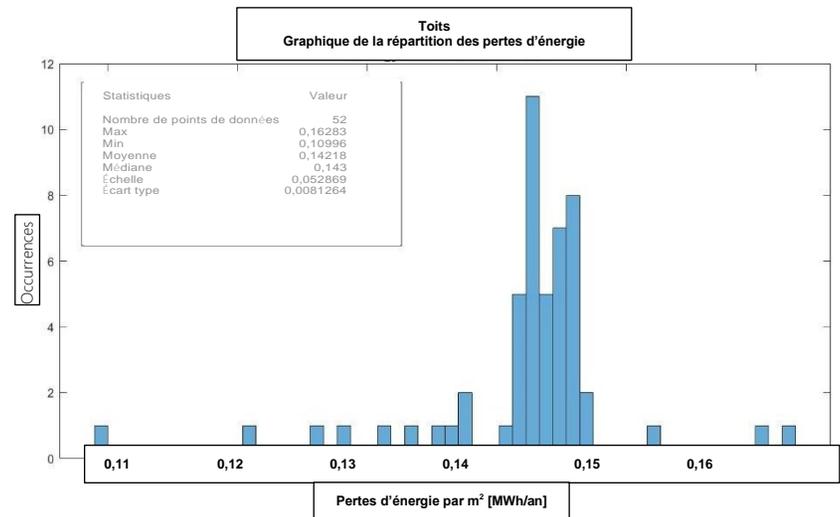
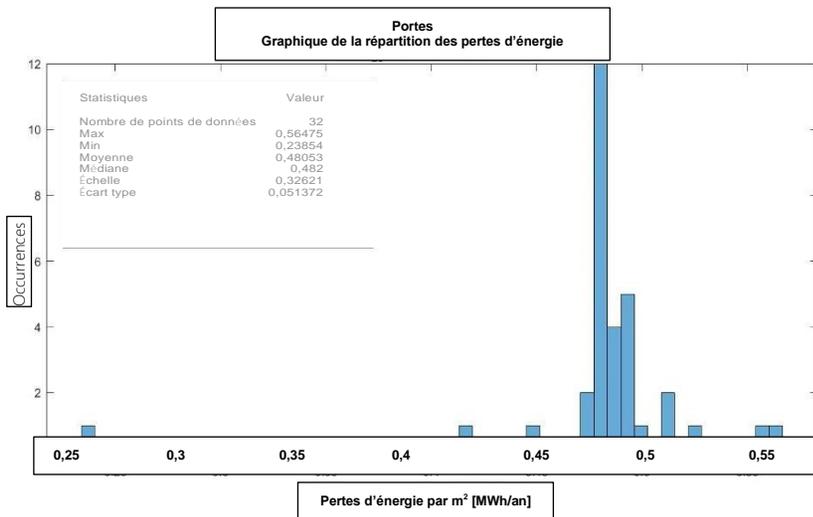
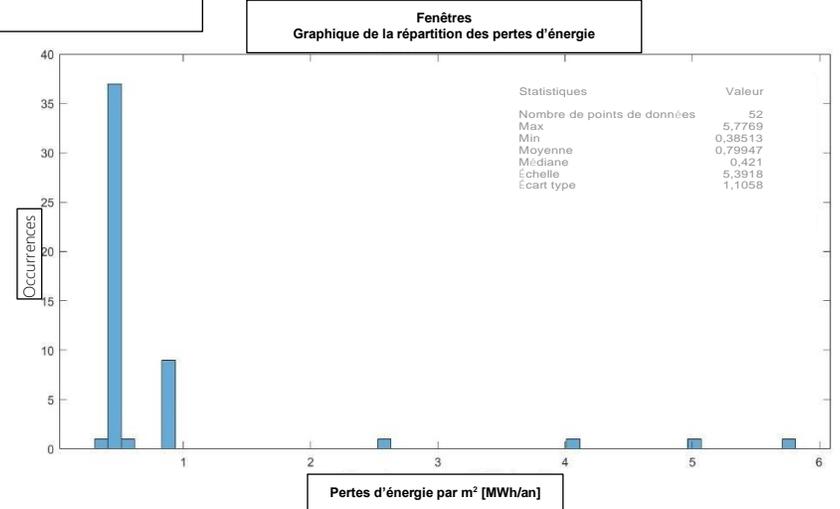
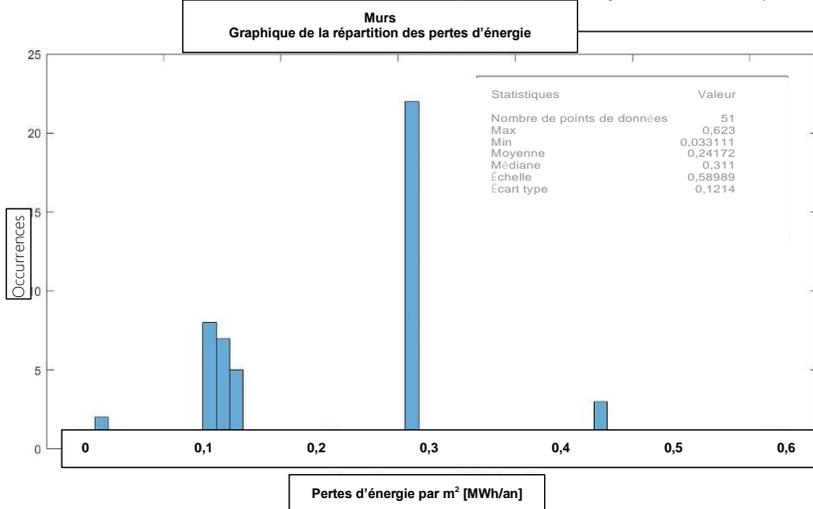


Figure 8 : Graphiques de répartition des pertes d'énergie annuelles pour les différents éléments des immeubles dans l'aire de captation de Kanata

5.5 Pertes d'énergie évitables dans les immeubles

Après avoir calculé la valeur U des éléments des immeubles, notre logiciel estime l'énergie que l'on pourrait économiser en supposant que les différents éléments sont l'équivalent des valeurs du Code du bâtiment de l'Ontario (2017).

Le tableau 5 fait la synthèse des résultats obtenus pour les deux aires de captation.

Tableau 5 : Synthèse des valeurs des pertes d'énergie évitables annuelles par mètre carré

		Centre-ville	Kanata	Unités
Murs	Nombre de points de données	136	51	-
	Maximum	1,1487	0,5623	MWh/an
	Minimum	0,0120	0,0222	MWh/an
	Moyenne	0,2156	0,1897	MWh/an
	Médiane	0,2175	0,2310	MWh/an
	Échelle	1,1367	0,5401	MWh/an
	Écart type	0,1388	0,1035	-
Fenêtres	Nombre de points de données	133	52	-
	Maximum	2,3337	1,4124	MWh/an
	Minimum	0,0080	0,0546	MWh/an
	Moyenne	0,1123	0,1854	MWh/an
	Médiane	0,0860	0,0895	MWh/an
	Échelle	2,3257	1,3578	MWh/an
	Écart type	0,2048	0,2594	-
Portes	Nombre de points de données	56	31	-
	Maximum	0,5549	0,2798	MWh/an
	Minimum	0,0400	0,1415	MWh/an
	Moyenne	0,2102	0,2013	MWh/an
	Médiane	0,1910	0,1900	MWh/an
	Échelle	0,5149	0,1383	MWh/an
	Écart type	0,0850	0,0272	-
Toits	Nombre de points de données	136	52	-
	Maximum	0,7273	0,1370	MWh/an
	Minimum	0,0250	0,0841	MWh/an
	Moyenne	0,1217	0,1168	MWh/an
	Médiane	0,1160	0,1180	MWh/an
	Échelle	0,7023	0,0529	MWh/an
	Écart type	0,0697	0,0082	-

Kanata offre un rendement supérieur à celui du centre-ville d'Ottawa en moyenne, du point de vue des pertes d'énergie évitables annuelles. Les immeubles du centre-ville d'Ottawa accusent un écart plus considérable dans l'étendue des valeurs calculées pour les pertes d'énergie évitables chaque année. Les valeurs U plus élevées dans l'ensemble des données relevées pour cette aire de captation s'expliquent probablement par l'âge des bâtiments et la vétusté des matériaux.

Les figures 9 et 10 font état des graphiques de répartition des pertes d'énergie évitables annuelles par mètre carré pour les différents éléments des immeubles.

Synthèse des pertes d'énergie évitables – Centre-ville d'Ottawa

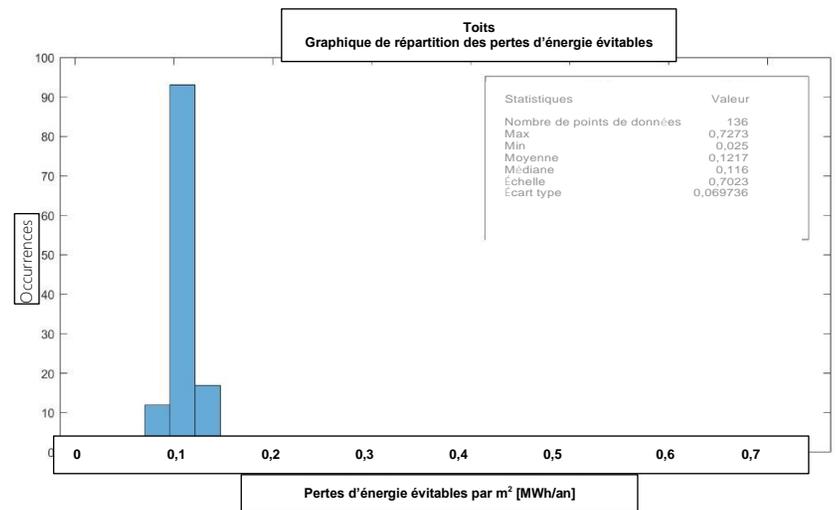
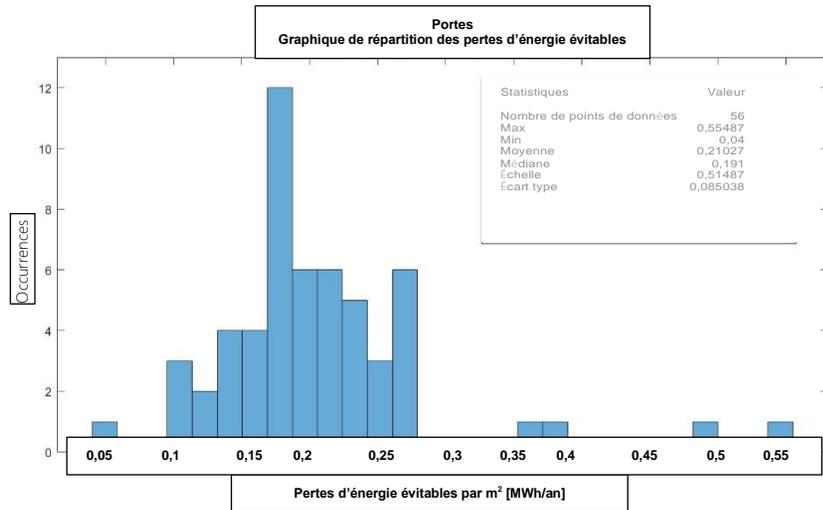
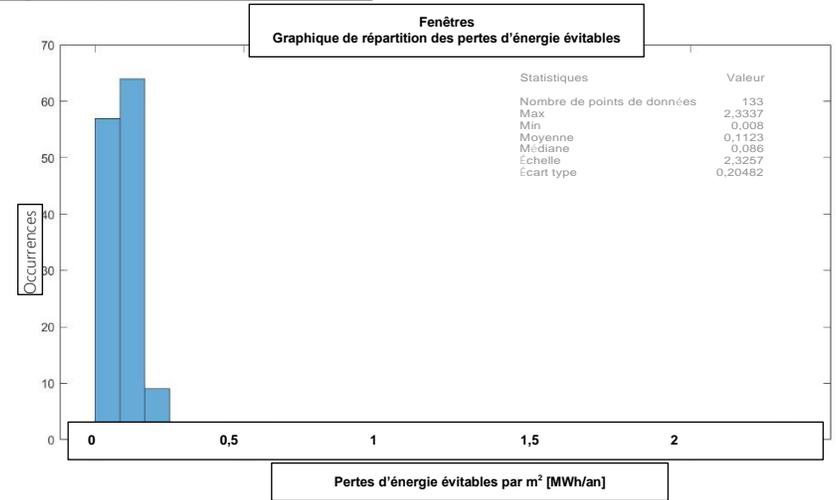
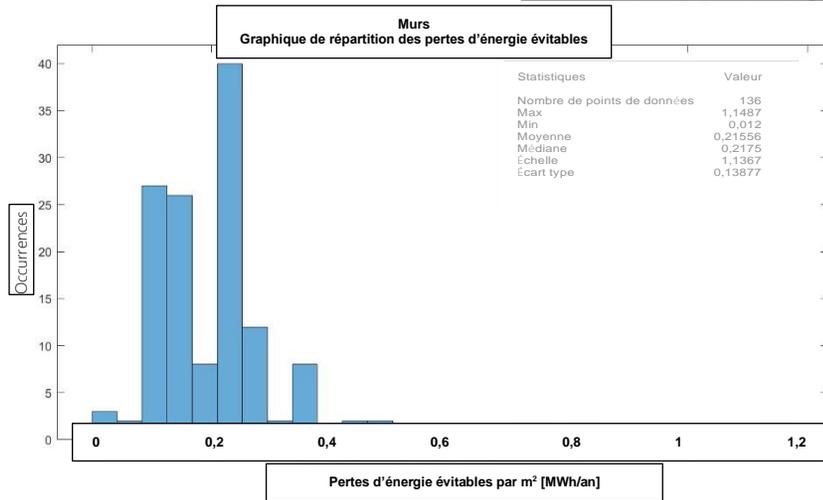


Figure 9 : Graphiques de répartition des pertes d'énergie évitables annuelles pour les différents éléments des immeubles dans l'aire de captation du centre-ville d'Ottawa

Synthèse des pertes d'énergie évitables – Kanata

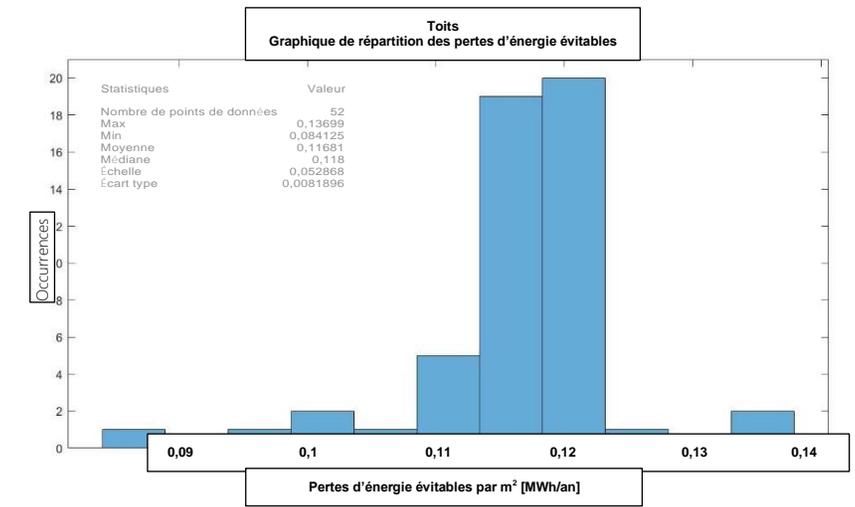
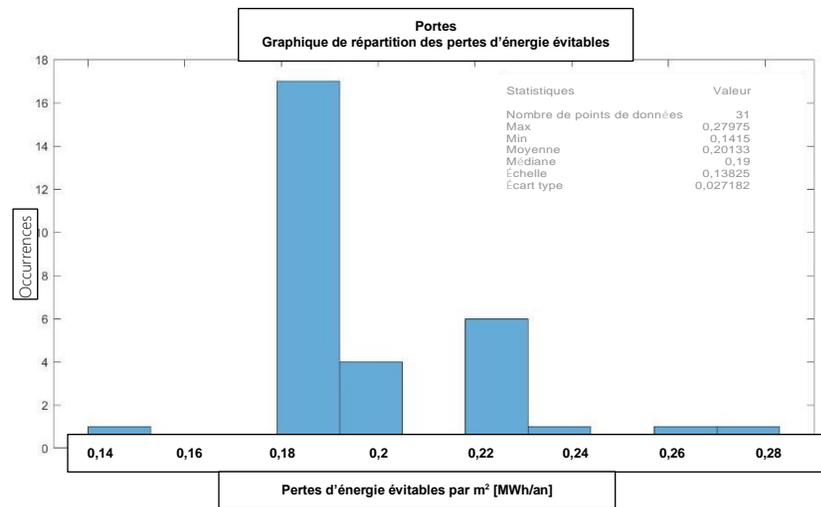
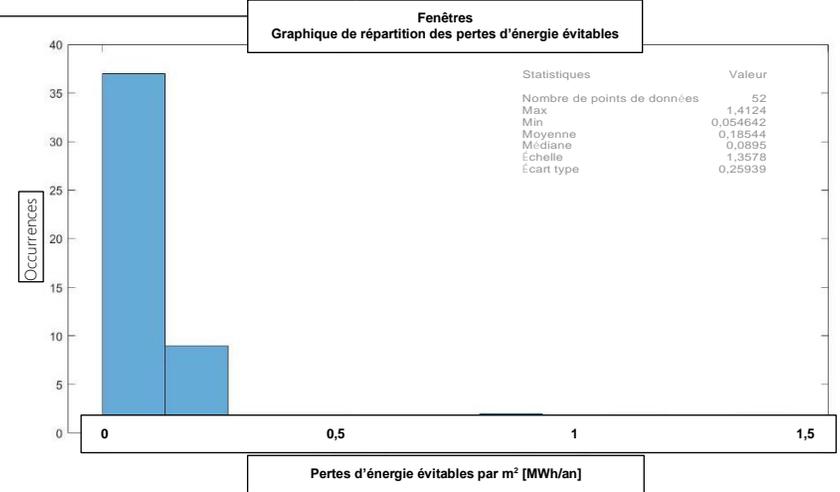
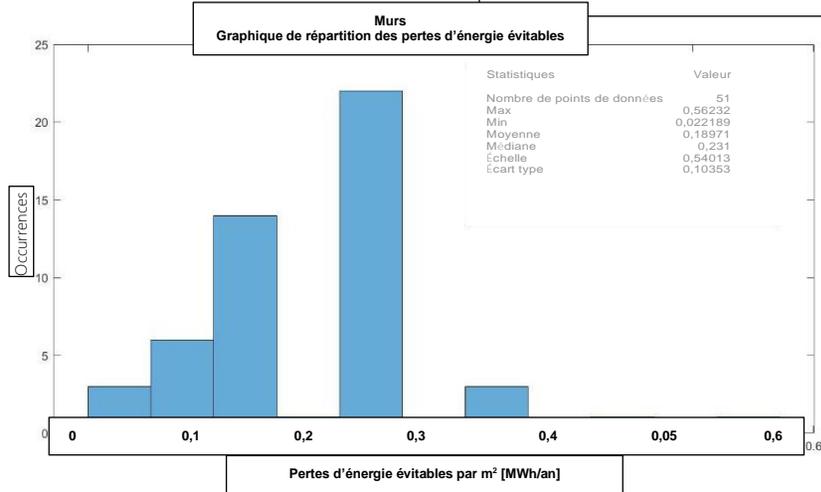


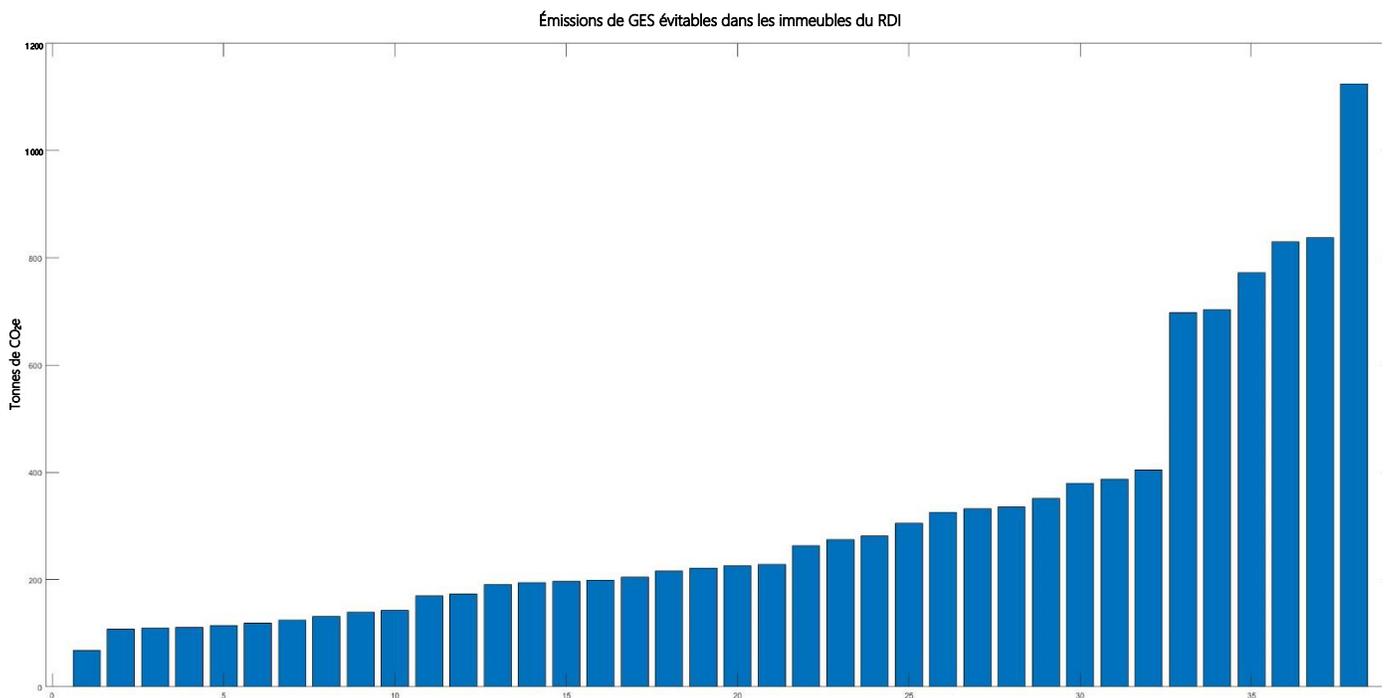
Figure 10 : Graphiques de répartition des pertes d'énergie évitables annuelles pour les différents éléments des immeubles dans l'aire de captation de Kanata

5.6 Émissions de GES évitables

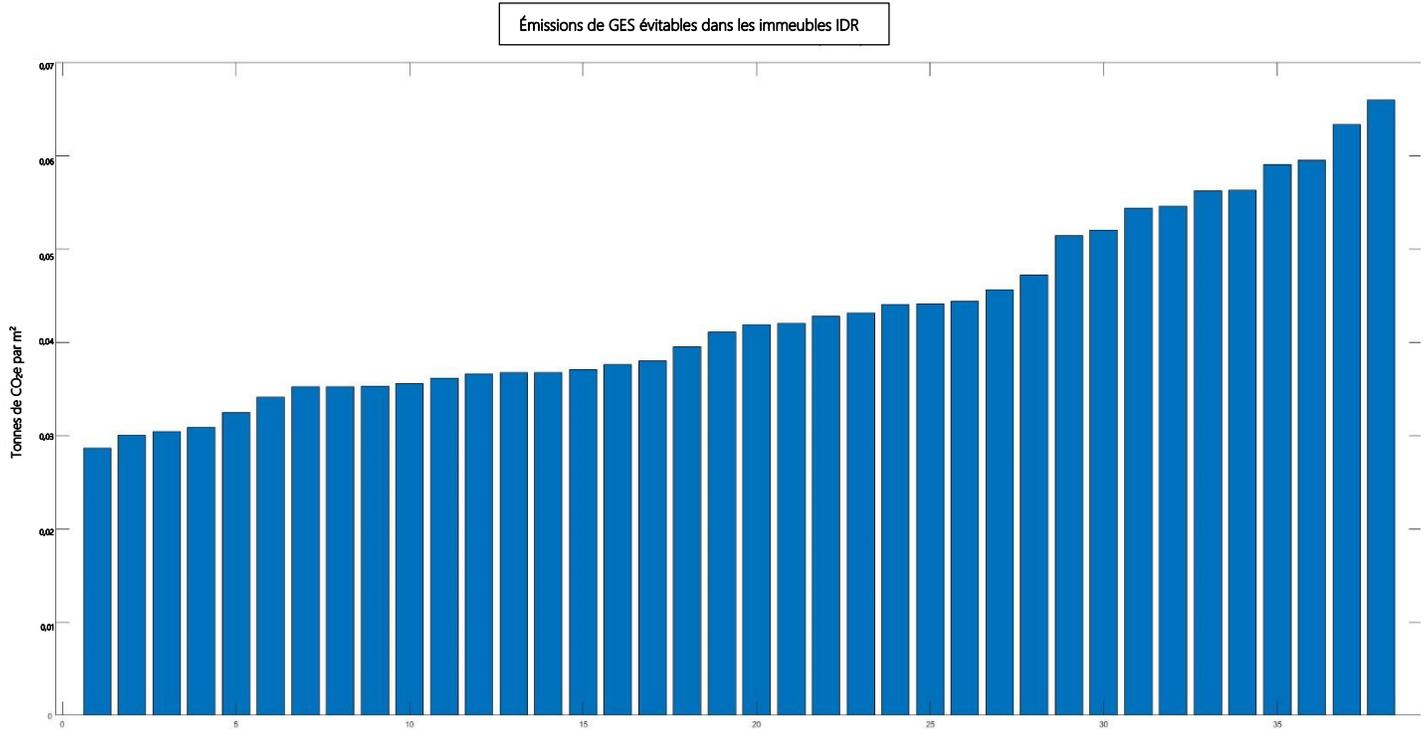
Parmi tous les immeubles compris dans l'ensemble des données, 38 avaient été sélectionnés pour l'analyse complémentaire d'une même façade, dont les mesures de superficie. À partir des mesures de superficie connues, nous pouvions calculer les émissions de gaz à effet de serre (GES) évitables pour cette façade. En nous servant de l'information apportée par une même façade, nous avons extrapolé des résultats pour estimer le total des émissions de GES évitables de l'ensemble de l'immeuble. D'après ces hypothèses, les émissions de GES évitables des 38 immeubles sont comprises entre 68 et 1 123 tonnes de CO₂e par an.

Puisque nous ne connaissons pas la méthode de chauffage et de climatisation des propriétés, nous avons supposé que tout le chauffage se faisait au gaz. Nous avons donc utilisé, pour ces calculs, le même facteur de conversion de 49 kg CO₂e (GJ) d'après le calculateur des équivalences de GES des facteurs d'émissions de l'outil ENERGY STAR Portfolio Manager (ESPM). Nous n'avons pas adopté d'hypothèses sur la consommation d'énergie des immeubles puisque cette information n'était pas disponible pour les immeubles à analyser. Les chiffres comptabilisés dans cette section correspondent uniquement aux émissions de GES évitables d'après les calculs des pertes d'énergie évitables de la section 5.5 de ce rapport.

Le graphique ci-après représente la répartition du total des émissions de GES évitables dans les 38 immeubles à analyser.



Le graphique ci-après fait état de la répartition des émissions de GES évitables, normalisées par rapport à la superficie totale de chacun des 38 immeubles.



Pour les autres immeubles, nous avons estimé les valeurs des émissions de GES évitables par mètre carré des différents éléments des immeubles, puisque nous n'avons pas relevé les mesures de superficie de ces immeubles. Le tableau 6 fait la synthèse des économies potentielles moyennes de GES par élément d'immeubles dans chaque aire de captation.

Tableau 6 : Total des économies potentielles de GES

Éléments de l'enveloppe des immeubles	Économies potentielles de GES (kg CO ₂ e/m ²)	
	Centre-ville	Kanata
Murs	0,0334	0,0380
Fenêtres	0,0327	0,0198
Portes	0,0355	0,0370
Toits	0,0206	0,0214

6 Conclusions

Le rendement de l'enveloppe des immeubles dans les deux aires de captation est généralement inférieur aux attentes. Parmi tous les immeubles qui font partie de l'ensemble de données, aucun ne réunit d'éléments qui répondent aux exigences du Code du bâtiment de l'Ontario (2017). En règle générale, le rendement des immeubles de Kanata est légèrement supérieur à celui des immeubles du centre-ville d'Ottawa.

Nous avons constaté qu'en moyenne, le rendement de l'enveloppe des immeubles accuse un déficit de 75 % par rapport à la version actuelle du Code du bâtiment (d'après les murs, qui constituent l'essentiel de l'enveloppe); dans tous les cas, le rendement est nettement inférieur à celui de la version actuelle du Code du bâtiment de l'Ontario (2017). Il faut rappeler que les immeubles de Kanata ont été généralement construits entre 1996 et 2002, alors que les immeubles du centre-ville l'ont été entre 1950 et 1975.

Nous avons observé dans chaque immeuble certains cas d'enveloppe problématique de bâtiment. Il s'agit entre autres des liaisons entre les différents matériaux, du pontage thermique, de l'inconstance ou de la détérioration de l'isolant, des pertes de chaleur par les portes et les cadres, ainsi que de l'accumulation d'humidité.

S'agissant des infiltrations d'eau, nous en avons relevé les signes dans un total de 122 immeubles (64 %). Nous avons constaté que les problèmes d'infiltration d'eau étaient plus répandus dans les immeubles du centre-ville. Dans le centre-ville d'Ottawa, nous avons constaté que les problèmes d'humidité étaient plus répandus dans les immeubles plus vétustes.

Le rendement de l'enveloppe de la plupart des immeubles est inférieur aux attentes du Plan de l'Évolution énergétique (PEE) d'Ottawa. Nous avons constaté que les murs de seulement deux immeubles portaient des valeurs U comprises dans le PEE d'Ottawa et que les toits de seulement trois immeubles portaient des valeurs U comprises dans ce PEE.

En raison du périmètre limité des activités et des contraintes de délai, la captation des données pour chaque immeuble a été limitée. En outre, il a fallu adopter plusieurs hypothèses dans le calcul des valeurs U et du rendement thermique global de l'enveloppe des immeubles. Les leçons à tirer de ce projet consistent à étendre la durée de la collecte des données et à capter un plus grand nombre d'images thermiques par immeuble, de température intérieure dans chaque bâtiment et de mesures de la température ponctuelle de surface.

Appendice A – Économies potentielles de GES par élément de l'enveloppe

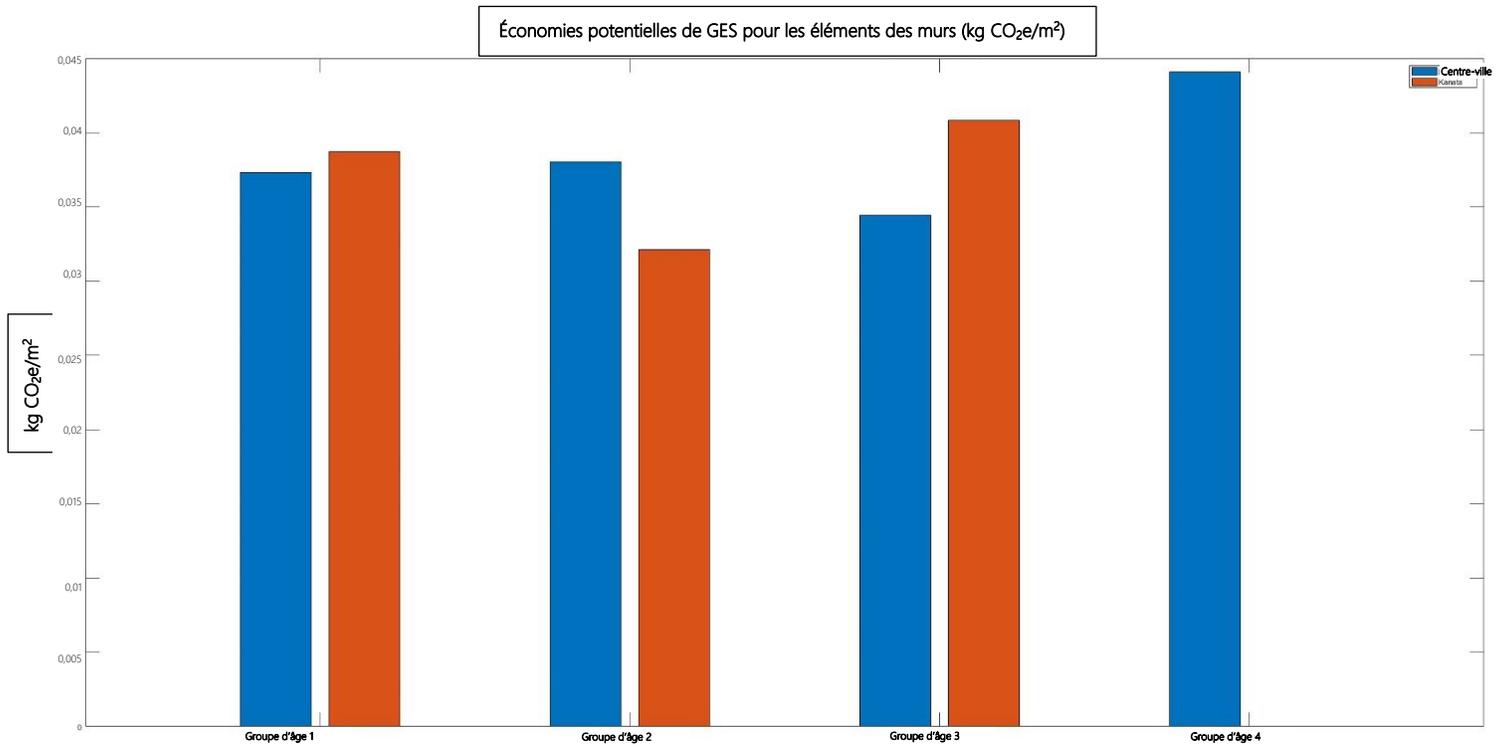


Figure 11 : Économies potentielles de GES pour les éléments des murs

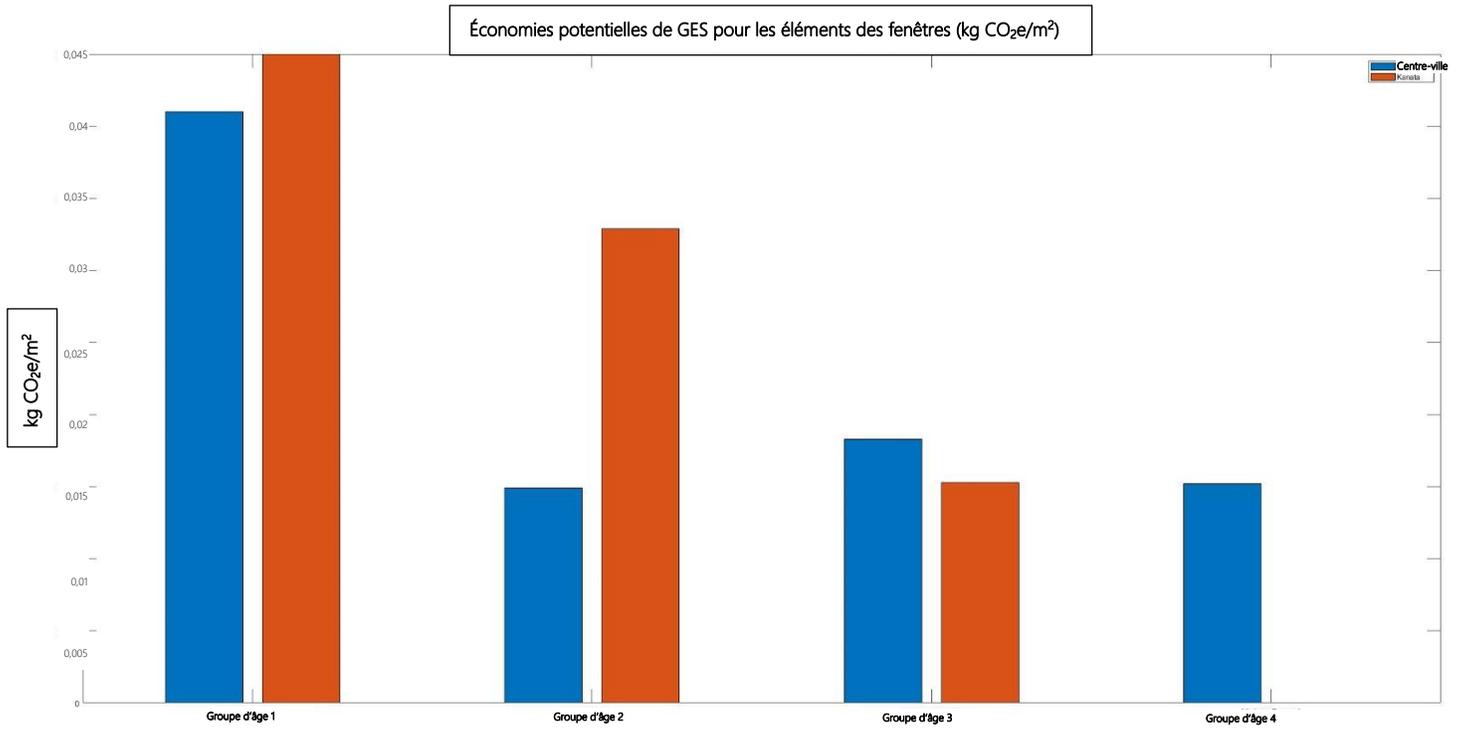


Figure 12 : Économies potentielles de GES pour les éléments des fenêtres

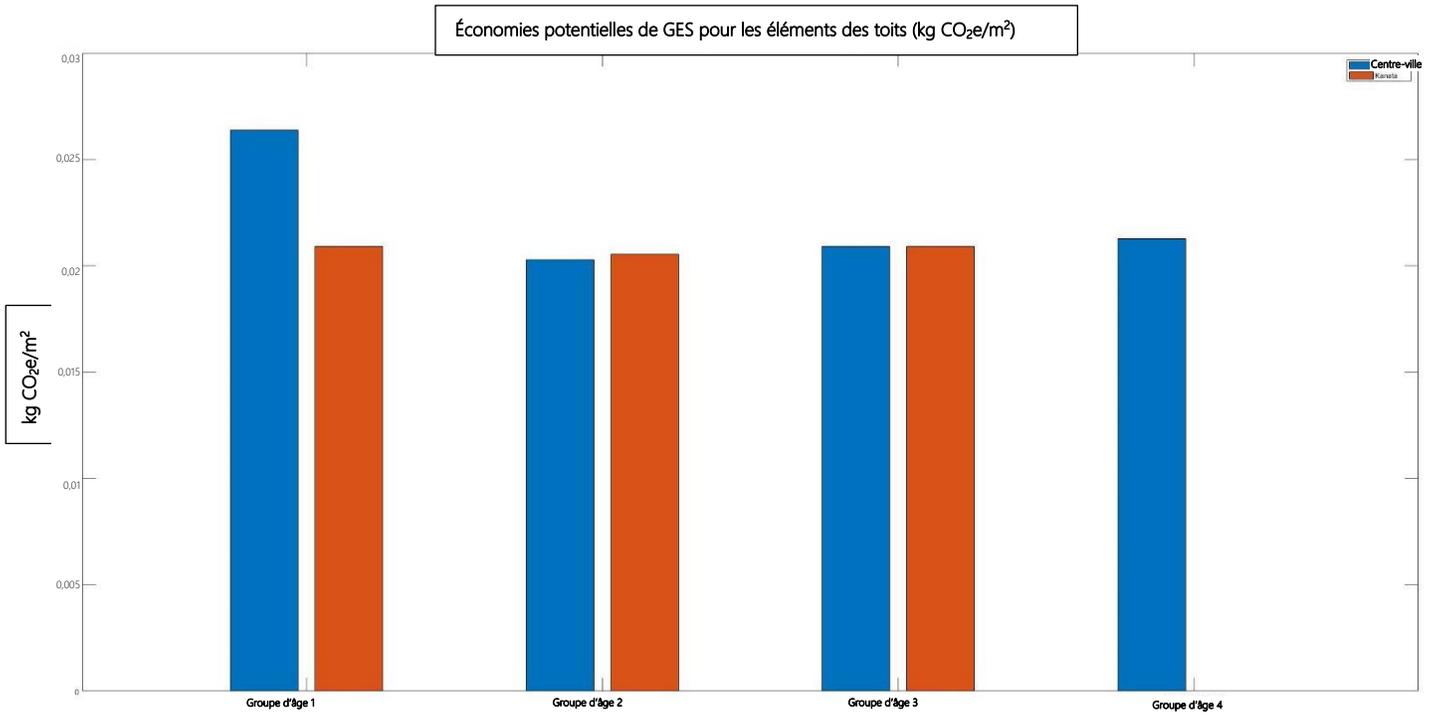


Figure 13 : Économies potentielles de GES pour les éléments des toits

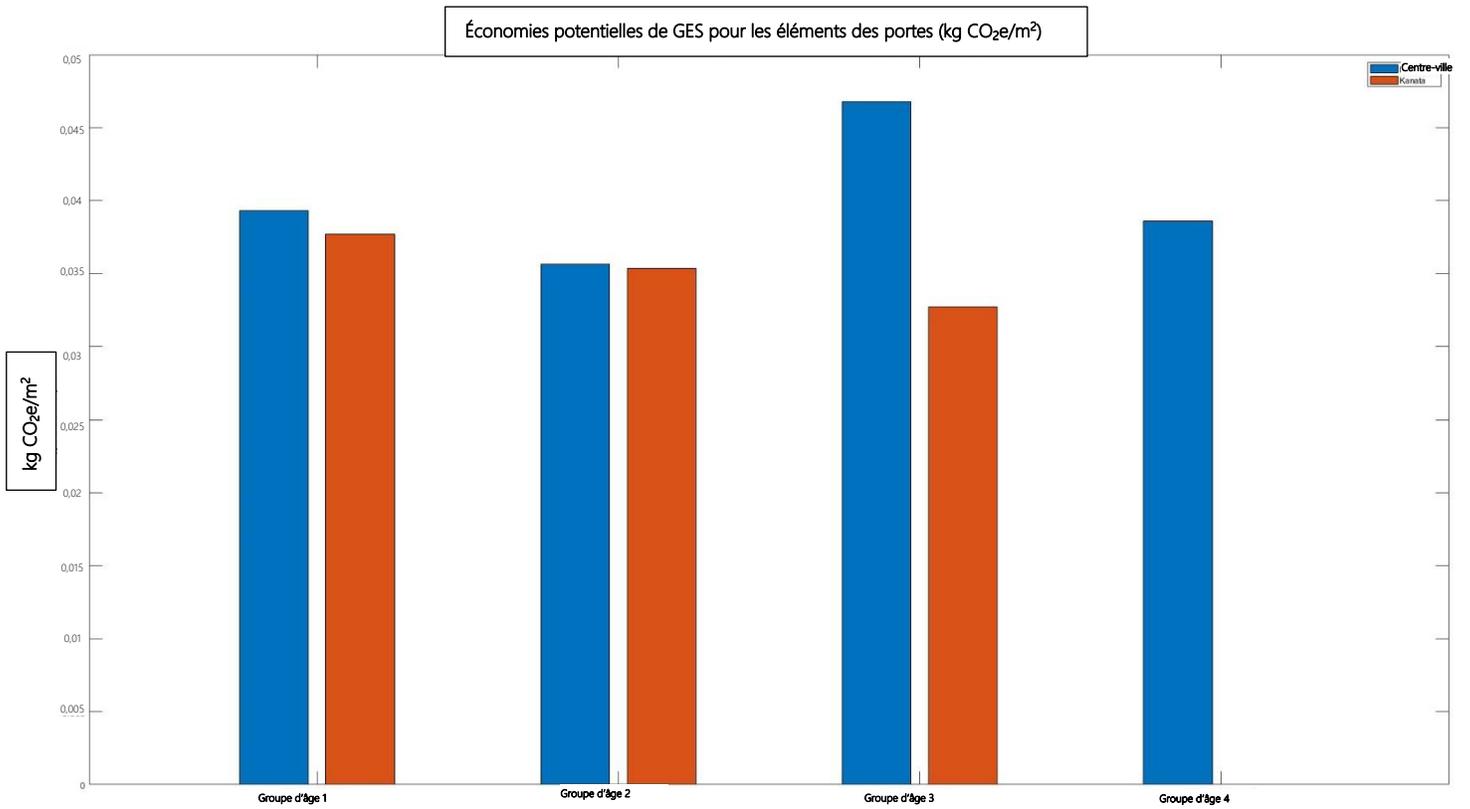
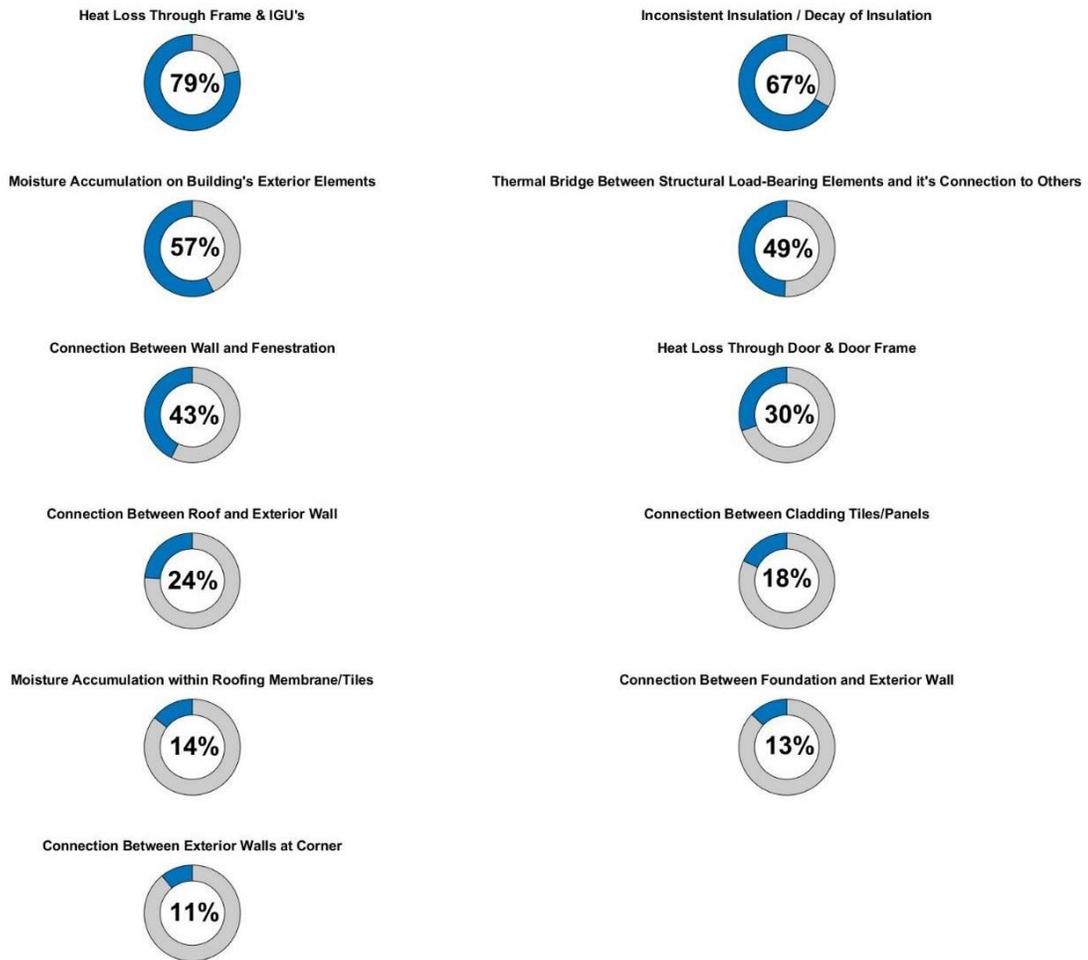


Figure 14 : Économies potentielles de GES pour les éléments des portes

Appendice B – Détails des problèmes par aire de captation et par groupe d'âge

Issue Summary - Downtown Ottawa



Issue Type	Number of Buildings Found	Number of Occurrences
"Heat Loss Through Frame & IGU's"	109	199
"Inconsistent Insulation / Decay of Insulation"	92	176
"Moisture Accumulation on Building's Exterior Elements"	79	233
"Thermal Bridge Between Structural Load-Bearing Elements and it's Connection to Others"	68	114
"Connection Between Wall and Penetration"	59	107
"Heat Loss Through Door & Door Frame"	42	51
"Connection Between Roof and Exterior Wall"	33	45
"Connection Between Cladding Tiles/Panels"	25	37
"Moisture Accumulation within Roofing Membrane/Tiles"	20	27
"Connection Between Foundation and Exterior Wall"	18	18
"Connection Between Exterior Walls at Corner"	15	17

Synthèse des problèmes – Centre-ville d’Ottawa		
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI 79 %	Inconstance et détérioration de l’isolant 67 %	
Accumulation d’humidité sur les éléments extérieurs des immeubles 57 %	Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d’autres éléments 49 %	
Liaison entre le mur et les fenêtres 43 %	Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte 30 %	
Liaison entre le toit et le mur extérieur 24 %	Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage 18 %	
Accumulation d’humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture 14 %	Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur 13 %	
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins 11 %		
Type de problème	Nombre d’immeubles relevés	Nombre d’occurrences
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI	109	199
Inconstance et détérioration de l’isolant	92	176
Accumulation d’humidité sur les éléments extérieurs des immeubles	79	233
Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d’autres éléments	68	114
Liaison entre le mur et les fenêtres	59	107
Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte	42	51
Liaison entre le toit et le mur extérieur	33	45
Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage	25	37
Accumulation d’humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture	20	27
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur	18	18
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins	15	17

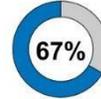
Figure 15 : Synthèse des problèmes dans l’aire de captation du centre-ville

Issue Summary - Downtown Ottawa V1

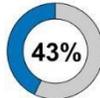
Heat Loss Through Frame & IGU's



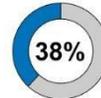
Inconsistent Insulation / Decay of Insulation



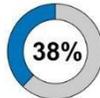
Connection Between Wall and Fenestration



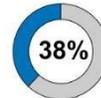
Thermal Bridge Between Structural Load-Bearing Elements and it's Connection to Others



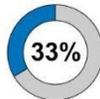
Heat Loss Through Door & Door Frame



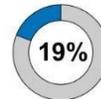
Moisture Accumulation on Building's Exterior Elements



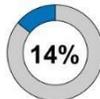
Connection Between Roof and Exterior Wall



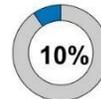
Connection Between Cladding Tiles/Panels



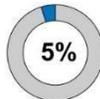
Moisture Accumulation within Roofing Membrane/Tiles



Connection Between Foundation and Exterior Wall



Connection Between Exterior Walls at Corner



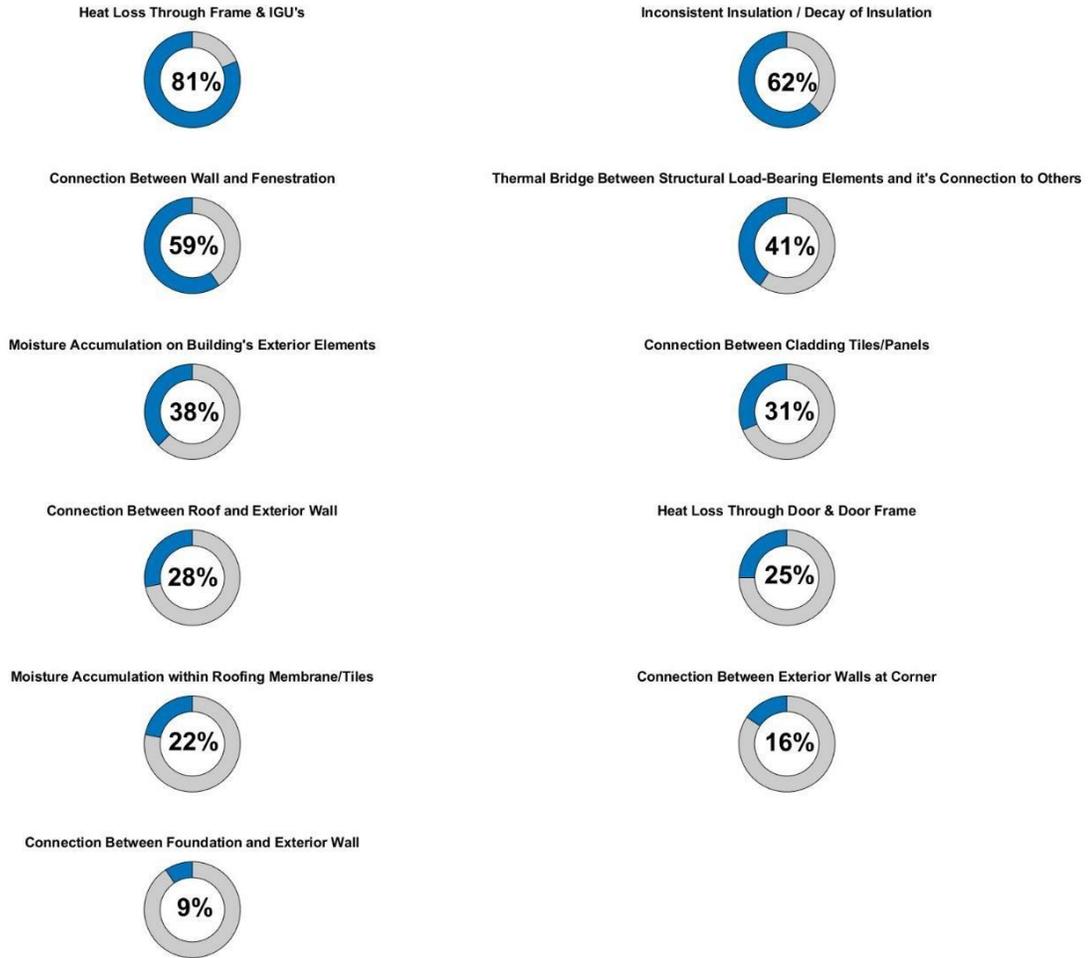
Issue Type	Number of Buildings Found	Number of Occurrences
"Heat Loss Through Frame & IGU's"	19	52
"Inconsistent Insulation / Decay of Insulation"	14	25
"Connection Between Wall and Fenestration"	9	13
"Thermal Bridge Between Structural Load-Bearing Elements and it's Connection to Others"	8	12
"Heat Loss Through Door & Door Frame"	8	10
"Moisture Accumulation on Building's Exterior Elements"	8	22
"Connection Between Roof and Exterior Wall"	7	11
"Connection Between Cladding Tiles/Panels"	4	9
"Moisture Accumulation within Roofing Membrane/Tiles"	3	4
"Connection Between Foundation and Exterior Wall"	2	2
"Connection Between Exterior Walls at Corner"	1	1

Synthèse des problèmes – Centre-ville d’Ottawa M1		
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI 90 %	Inconstance et détérioration de l’isolant 67 %	
Liaison entre le mur et la fenêtre 43 %	Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d’autres éléments 38 %	
Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte 38 %	Accumulation d’humidité sur les éléments extérieurs des immeubles 38 %	
Liaison entre le toit et le mur extérieur 33 %	Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage 19 %	
Accumulation d’humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture 14 %	Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur 10 %	
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins 5 %		
Type de problème	Nombre d’immeubles relevés	Nombre d’occurrences
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI	19	52
Inconstance et détérioration de l’isolant	14	25
Liaison entre le mur et les fenêtres	9	13
Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d’autres éléments	8	12
Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte	8	10
Accumulation d’humidité sur les éléments extérieurs des immeubles	8	22
Liaison entre le toit et le mur extérieur	7	11
Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage	4	9
Accumulation d’humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture	3	4
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur	2	2
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins	1	1

Figure 16 : Synthèse des problèmes dans l’aire de captation du centre-ville – Groupe d’âge 1

Synthèse des problèmes – Centre-ville d’Ottawa 1980-2004 (groupe d’âge 2)

Issue Summary - Downtown Ottawa V2



Issue Type	Number of Buildings Found	Number of Occurrences
"Heat Loss Through Frame & IGU's"	26	45
"Inconsistent Insulation / Decay of Insulation"	20	30
"Connection Between Wall and Fenestration"	19	30
"Thermal Bridge Between Structural Load-Bearing Elements and it's Connection to Others"	13	27
"Moisture Accumulation on Building's Exterior Elements"	12	27
"Connection Between Cladding Tiles/Panels"	10	12
"Connection Between Roof and Exterior Wall"	9	13
"Heat Loss Through Door & Door Frame"	8	10
"Moisture Accumulation within Roofing Membrane/Tiles"	7	11
"Connection Between Exterior Walls at Corner"	5	5
"Connection Between Foundation and Exterior Wall"	3	3

Synthèse des problèmes – Centre-ville d'Ottawa M2		
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI 81 %	Inconstance et détérioration de l'isolant 62 %	
Liaison entre le mur et les fenêtres 59 %	Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments 41 %	
Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles 38 %	Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage 31 %	
Liaison entre le toit et le mur extérieur 28 %	Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte 25 %	
Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture 22 %	Liaison entre les murs extérieurs dans les coins 16 %	
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur 9 %		
Type de problème	Nombre d'immeubles relevés	Nombre d'occurrences
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI	26	45
Inconstance et détérioration de l'isolant	20	30
Liaison entre le mur et les fenêtres	19	30
Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments	13	27
Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles	12	27
Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage	10	12
Liaison entre le toit et le mur extérieur	9	13
Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte	8	10
Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture	7	11
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins	5	5
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur	3	3

Figure 17 : Synthèse des problèmes dans l'aire de captation du centre-ville – Groupe d'âge 2

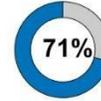
Synthèse des problèmes – Centre-ville d’Ottawa 1961-1979 (groupe d’âge 3)

Issue Summary - Downtown Ottawa V3

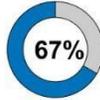
Heat Loss Through Frame & IGU's



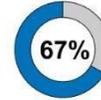
Moisture Accumulation on Building's Exterior Elements



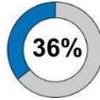
Thermal Bridge Between Structural Load-Bearing Elements and it's Connection to Others



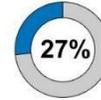
Inconsistent Insulation / Decay of Insulation



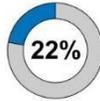
Connection Between Wall and Fenestration



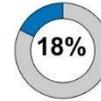
Heat Loss Through Door & Door Frame



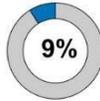
Connection Between Roof and Exterior Wall



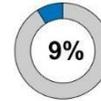
Moisture Accumulation within Roofing Membrane/Tiles



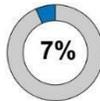
Connection Between Exterior Walls at Corner



Connection Between Cladding Tiles/Panels



Connection Between Foundation and Exterior Wall



Issue Type	Number of Buildings Found	Number of Occurrences
"Heat Loss Through Frame & IGU's"	37	60
"Moisture Accumulation on Building's Exterior Elements"	32	109
"Thermal Bridge Between Structural Load-Bearing Elements and it's Connection to Others"	30	53
"Inconsistent Insulation / Decay of Insulation"	30	63
"Connection Between Wall and Fenestration"	16	35
"Heat Loss Through Door & Door Frame"	12	14
"Connection Between Roof and Exterior Wall"	10	11
"Moisture Accumulation within Roofing Membrane/Tiles"	8	10
"Connection Between Exterior Walls at Corner"	4	4
"Connection Between Cladding Tiles/Panels"	4	6
"Connection Between Foundation and Exterior Wall"	3	3

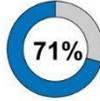
Synthèse des problèmes – Centre-ville d'Ottawa M3		
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI 82 %	Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles 71 %	
Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments 67 %	Inconstance et détérioration de l'isolant 67 %	
Liaison entre le mur et les fenêtres 36 %	Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte 27 %	
Liaison entre le toit et le mur extérieur 22 %	Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture 18 %	
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins 9 %	Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage 9 %	
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur 7 %		
Type de problème	Nombre d'immeubles relevés	Nombre d'occurrences
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI	37	60
Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles	32	109
Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments	30	53
Inconstance et détérioration de l'isolant	30	63
Liaison entre le mur et les fenêtres	16	35
Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte	12	14
Liaison entre le toit et le mur extérieur	10	11
Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture	8	10
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins	4	4
Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage	4	6
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur	3	3

Figure 18 : Synthèse des problèmes dans l'aire de captation du centre-ville – Groupe d'âge 3

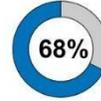
Synthèse des problèmes – Centre-ville d’Ottawa avant 1960 (groupe d’âge 4)

Issue Summary - Downtown Ottawa V4

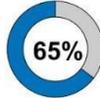
Inconsistent Insulation / Decay of Insulation



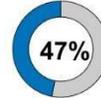
Moisture Accumulation on Building's Exterior Elements



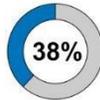
Heat Loss Through Frame & IGU's



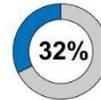
Thermal Bridge Between Structural Load-Bearing Elements and it's Connection to Others



Connection Between Wall and Fenestration



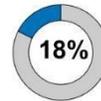
Heat Loss Through Door & Door Frame



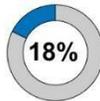
Connection Between Foundation and Exterior Wall



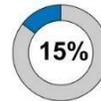
Connection Between Roof and Exterior Wall



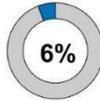
Connection Between Cladding Tiles/Panels



Connection Between Exterior Walls at Corner



Moisture Accumulation within Roofing Membrane/Tiles



Issue Type	Number of Buildings Found	Number of Occurrences
"Inconsistent Insulation / Decay of Insulation"	24	45
"Moisture Accumulation on Building's Exterior Elements"	23	67
"Heat Loss Through Frame & IGU's"	22	35
"Thermal Bridge Between Structural Load-Bearing Elements and it's Connection to Others"	16	21
"Connection Between Wall and Fenestration"	13	25
"Heat Loss Through Door & Door Frame"	11	14
"Connection Between Foundation and Exterior Wall"	8	8
"Connection Between Roof and Exterior Wall"	6	9
"Connection Between Cladding Tiles/Panels"	6	9
"Connection Between Exterior Walls at Corner"	5	7
"Moisture Accumulation within Roofing Membrane/Tiles"	2	2

Synthèse des problèmes – Centre-ville d'Ottawa M4		
Inconstance et détérioration de l'isolant 71 %	Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles 68 %	
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI 65 %	Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments 47 %	
Liaison entre le mur et les fenêtres 38 %	Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte 32 %	
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur 24 %	Liaison entre le toit et le mur extérieur 18 %	
Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage 18 %	Liaison entre les murs extérieurs dans les coins 15 %	
Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture 6 %		
Type de problème	Nombre d'immeubles relevés	Nombre d'occurrences
Inconstance et détérioration de l'isolant	24	45
Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles	23	67
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI	22	35
Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments	16	21
Liaison entre le mur et les fenêtres	13	25
Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte	11	14
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur	8	8
Liaison entre le toit et le mur extérieur	6	9
Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage	6	9
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins	5	7
Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture	2	2

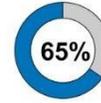
Figure 19 : Synthèse des problèmes dans l'aire de captation du centre-ville – Groupe d'âge 4

Issue Summary - Kanata

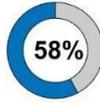
Heat Loss Through Frame & IGU's



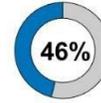
Inconsistent Insulation / Decay of Insulation



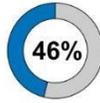
Heat Loss Through Door & Door Frame



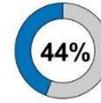
Connection Between Wall and Fenestration



Moisture Accumulation on Building's Exterior Elements



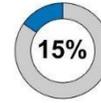
Connection Between Roof and Exterior Wall



Thermal Bridge Between Structural Load-Bearing Elements and it's Connection to Others



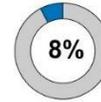
Connection Between Foundation and Exterior Wall



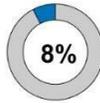
Connection Between Cladding Tiles/Panels



Connection Between Exterior Walls at Corner



Moisture Accumulation within Roofing Membrane/Tiles

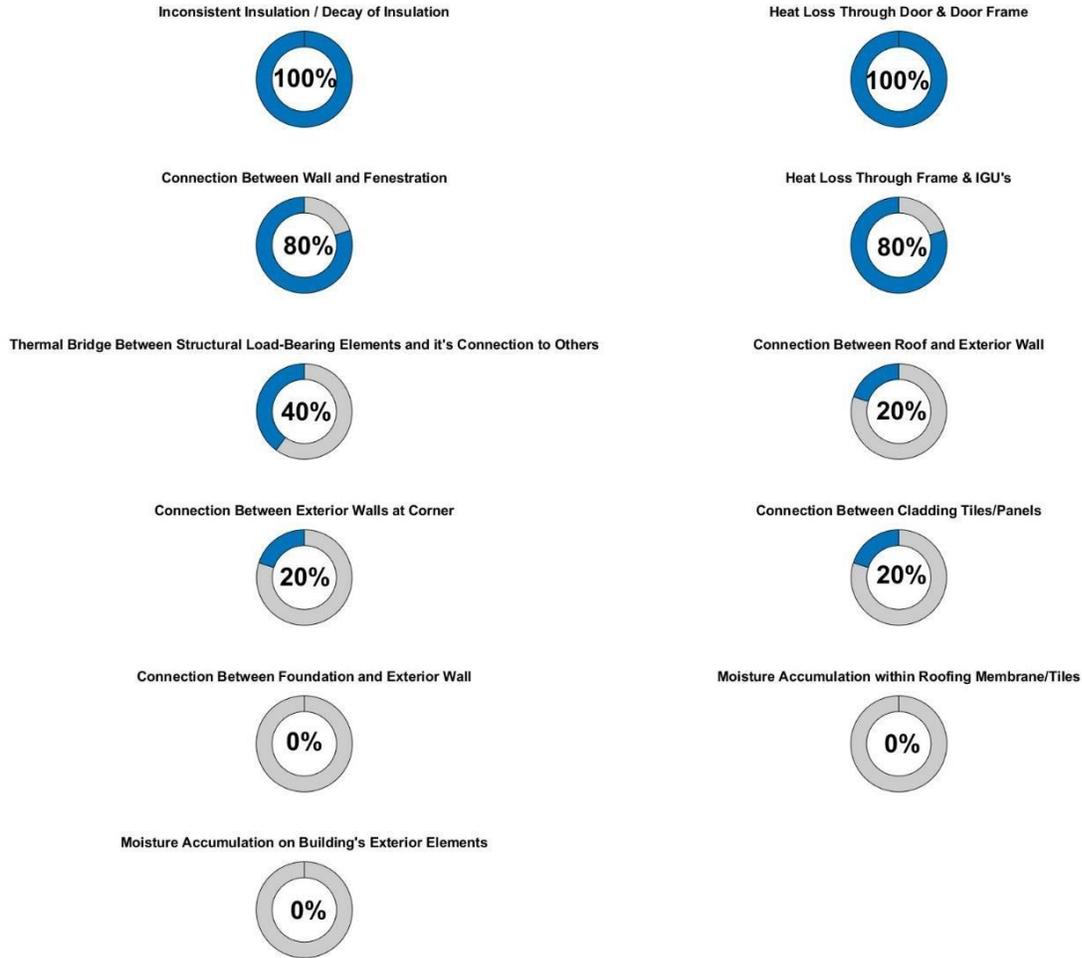


Issue Type	Number of Buildings Found	Number of Occurrences
"Heat Loss Through Frame & IGU's"	49	121
"Inconsistent Insulation / Decay of Insulation"	34	90
"Heat Loss Through Door & Door Frame"	30	39
"Connection Between Wall and Penetration"	24	30
"Moisture Accumulation on Building's Exterior Elements"	24	43
"Connection Between Roof and Exterior Wall"	23	25
"Thermal Bridge Between Structural Load-Bearing Elements and it's Connection to Others"	18	30
"Connection Between Foundation and Exterior Wall"	8	8
"Connection Between Cladding Tiles/Panels"	5	11
"Connection Between Exterior Walls at Corner"	4	4
"Moisture Accumulation within Roofing Membrane/Tiles"	4	4

Synthèse des problèmes – Kanata		
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI 94 %	Inconstance et détérioration de l'isolant 65 %	
Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte 58 %	Liaison entre le mur et les fenêtres 46 %	
Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles 46 %	Liaison entre le toit et le mur extérieur 44 %	
Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments 35 %	Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur 15 %	
Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage 10 %	Liaison entre les murs extérieurs dans les coins 8 %	
Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture 8 %		
Type de problème	Nombre d'immeubles relevés	Nombre d'occurrences
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI	49	121
Inconstance et détérioration de l'isolant	34	90
Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte	30	39
Liaison entre le mur et les fenêtres	24	30
Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles	24	43
Liaison entre le toit et le mur extérieur	23	25
Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments	18	30
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur	8	8
Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage	5	11
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins	4	4
Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture	4	4

Figure 20 : Synthèse des problèmes dans l'aire de captation de Kanata

Issue Summary - Kanata V1



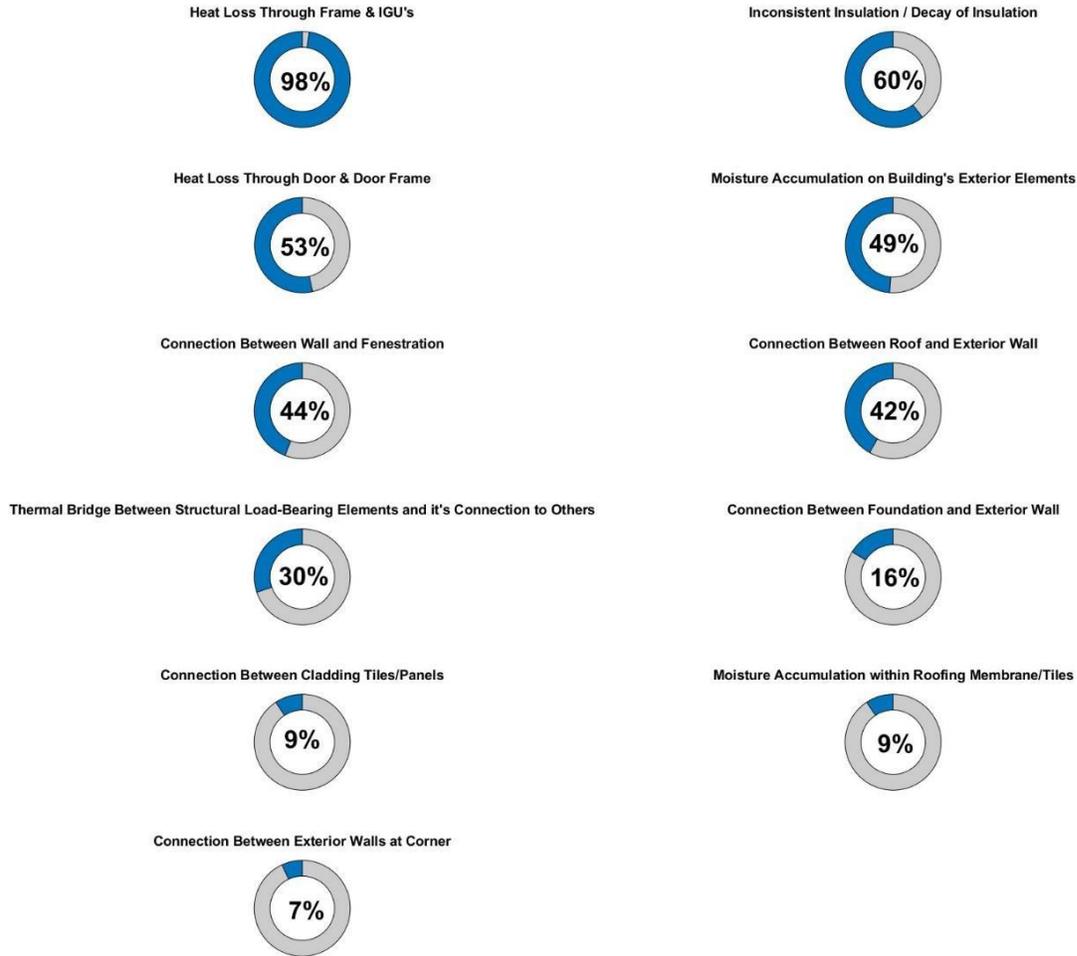
Issue Type	Number of Buildings Found	Number of Occurrences
"Inconsistent Insulation / Decay of Insulation"	5	18
"Heat Loss Through Door & Door Frame"	5	9
"Connection Between Wall and Fenestration"	4	5
"Heat Loss Through Frame & IGU's"	4	10
"Thermal Bridge Between Structural Load-Bearing Elements and it's Connection to Others"	2	10
"Connection Between Roof and Exterior Wall"	1	1
"Connection Between Exterior Walls at Corner"	1	1
"Connection Between Cladding Tiles/Panels"	1	3
"Connection Between Foundation and Exterior Wall"	0	0
"Moisture Accumulation within Roofing Membrane/Tiles"	0	0
"Moisture Accumulation on Building's Exterior Elements"	0	0

Synthèse des problèmes – Kanata M1		
Inconstance et détérioration de l'isolant 100 %	Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte 100 %	
Liaison entre le mur et les fenêtres 80 %	Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI 80 %	
Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments 40 %	Liaison entre le toit et le mur extérieur 20 %	
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins 20 %	Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage 20 %	
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur 0 %	Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture 0 %	
Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles 0 %		
Type de problème	Nombre d'immeubles relevés	Nombre d'occurrences
Inconstance et détérioration de l'isolant	5	18
Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte	5	9
Liaison entre le mur et les fenêtres	4	5
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI	4	10
Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments	2	10
Liaison entre le toit et le mur extérieur	1	1
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins	1	1
Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage	1	3
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur	0	0
Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture	0	0
Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles	0	0

Figure 21 : Synthèse des problèmes dans l'aire de captation de Kanata – Groupe d'âge 1

Synthèse des problèmes – Kanata, de 1980 à 2004 (groupe d'âge 2)

Issue Summary - Kanata V2



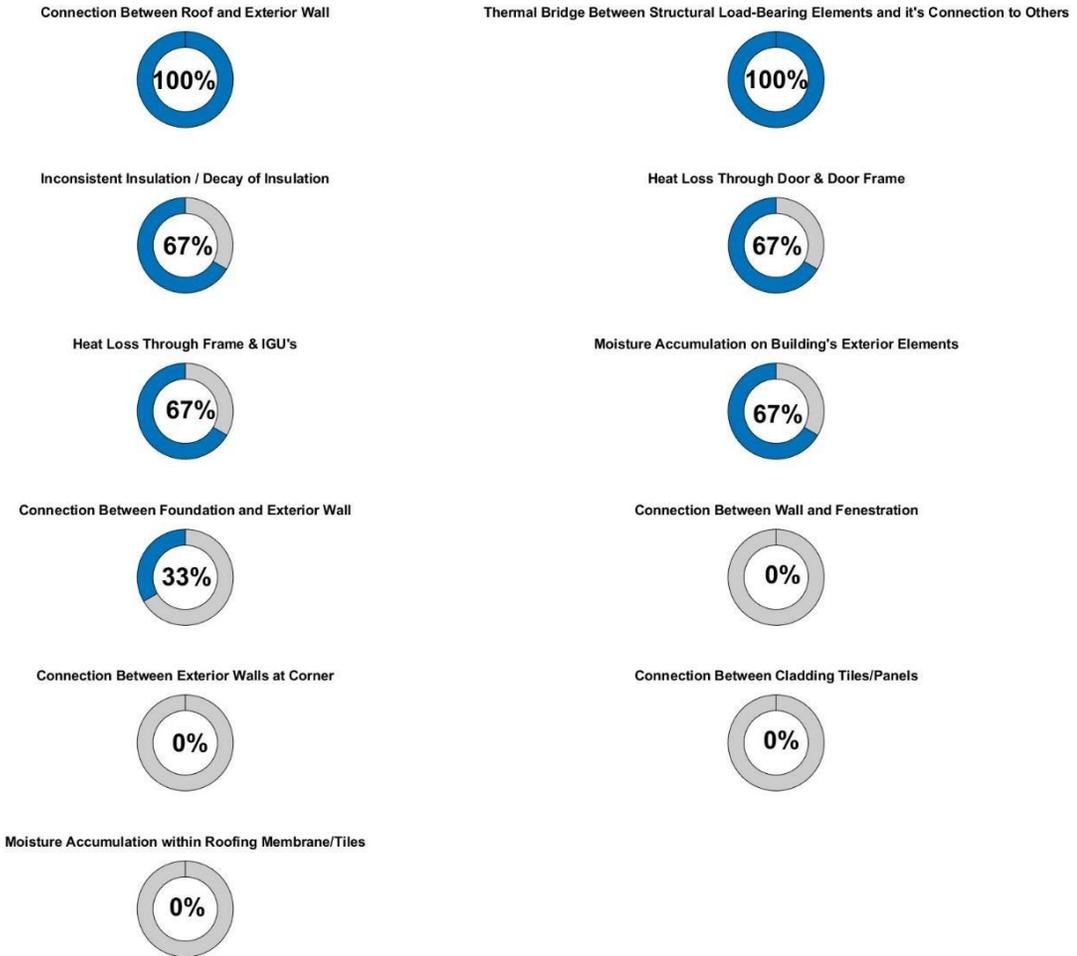
Issue Type	Number of Buildings Found	Number of Occurrences
"Heat Loss Through Frame & IGU's"	42	106
"Inconsistent Insulation / Decay of Insulation"	26	62
"Heat Loss Through Door & Door Frame"	23	26
"Moisture Accumulation on Building's Exterior Elements"	21	38
"Connection Between Wall and Fenestration"	19	24
"Connection Between Roof and Exterior Wall"	18	20
"Thermal Bridge Between Structural Load-Bearing Elements and it's Connection to Others"	13	17
"Connection Between Foundation and Exterior Wall"	7	7
"Connection Between Cladding Tiles/Panels"	4	8
"Moisture Accumulation within Roofing Membrane/Tiles"	4	4
"Connection Between Exterior Walls at Corner"	3	3

Synthèse des problèmes – Kanata M2		
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI 98 %	Inconstance et détérioration de l'isolant 60 %	
Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte 53 %	Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles 49 %	
Liaison entre le mur et les fenêtres 44 %	Liaison entre le toit et le mur extérieur 42 %	
Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments 30 %	Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur 16 %	
Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage 9 %	Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture 9 %	
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins 7 %		
Type de problème	Nombre d'immeubles relevés	Nombre d'occurrences
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI	42	106
Inconstance et détérioration de l'isolant	26	62
Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte	23	26
Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles	21	38
Liaison entre le mur et les fenêtres	19	24
Liaison entre le toit et le mur extérieur	18	20
Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments	13	17
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur	7	7
Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage	4	8
Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture	4	4
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins	3	3

Figure 22 : Synthèse des problèmes dans l'aire de captation de Kanata – Groupe d'âge 2

Synthèse des problèmes – Kanata, de 1961 à 1979 (groupe d'âge 3)

Issue Summary - Kanata V3



Issue Type	Number of Buildings Found	Number of Occurrences
"Connection Between Roof and Exterior Wall"	3	3
"Thermal Bridge Between Structural Load-Bearing Elements and its Connection to Others"	3	3
"Inconsistent Insulation / Decay of Insulation"	2	7
"Heat Loss Through Door & Door Frame"	2	4
"Heat Loss Through Frame & IGU's"	2	2
"Moisture Accumulation on Building's Exterior Elements"	2	4
"Connection Between Foundation and Exterior Wall"	1	1
"Connection Between Wall and Fenestration"	0	0
"Connection Between Exterior Walls at Corner"	0	0
"Connection Between Cladding Tiles/Panels"	0	0
"Moisture Accumulation within Roofing Membrane/Tiles"	0	0

Synthèse des problèmes – Kanata M3		
Liaison entre le toit et le mur extérieur 100 %	Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments 100 %	
Inconstance et détérioration de l'isolant 67 %	Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte 67 %	
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI 67 %	Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles 67 %	
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur 33 %	Liaison entre le mur et les fenêtres 0 %	
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins 0 %	Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage 0 %	
Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture 0 %		
Type de problème	Nombre d'immeubles relevés	Nombre d'occurrences
Liaison entre le toit et le mur extérieur	3	3
Pontage thermique entre les éléments structurels porteurs et leur liaison avec d'autres éléments	3	3
Inconstance et détérioration de l'isolant	2	7
Pertes de chaleur par les portes et les cadres de porte	2	4
Pertes de chaleur par les cadres et les BFVI	2	2
Accumulation d'humidité sur les éléments extérieurs des immeubles	2	4
Liaison entre le mur des fondations et le mur extérieur	1	1
Liaison entre le mur et les fenêtres	0	0
Liaison entre les murs extérieurs dans les coins	0	0
Liaison entre les carreaux et panneaux de bardage	0	0
Accumulation d'humidité dans la membrane et les tuiles de la toiture	0	0

Figure 23 : Synthèse des problèmes dans l'aire de captation de Kanata – Groupe d'âge 3

Appendice C – Détails des valeurs U

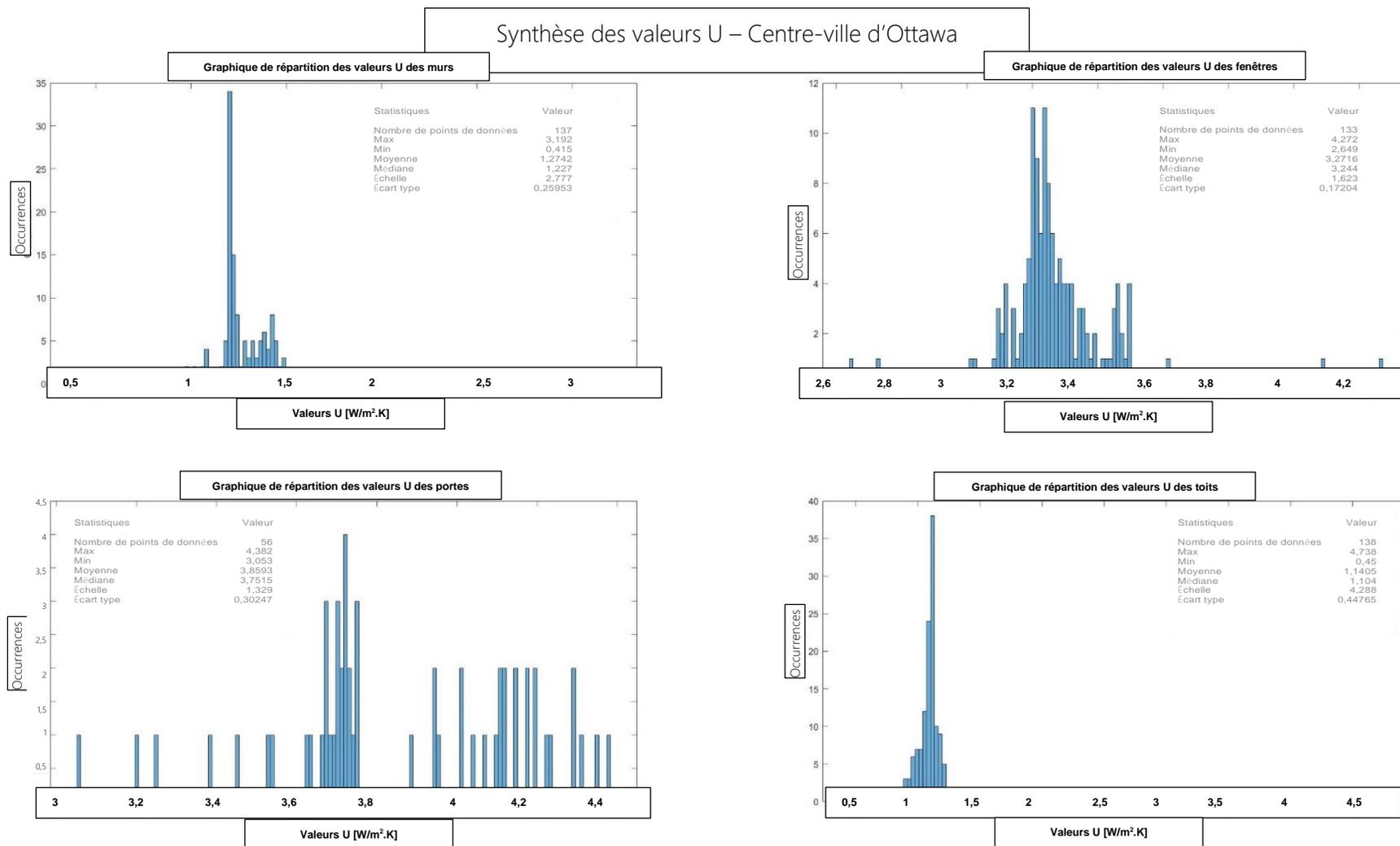


Figure 24 : Synthèse des valeurs U dans les immeubles du centre-ville d'Ottawa

Synthèse des valeurs U – Centre-ville d’Ottawa – depuis 2005 (groupe d’âge 1)

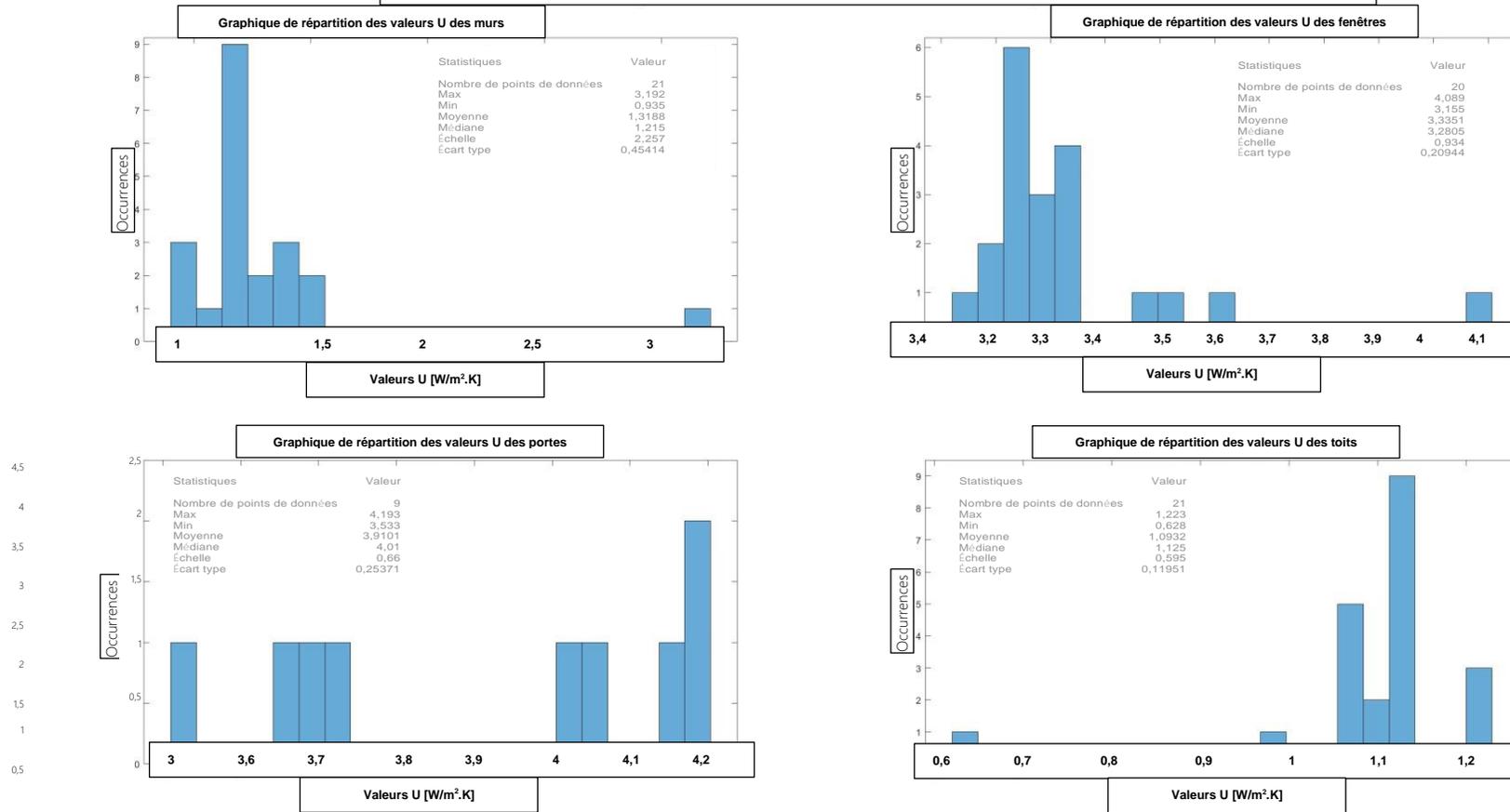


Figure 25 : Synthèse des valeurs U dans les immeubles du centre-ville d’Ottawa – Groupe d’âge 1

Synthèse des valeurs U – Centre-ville d’Ottawa – 1980-2004 (groupe d’âge 2)

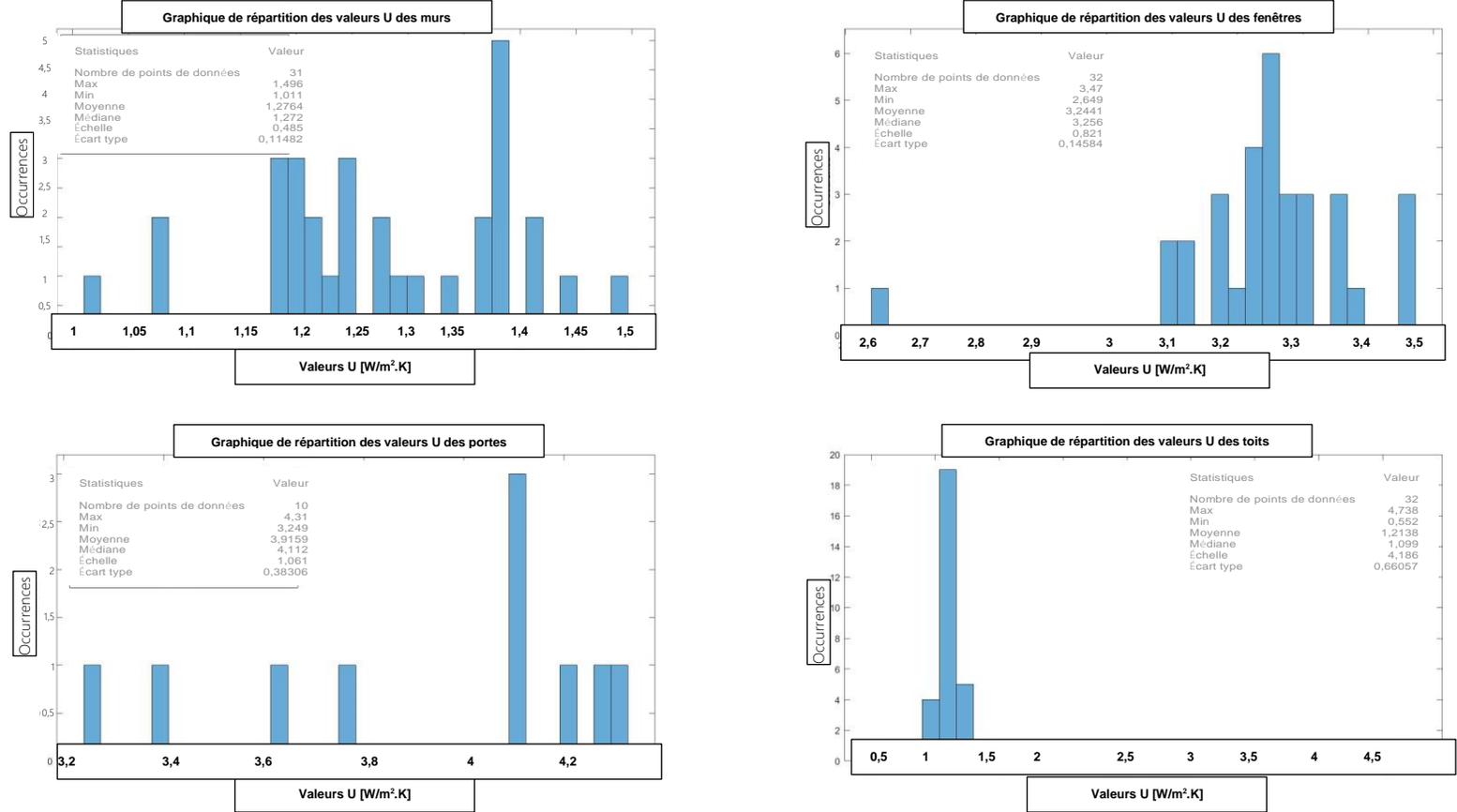


Figure 26 : Synthèse des valeurs U dans les immeubles du centre-ville d’Ottawa – Groupe d’âge 2

Synthèse des valeurs U – Centre-ville d’Ottawa – 1961-1979 (groupe d’âge 3)

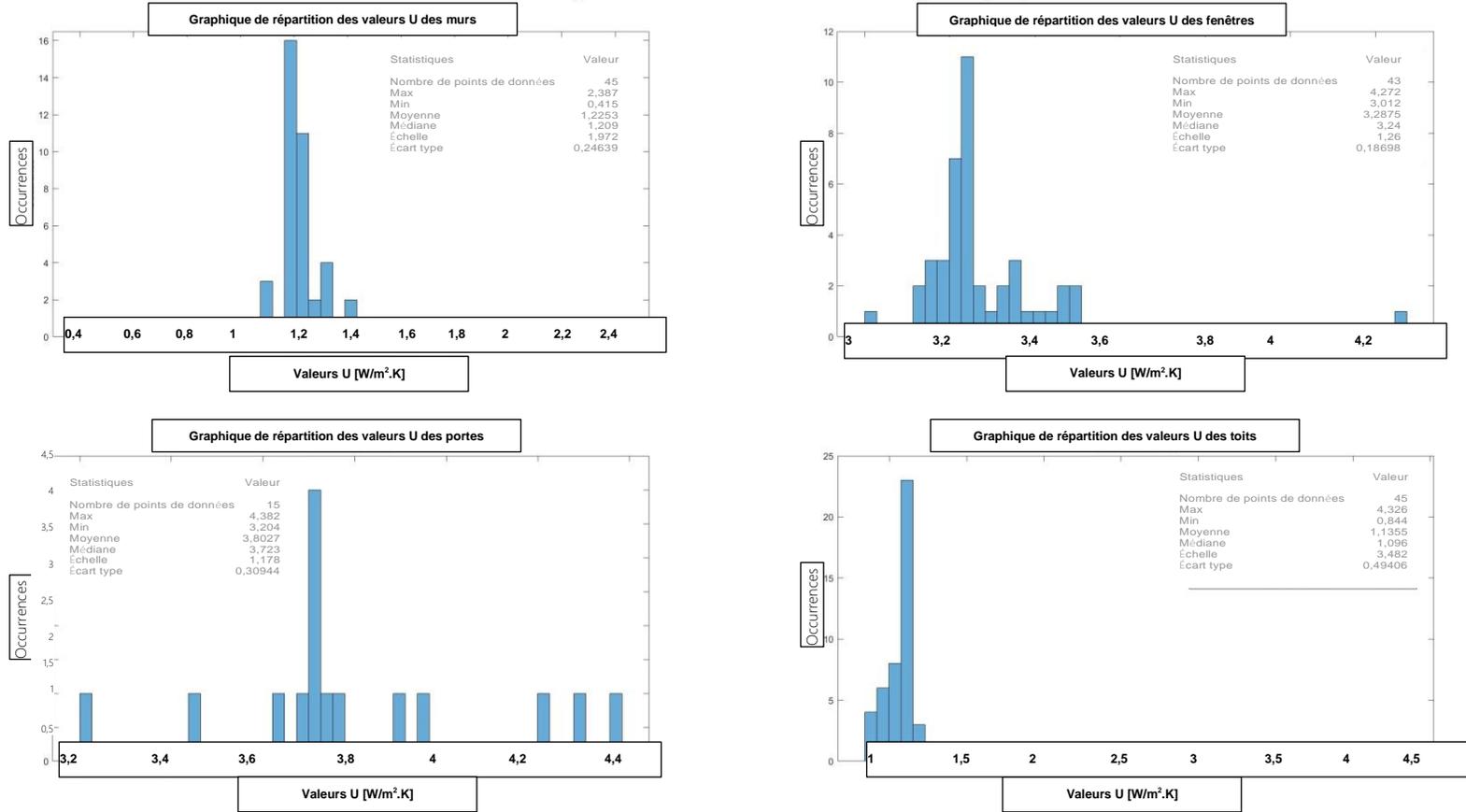


Figure 27 : Synthèse des valeurs U dans les immeubles du centre-ville d’Ottawa – Groupe d’âge 3

Synthèse des valeurs U – Centre-ville d’Ottawa – avant 1960 (groupe d’âge 4)

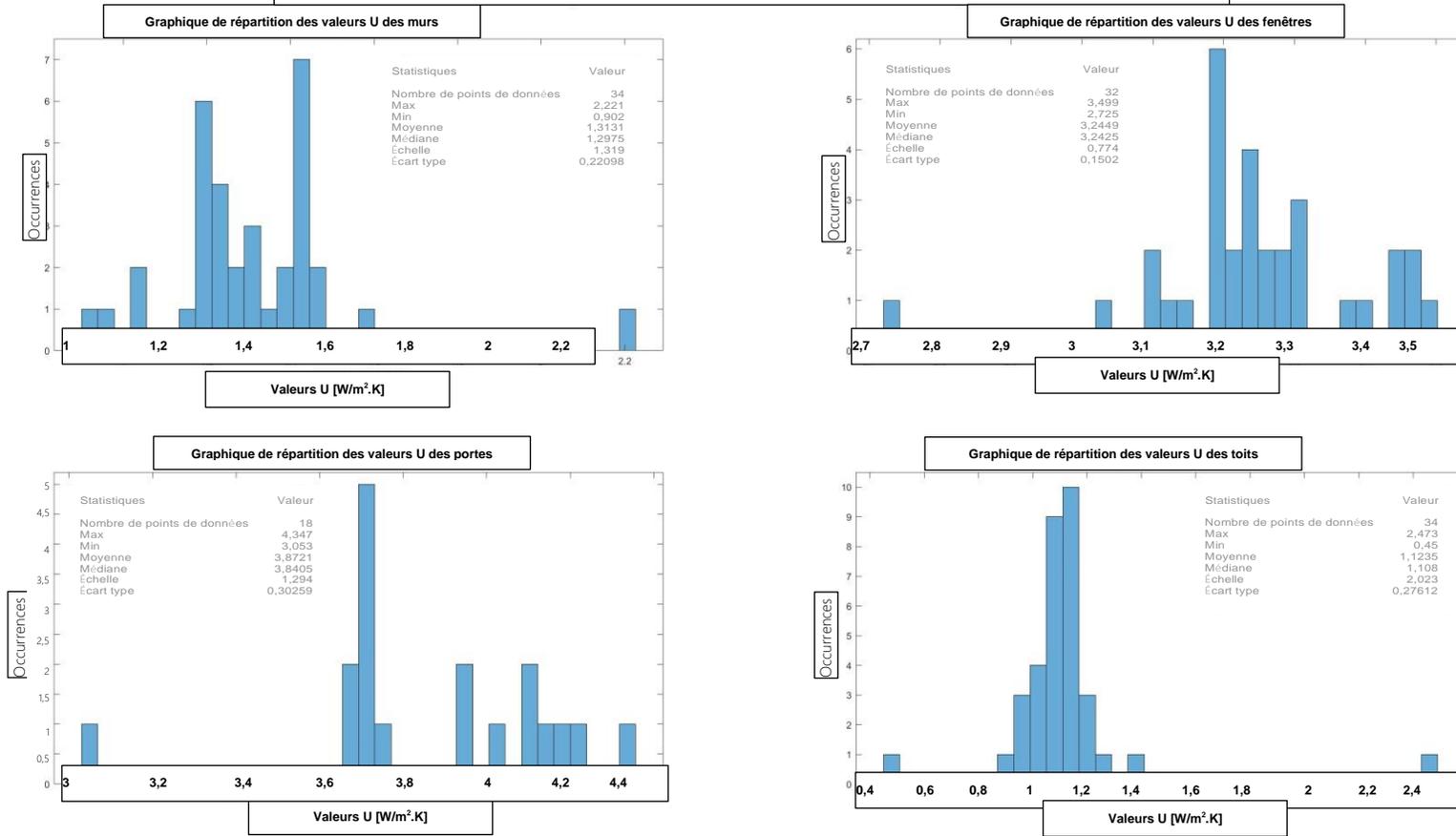


Figure 28 : Synthèse des valeurs U dans les immeubles du centre-ville d’Ottawa – Groupe d’âge 4

Synthèse des valeurs U – Kanata

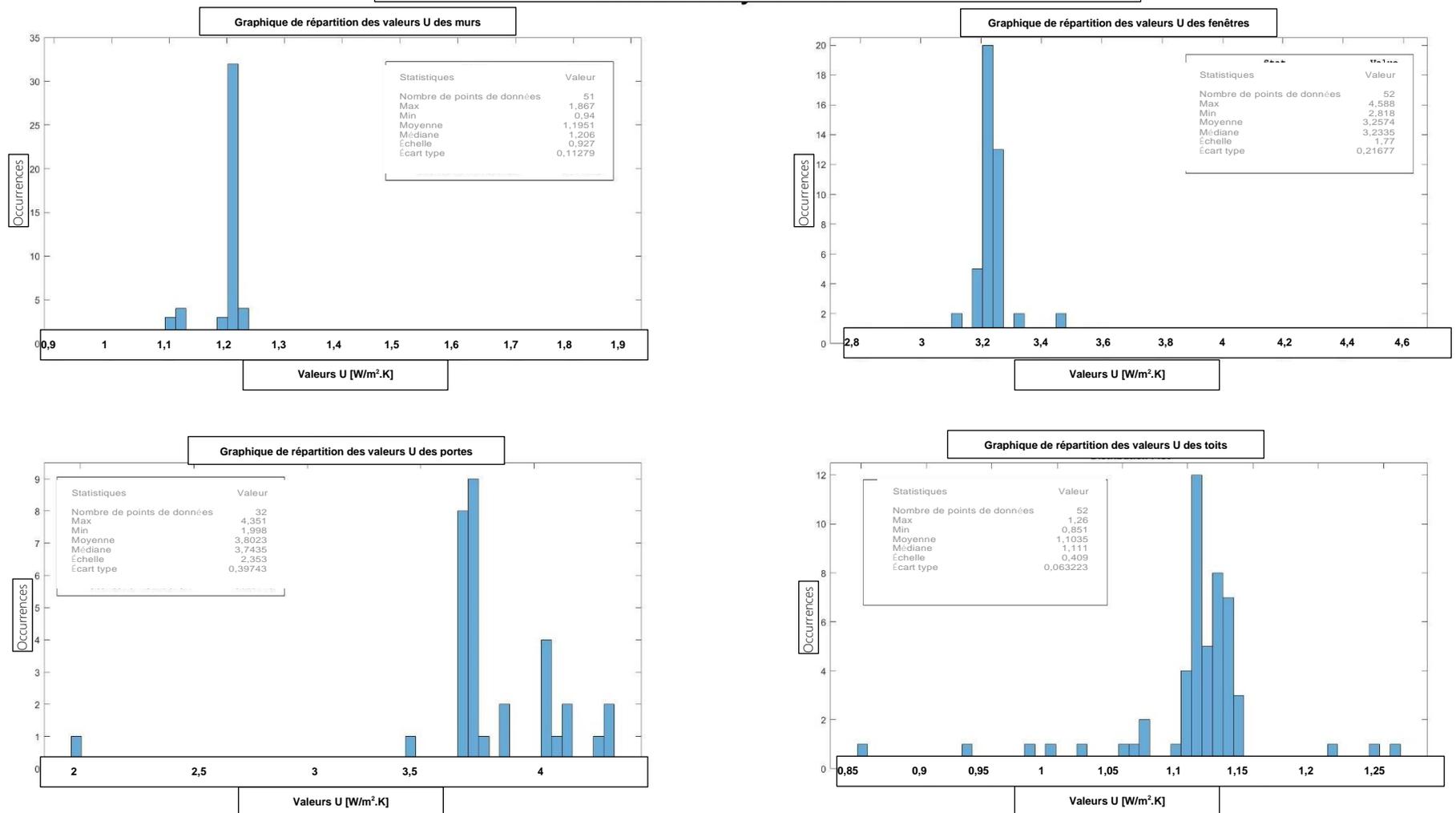


Figure 29 : Synthèse des valeurs U dans les immeubles de Kanata

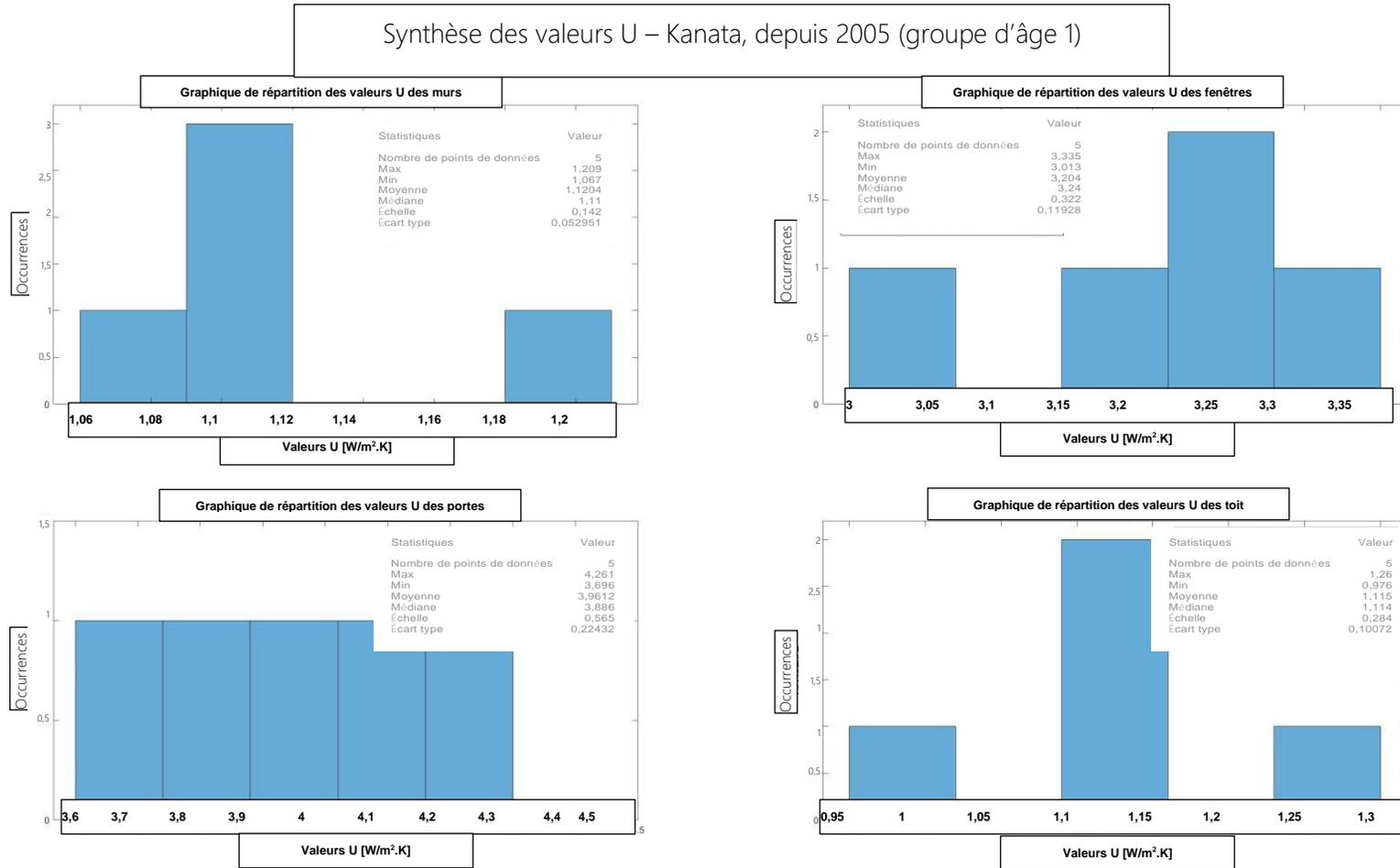


Figure 30 : Synthèse des valeurs U dans les immeubles de Kanata – Groupe d'âge 1

Synthèse des valeurs U – Kanata, 1980-2004 (groupe d'âge 2)

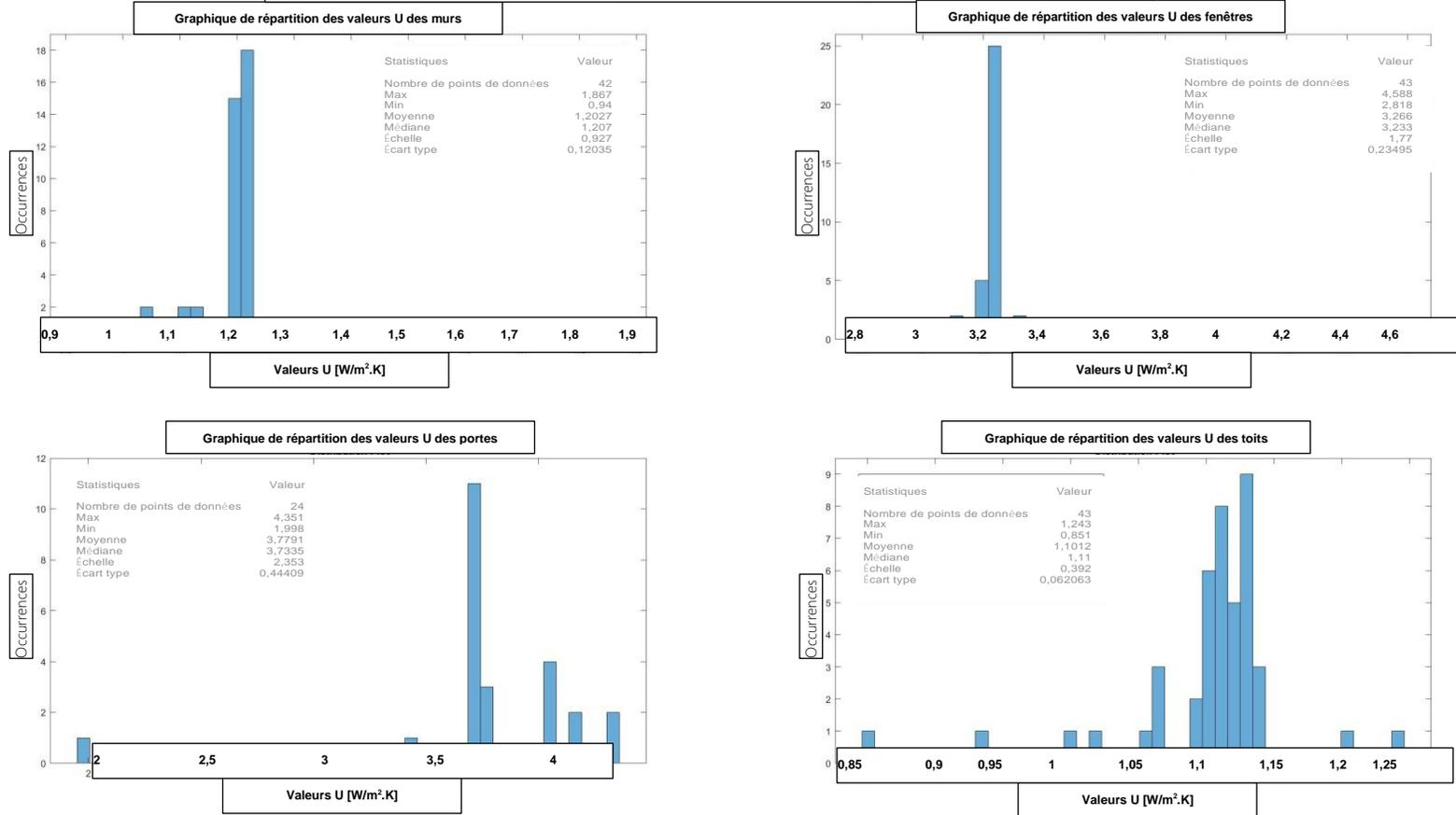


Figure 31 : Synthèse des valeurs U dans les immeubles de Kanata – Groupe d'âge 2

Synthèse des valeurs U – Kanata, 1961-1979 (groupe d'âge 3)

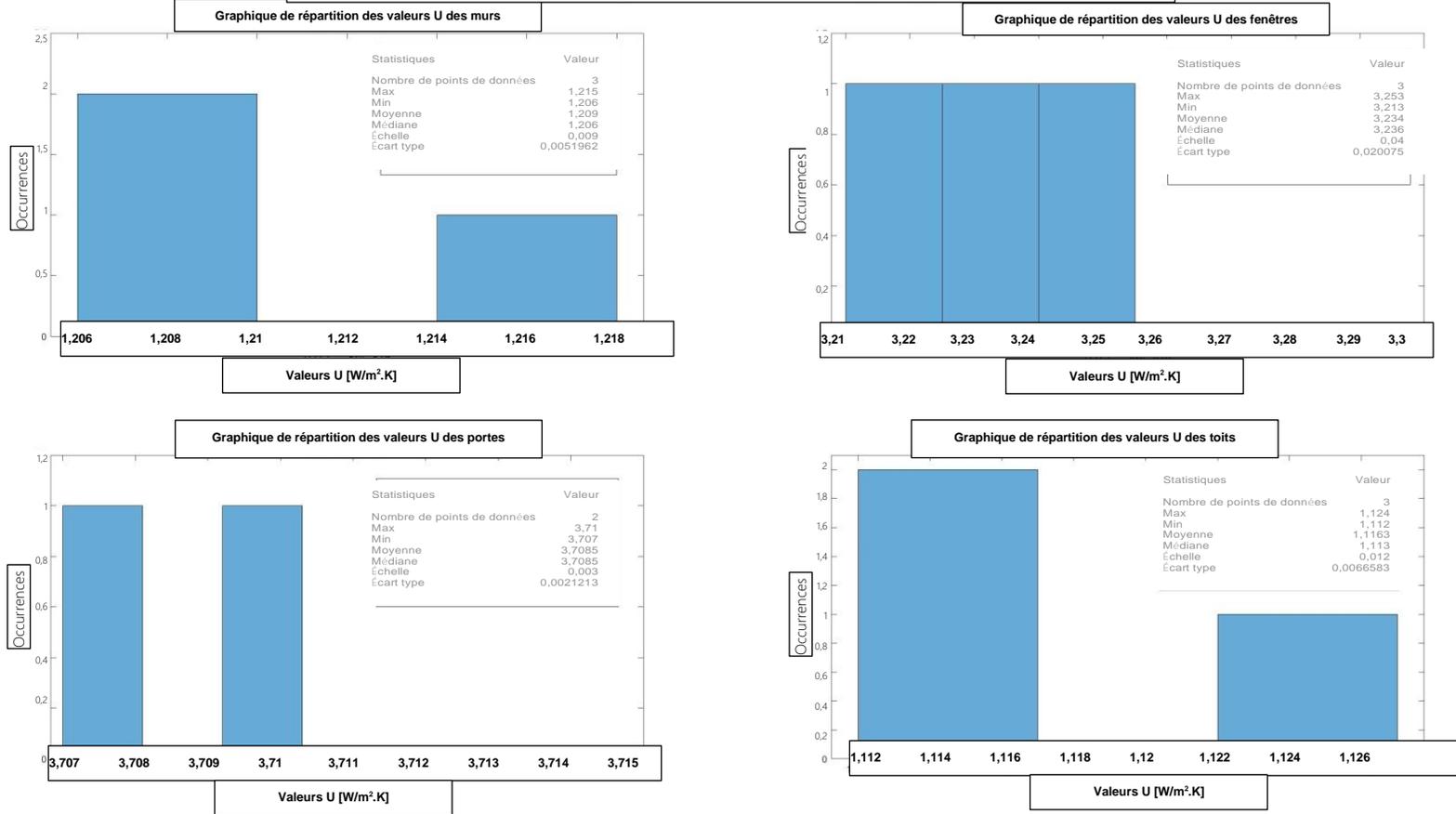


Figure 32 : Synthèse des valeurs U dans les immeubles de Kanata – Groupe d'âge 3