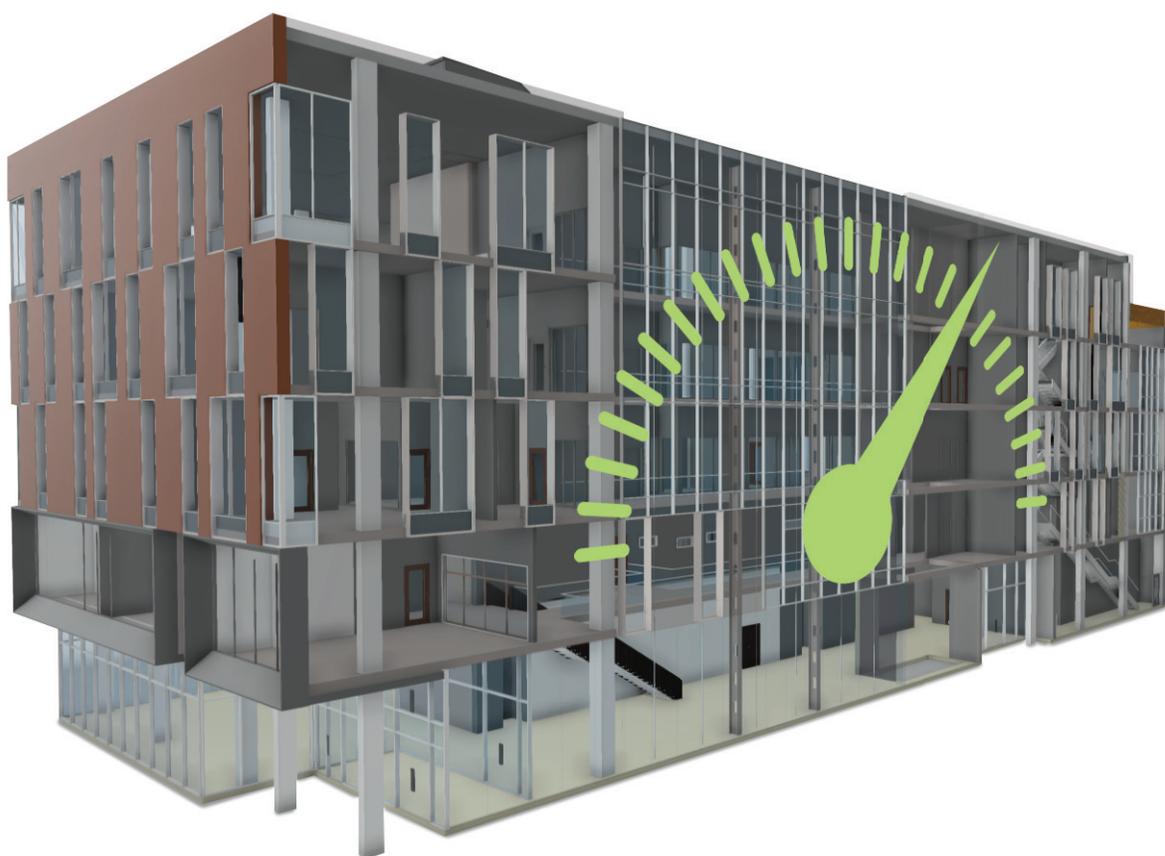


équiterre

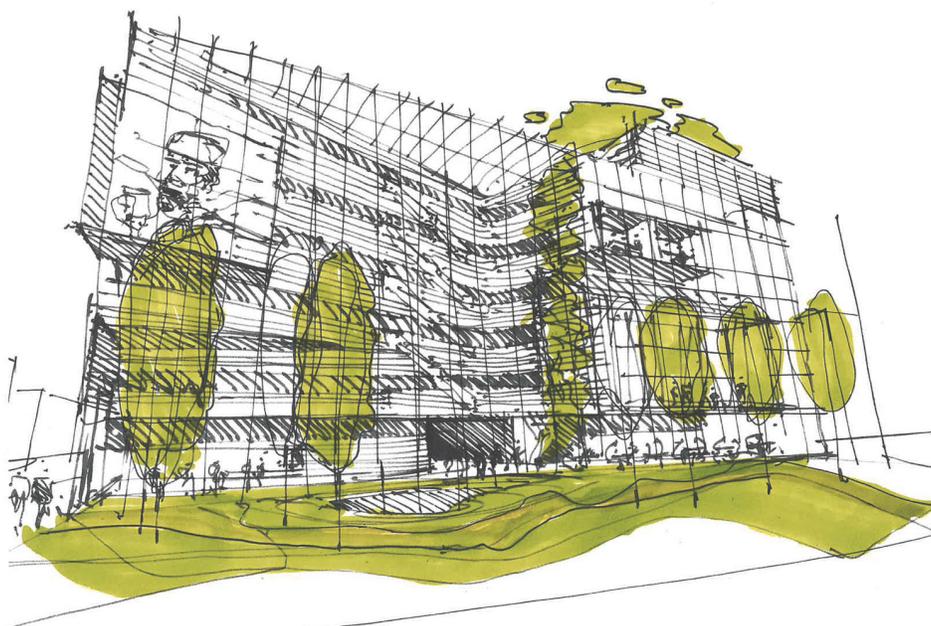
Changer le monde, un geste à la fois

BILAN DE LA
CONSOMMATION
ÉNERGÉTIQUE



ANALYSE DE LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

de la Maison du développement durable



© 2018 Équiterre

REMERCIEMENTS

Équiterre tient à remercier la Fondation familiale Trottier, SOPREMA Canada et le groupe CRH Canada pour leur contribution financière ayant permis de réaliser ce rapport.

Rédaction et coordination : Normand Roy, chargé de projet bâtiment, Équiterre.

Crédit esquisse: Menkes Shooner Dagenais Letourneux Architectes.

AUTRES REMERCIEMENTS

Tanguy Marquer, Équiterre : stagiaire en bâtiment durable

Ricardo Leoto, Équiterre : analyste en bâtiment durable

Samy Geronimo, Équiterre : stagiaire en bâtiment durable

Julie Tremblay, Équiterre : coordination, révision et communications

Philippe Hudon, Simulead : vérification des calculs LEED

Real Cournoyer, ECOSYSTEM : conseils méthodologiques

Philippe Dunsky, Dunsky Expertise en énergie : conseils stratégiques

Catherine David, Atlas et Axis : conception graphiques des tableaux, graphiques et figures

Dale Robertson, Équiterre : soutien graphique

Line Godbout : mise en page

Jean-Romain Roy : analyste

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	5
Le défi de la performance : mesurer pour avancer	5
INTRODUCTION	6
Principes de conception d'un bâtiment démonstratif	6
Le bâtiment, ses usagers et ses activités	6
Charte de projet et objectifs énergétiques	8
PROFIL ÉNERGÉTIQUE DÉTAILLÉ DE LA MAISON DU DÉVELOPPEMENT DURABLE	9
Genèse des données de mesurage	9
Consommation énergétique totale	10
Inventaire complet des charges énergétiques	14
Mise en perspective des résultats de l'inventaire	15
Usages atypiques	16
Charges atypiques restaurant et bistro	16
Charges atypiques – service de location de salles	17
Quantité d'air neuf.....	17
ANALYSE DE LA PERFORMANCE	18
Simulation énergétique de la MDD pour LEED®.....	18
Comparaison de la MDD à tous les bâtiments canadiens	21
Comparaison de la MDD à des bâtiments performants.....	22
Comparaison de la MDD avec le <i>Portfolio Manager d'Energy Star</i>	25
La borne énergétique du parcours d'interprétation de la MDD : un outil unique pour mesurer la performance énergétique du bâtiment	27
Économies d'énergie de technologies d'efficacité énergétique utilisées à la MDD	27
Méthodologie pour la réalisation de la borne éducative « énergie »	31
CONCLUSION	34

LISTE DES GRAPHIQUES, DES ILLUSTRATIONS ET DES TABLEAUX

GRAPHIQUES

1 Comparaison des années références et de la moyenne historique (degrés-jour).....	10
2 Consommation annuelle totale 2012-2016	11
3 Consommation mensuelle 2011-2017	11
4 Consommation mensuelle moyenne hiver-été.....	12
5 Consommation aux 15 minutes selon la saison et moment de la journée	12
6 Consommation quotidienne selon la journée de la semaine.....	13
7 Répartition des charges par types.....	14
8 Tendances énergétiques et changements à la cote <i>Energy Star</i>	26

ILLUSTRATIONS

1 Occupation de l'espace par les usagers (en %).....	7
2 Comparaison de la MDD réelle avec la MDD simulée et le bâtiment référence	20

TABLEAUX

1 Charte de projet	8
2 Inventaire des charges détaillé	16
3 Crédit LEED pour l'optimisation de la performance énergétique (lettre type) certification LEED v1	19
4 Liste des bâtiments performants.....	23
5 Répartition d'usages réels et adaptés pour le <i>Portfolio Manager</i>	25

SOMMAIRE

Le défi de la performance : mesurer pour avancer

Les bâtiments utilisent 40 % de l'énergie consommée dans le monde.

Ces structures qui nous permettent d'apprendre, de travailler, de dormir et de se rétablir à l'abri du climat extérieur, constituent l'une des composantes clés de nos économies. Ce rôle vital des bâtiments pour la société, qui plus est dans un contexte de lutte aux changements climatiques, rend nécessaire une réflexion approfondie sur nos façons de les construire et de les utiliser.

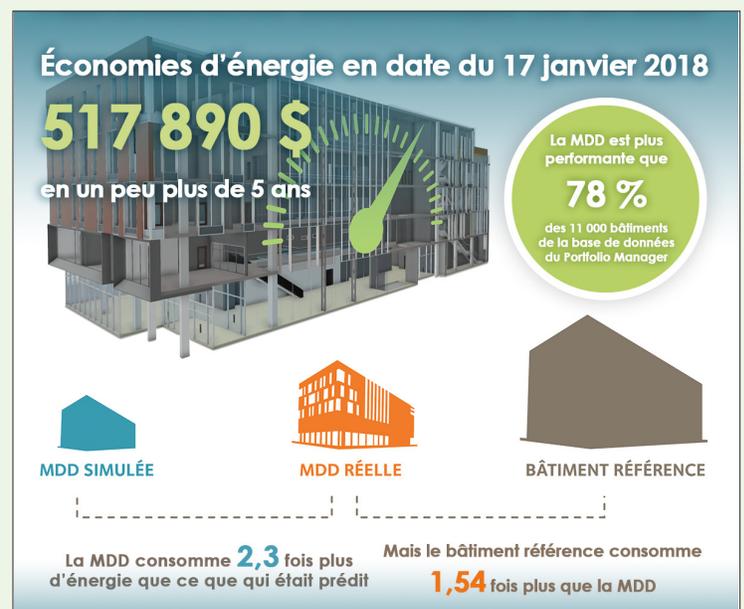
Après 6 ans d'opération, Équiterre a entrepris l'analyse de la performance énergétique de la Maison du développement durable (MDD), premier bâtiment à avoir obtenu la certification LEED® Platine Nouvelle construction (NC) au Québec. Ce bâtiment écologique, conçu pour présenter à la communauté un exemple à la fois ambitieux et concret de bâtiment durable, doit, de par son volet démonstratif, rendre publiques des informations utiles aux chercheurs, aux décideurs immobiliers et aux acteurs du milieu du bâtiment de façon transparente et objective. Un engagement important en regard des analyses requises pour y arriver, car cette démarche d'évaluation de la performance énergétique du bâtiment en fut une d'apprentissages et de défis.

Une règle dans la gestion moderne dit qu'on ne peut gérer efficacement ce qu'on ne mesure pas; une assertion plus vraie encore, comme nous le verrons, dans le contexte de la gestion énergétique d'un bâtiment hors norme. Par ailleurs, les investissements relatifs à la réalisation d'une stratégie d'efficacité énergétique pouvant être significatifs, il convient de valider si la consommation d'un bâtiment justifie de tels investissements puis, de déterminer sur une base quantitative l'ampleur des interventions à mettre en place

Ce travail d'analyse aura néanmoins permis de pousser beaucoup plus loin la compréhension des différentes composantes énergétiques de notre bâtiment.

Il aura également permis de mieux comprendre et expliquer les limites des outils de comparaison existants mais aussi, d'en créer de nouveaux, tout en jetant une lumière actuelle sur la réalité spécifique de la MDD. Nous présentons également des stratégies et technologies d'efficacité énergétique mises de l'avant lors de la conception du bâtiment, de même que les économies financières et en énergie qui y sont associées.

En toute transparence, Équiterre et la Maison du développement durable dévoilent dans les pages de ce rapport l'histoire intime de l'aventure énergétique d'un bâtiment neuf, conçu en vue d'une performance exemplaire. Nous souhaitons que ces démarches, et les données qui les accompagnent, aideront les professionnels en bâtiments et les décideurs immobiliers à s'attaquer avec rigueur à l'efficacité énergétique des bâtiments. En soumettant ces découvertes intéressantes et parfois inattendues de l'équipe du projet à la communauté, nous souhaitons contribuer à un débat que nous considérons vital et faire avancer la réflexion sur l'efficacité énergétique de nos bâtiments.





« La stratégie de conception environnementale [...] de la MDD a consisté à utiliser le plus grand nombre possible de technologies ou d'approches considérées comme les meilleures pratiques de l'industrie. »

INTRODUCTION

Principes de conception d'un bâtiment démonstratif

En août 2011, Équiterre terminait la construction de la Maison du développement durable (MDD), la première nouvelle construction certifiée LEED® Platine au Québec. Rarement autant d'efforts auront été déployés par un promoteur et son équipe de professionnels afin d'optimiser la performance environnementale d'un édifice.

Élaborée de façon à répondre à un besoin spécifique du milieu immobilier, c'est-à-dire faire la démonstration en contexte réel de technologies récemment arrivées au niveau ultime de leur processus de maturation, la Maison du développement durable offre une opportunité unique d'approfondir nos connaissances sur des approches qui doivent permettre de minimiser les coûts sociaux et environnementaux des bâtiments du futur.

La stratégie de conception environnementale globale de la MDD a consisté à utiliser le plus grand nombre

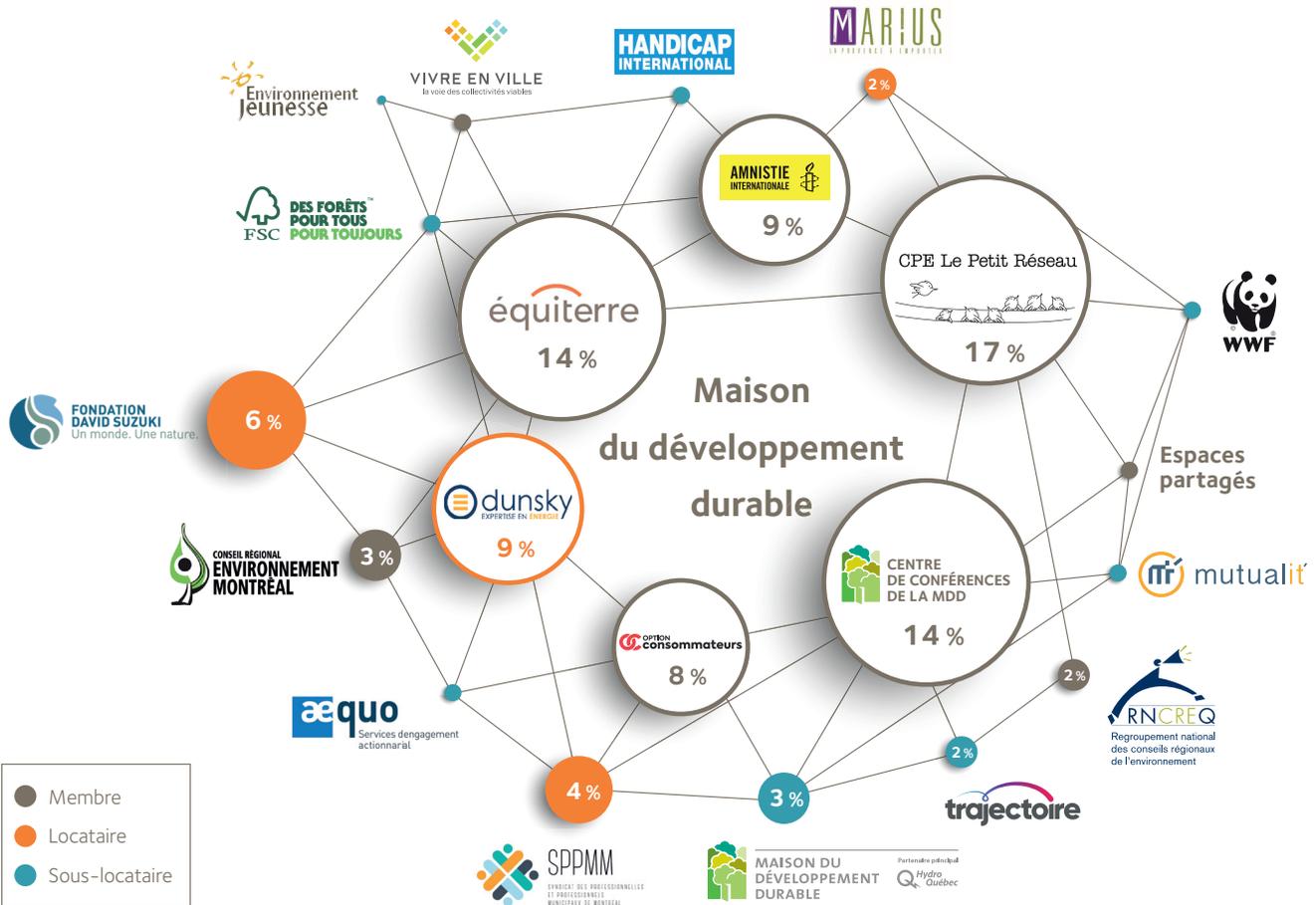
possible de technologies ou d'approches considérées comme les meilleures pratiques de l'industrie pour ce type de bâtiment (géothermie, planchers surélevés pressurisés mur végétal, récupération d'énergie, éclairage efficace, enveloppe performante, gestion automatisée, etc.), en évitant expressément les solutions moins éprouvées. Les processus de conception et de construction de la MDD ont été documentés de façon à pouvoir générer et transmettre des informations rigoureuses et inédites.

Le bâtiment, ses usagers et ses activités

La MDD est un édifice à usage mixte construit en plein cœur du Quartier des spectacles, à Montréal. Ses 68 458 pieds carrés d'espaces intérieurs, dont 63 962 utilisables, servent à héberger des bureaux (70 %), un centre de la petite enfance (18 %), un centre de conférences de 8 salles (10 %) et un bistro (2 %). Les bureaux sont occupés en grande majorité par des organismes sans but lucratif appartenant à l'une des catégories suivantes : membres-copropriétaires, locataires et sous-locataires.

ILLUSTRATION 1

Occupation de l'espace par les usagers (en %)



La population habituelle du bâtiment, 5 jours par semaine, avoisine 240 personnes, en incluant les 80 enfants du CPE. Entre 10 et 15 personnes travaillent les soirs et les fins de semaine, essentiellement dans les bureaux et le bistro.

Outre les occupants et visiteurs liés aux activités de bureau, le bâtiment est aussi fréquenté par les clients du centre de conférences et du bistro. La MDD est en moyenne l'hôte de 524 événements par année, dont au moins deux attirent plusieurs milliers de personnes (la Nuit blanche et le Salon des artisans récupérateurs). Outre ces deux événements spéciaux, nous estimons que la location de salles attire 94 personnes de plus par jour dans le bâtiment. En moyenne, la MDD fait aussi l'objet de 155 visites guidées par année accueillant chacune 11 personnes. Elle reçoit aussi 270 visiteurs individuels intéressés par son parcours d'interprétation.

La Maison du développement durable est la propriété d'un organisme sans but lucratif du même nom, constitué pour gérer le bâtiment et réaliser les autres composantes de sa mission, soit de :

- maximiser le potentiel d'organismes à vocation sociale et environnementale par la cohabitation et la mise en commun de ressources;
- devenir un pôle de réflexion, d'éducation, d'innovation et de rencontres sur le développement durable;
- proposer aux citoyens, aux entreprises et aux gouvernements de nouveaux outils éducatifs sur le développement durable, incluant un parcours d'interprétation du bâtiment, des visites guidées et la possibilité de faire une visite virtuelle de la Maison;
- offrir aux chercheurs canadiens un outil de recherche sur le bâtiment écologique).

Cet organisme est mené par un directeur général relevant d'un conseil d'administration, composé de la direction générale de chacune des 7 organisations membres. Un gestionnaire immobilier professionnel et un mécanicien de machinerie fixe, à raison de quelques heures par mois, conseillent le directeur général dans ses tâches de gestion et dans la vérification des systèmes mécaniques. Une concierge à temps plein assume les tâches d'entretien préventif qui ne sont pas confiées à des sous-traitants spécialisés. Le chargé de projet d'Équiterre ayant mené le projet de conception et de construction de l'édifice, conseille la direction générale sur des questions d'entretien, d'adaptation et de réparation, à raison d'une journée par semaine.

Charte de projet et objectifs énergétiques

Dans la phase de démarrage du projet, les créateurs de la MDD ont souhaité en définir formellement les objectifs. C'est grâce à l'élaboration d'une charte de projet par ses membres qu'ils y sont arrivés. Ce faisant, le projet initié par Équiterre devenait une aventure collective.

Les éléments de la charte spécifiquement relatifs à l'énergie sont présentés ci-dessous. Le document complet peut être consulté en ligne [1].

« Efficacité énergétique supérieure », « modèle d'excellence environnementale », « performance exemplaire [...] du bilan énergétique »; on découvre

que tôt dans le processus d'élaboration du projet, les créateurs de la MDD ont exprimé clairement leur volonté de construire un bâtiment dépassant les performances courantes des édifices contemporains.

Déterminer si ces objectifs énergétiques ont été atteints requiert certes des efforts de mesurage et de comptabilité, mais implique surtout de sérieux questionnements sur la nature même du concept de performance énergétique des bâtiments. Une entreprise d'une étonnante complexité en regard du caractère unique de la conception, du lieu d'implantation et de l'usage de chaque bâtiment.

TABLEAU 1

Charte de projet

Objectif 1 : Renforcer les organisations propriétaires

Stratégie	Actions
1.5 Optimiser le rapport coût d'investissement initial vs coûts d'opération	4. Miser sur une efficacité énergétique supérieure 5. Optimiser les systèmes pendant toute leur durée de vie

Objectif 2 : Inspirer et inciter l'écologisation des bâtiments en modifiant les perceptions du grand public, des professionnels et des décideurs

Stratégies	Actions
2.1 Démontrer les avantages de techniques, matériaux et méthodologies écologiques	1. Construire un bâtiment reconnu comme un modèle d'excellence environnementale pendant au moins 5 ans
2.3 Communiquer efficacement les avantages liés à l'écologisation des bâtiments	2. Viser une performance exemplaire dans les domaines suivants : émissions de gaz à effet de serre, bilan énergétique, santé des occupants et utilisation de matériaux locaux (neufs ou réutilisés).

PROFIL ÉNERGÉTIQUE DÉTAILLÉ DE LA MDD

Genèse des données de mesurage

Déterminer avec exactitude à quoi sert l'énergie consommée dans un bâtiment s'avère être un défi de taille. Le mesurage intégral de l'ensemble des appareils électriques sur une période significative, idéalement quatre saisons, constitue une opération d'une envergure nettement supérieure aux moyens à notre disposition dans le cadre du présent projet. Pour estimer le plus précisément possible chaque poste de consommation, des scénarios d'utilisation ont été développés pour « annualiser » les résultats de mesurage d'échantillons effectués sur de plus courtes périodes.

Le mesurage réel a ainsi été réalisé en utilisant les méthodes suivantes :

- Lecture d'ampérage automatisée à partir des équipements de contrôle du bâtiment;
- Lecture ponctuelle à l'ampèremètre à l'entrée de l'appareil ou au panneau de distribution;
- Lecture à l'ampèremètre enregistreur sur quelques jours au panneau de distribution;
- Mesure de consommation entre la prise de courant et l'appareil.

Dans le cas de l'éclairage d'urgence, fonctionnant en permanence, et de l'éclairage programmé, la charge d'un circuit a été déterminée selon les caractéristiques techniques des appareils en fonction du temps de fonctionnement connu et du facteur de ballast.

Les échantillons de mesurage se définissent comme suit :

- Données intégrales archivées par le système de gestion du bâtiment;
- Selon une période déterminée par nous en fonction de la prévisibilité d'utilisation;
- Données des contrôleurs (périodes variables selon la méthode d'échantillonnage programmée);

- Données intégrales issues des compteurs d'eau (humidificateur, chauffe-eau);
- Mesurage par événement (porte de garage, stores, charges aux prises).

Pour les équipements dont le régime varie selon la température extérieure, tels que les aérothermes, une méthode spéciale a été élaborée. La température moyenne de chaque mois d'une année référence a été déterminée à partir des statistiques d'Environnement Canada (station Dorval). Nous avons ensuite extrait, parmi les données d'opération archivées, celles de journées où des températures moyennes comparables à ces moyennes mensuelles ont été enregistrées. La consommation ainsi obtenue a ensuite été utilisée pour extrapoler la consommation du mois dont cette température constituait la moyenne. Ainsi, par exemple, les statistiques d'Environnement Canada indiquent que la température moyenne du mois de janvier 2016 était de $-9,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Parmi les données disponibles pour les aérothermes, nous avons extrait celles de la journée dont la température moyenne s'approchait le plus de la moyenne mensuelle, soit le 23 janvier 2016, durant laquelle il a fait en moyenne $-11,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Enfin, la consommation calculée à partir de ces données a été utilisée pour déterminer la consommation de tous les jours de janvier 2016.

Un inventaire complet des appareils branchés dans les prises de courant du bâtiment a été réalisé au cours de l'année 2016. Des appareils « typiques » ont ensuite fait l'objet de séance de mesurage à l'aide d'un appareil Watts Up Pro sur une période allant de 2 à 10 jours. La durée des périodes de mesurage a été déterminée en fonction de la variabilité probable de la consommation des appareils. Ainsi, règle générale, les réfrigérateurs, les photocopieurs et les lave-vaisselles ont été mesurés moins longtemps que les bouilloires et les micro-ondes. Ces données de mesurage ont été utilisées pour estimer la consommation de tous les appareils de l'inventaire en prenant habituellement soin, lorsque pertinent, de pondérer les résultats en fonction de la population relative de chaque espace,

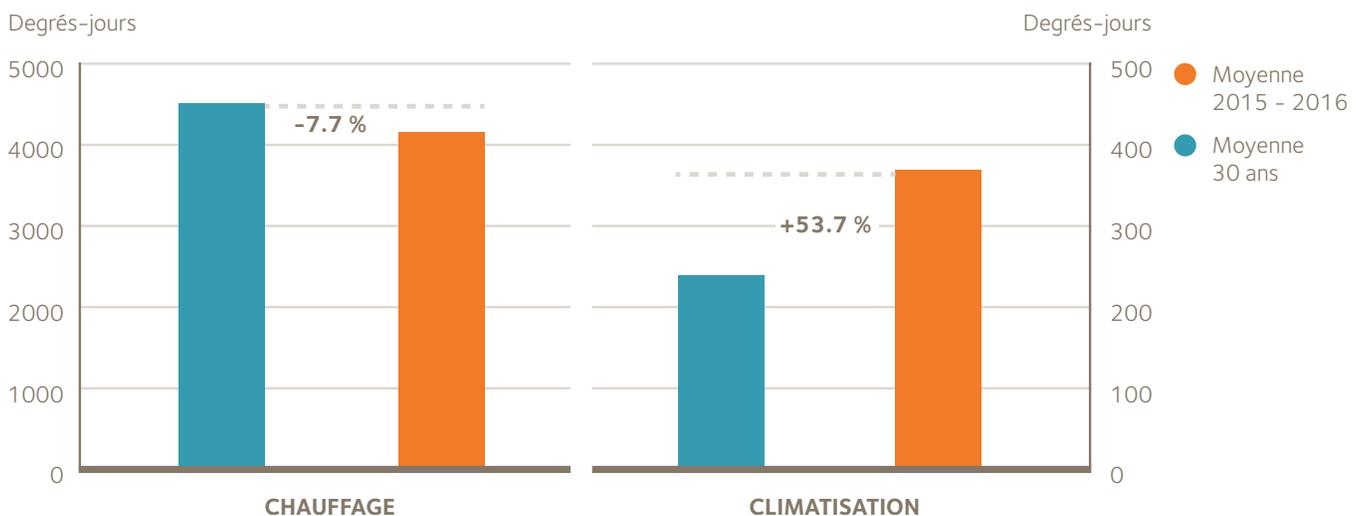
en comparaison à celle du bureau d'Équiterre, où ces mesures ont été effectuées.

Des anomalies probablement typiques de la mise en service des nouveaux bâtiments ont ponctué les trois premières années d'opération de la MDD, entraînant des problèmes de confort thermique menant probablement à une surconsommation énergétique. Ces problèmes ayant été résolus, nous avons décidé d'exclure de nos calculs les années 2012, 2013 et 2014¹. Notre base de référence pour les résultats présentés au graphique 1 correspond donc à la moyenne de

consommation totale du bâtiment pour les années 2015 et 2016. Des facteurs sociaux liés à l'évolution du projet ont aussi contribué à qualifier d'atypique les trois premières années d'opération du bâtiment, soit la fin des activités d'un restaurant de 120 places (remplacée par un bistro de 24 places et 3 salles de réunion) et la densification progressive jusqu'en 2015 de la population des bureaux. Notons toutefois que la moyenne de consommation totale du bâtiment pour ses 5 premières années (1 384 021 kWh) n'est que 3,5 % plus élevée que la moyenne de nos deux années référence (1 334 409 kWh).

GRAPHIQUE 1

Comparaison des années références et de la moyenne historique (degrés-jour)



Consommation énergétique totale

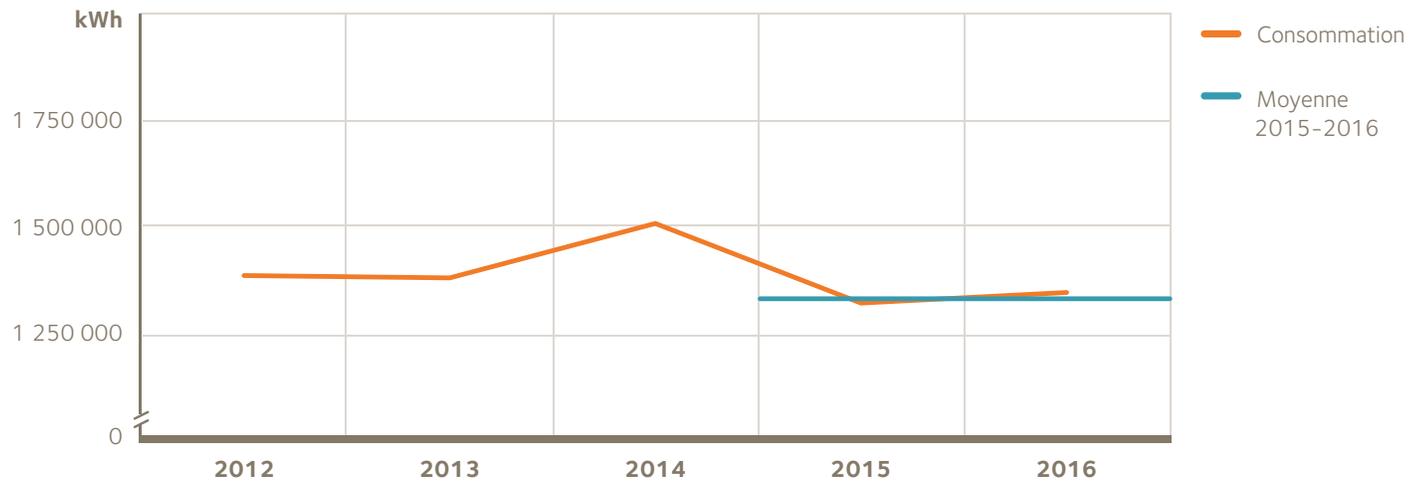
Avant de plonger dans les détails de la consommation énergétique de la MDD, il semble pertinent de présenter son comportement énergétique général. Les pages qui suivent permettent de mieux se situer dans l'évolution de la consommation totale du bâtiment, actuellement au début d'un cycle de stabilisation, mais aussi d'envisager l'impact de certains paramètres tels que la température extérieure et l'intensité d'utilisation des espaces.

Le graphique 2 indique la consommation énergétique annuelle totale du bâtiment depuis le début de ses opérations et, en bleu, la moyenne utilisée comme base de calcul pour nos travaux (1 334 410 eq./kWh). Il montre notamment une consommation fortement atypique en 2014 et une baisse sensible en 2015-2016 par rapport à 2012-2013.

¹ Une des conséquences des ajustements initiaux à la mécanique du bâtiment est que la chaudière d'appoint au gaz naturel n'a pas été utilisée depuis décembre 2014. Entre cette date et août 2017, la seule consommation de gaz naturel est attribuable au chauffe-eau dédié du bistro. En août 2017, suite à un bris, le chauffe-eau au gaz a été remplacé par un appareil électrique.

GRAPHIQUE 2

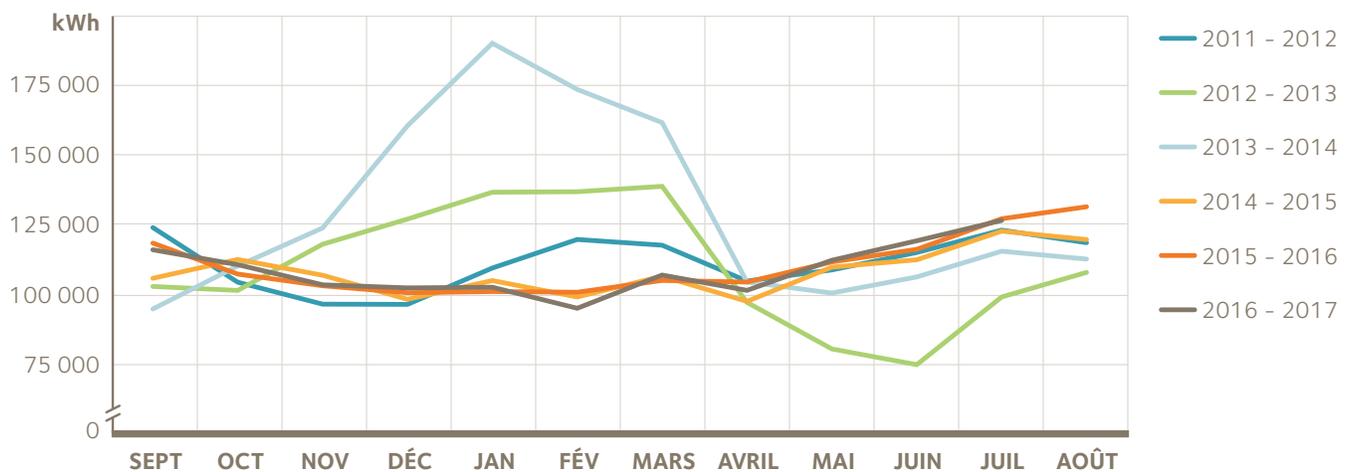
Consommation annuelle totale 2012-2016



Le graphique 3 présente quant à lui la consommation énergétique mensuelle du bâtiment depuis ses débuts. Le rapprochement des valeurs à partir de la fin de 2014 semble démontrer un meilleur contrôle des équipements. Il est aussi intéressant de constater que la consommation des mois d'avril et octobre montre moins de variabilité que le reste de l'année.

GRAPHIQUE 3

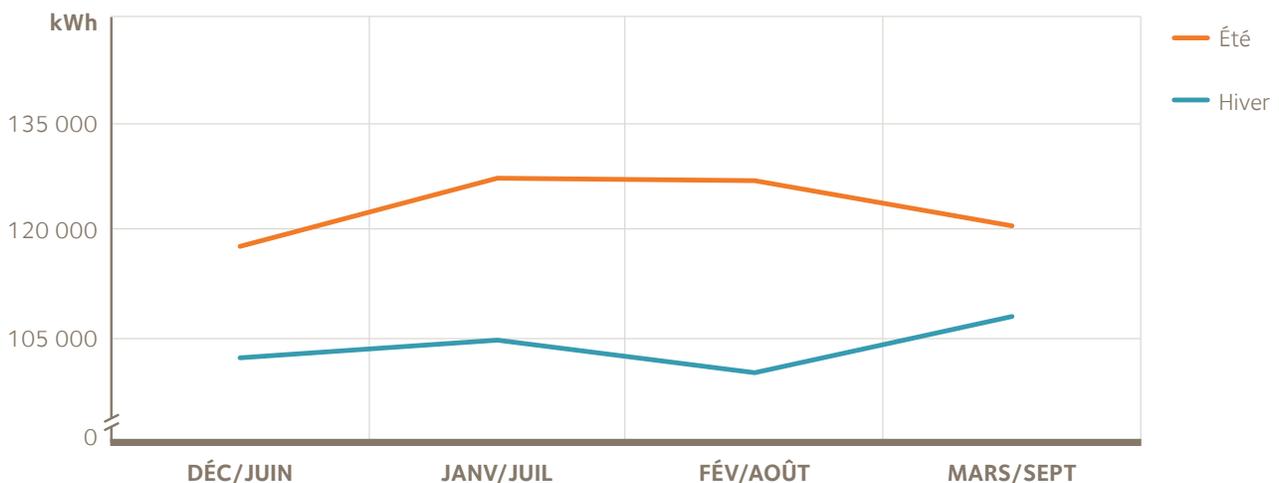
Consommation mensuelle 2011-2017



Le graphique 4 compare la consommation énergétique mensuelle moyenne du bâtiment en été et en hiver depuis le début des opérations. Il démontre sans ambiguïté que le bâtiment consomme significativement plus l'été que l'hiver.

GRAPHIQUE 4

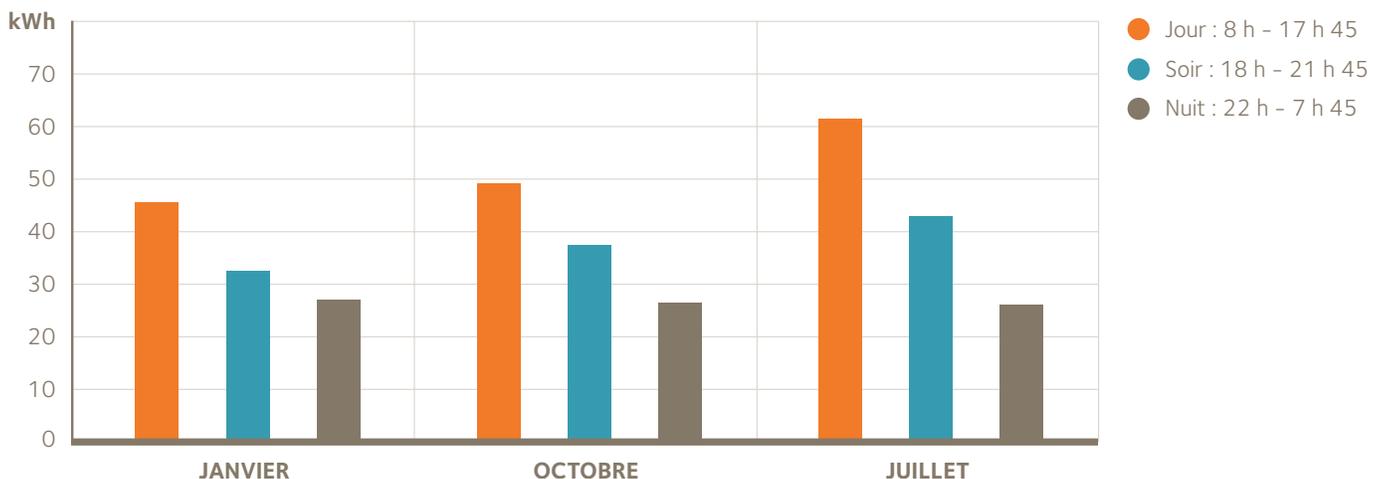
Consommation mensuelle moyenne hiver-été



Le graphique 5 illustre pour sa part la différence de consommation en fonction du type d'occupation (jour, soir, nuit) et de la saison. Fait intéressant : la consommation nocturne ne semble pas affectée par les variations de température saisonnières.

GRAPHIQUE 5

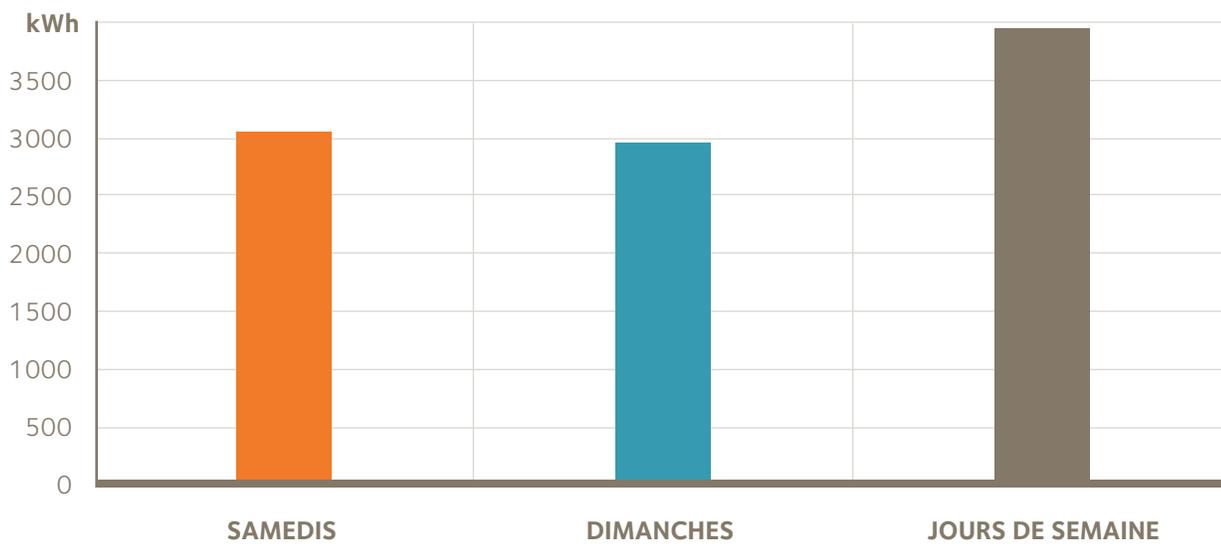
Consommation aux 15 minutes selon la saison et le moment de la journée



Le graphique 6 présente enfin la consommation quotidienne moyenne du bâtiment en fonction du jour de la semaine. Il est surprenant de constater que malgré une différence significative de population entre les jours de semaine (plus de 360 personnes) et de fin de semaine (une quarantaine de personnes), la différence de consommation d'énergie n'est pas particulièrement grande.

GRAPHIQUE 6

Consommation quotidienne selon la journée de la semaine



Inventaire complet des charges énergétiques

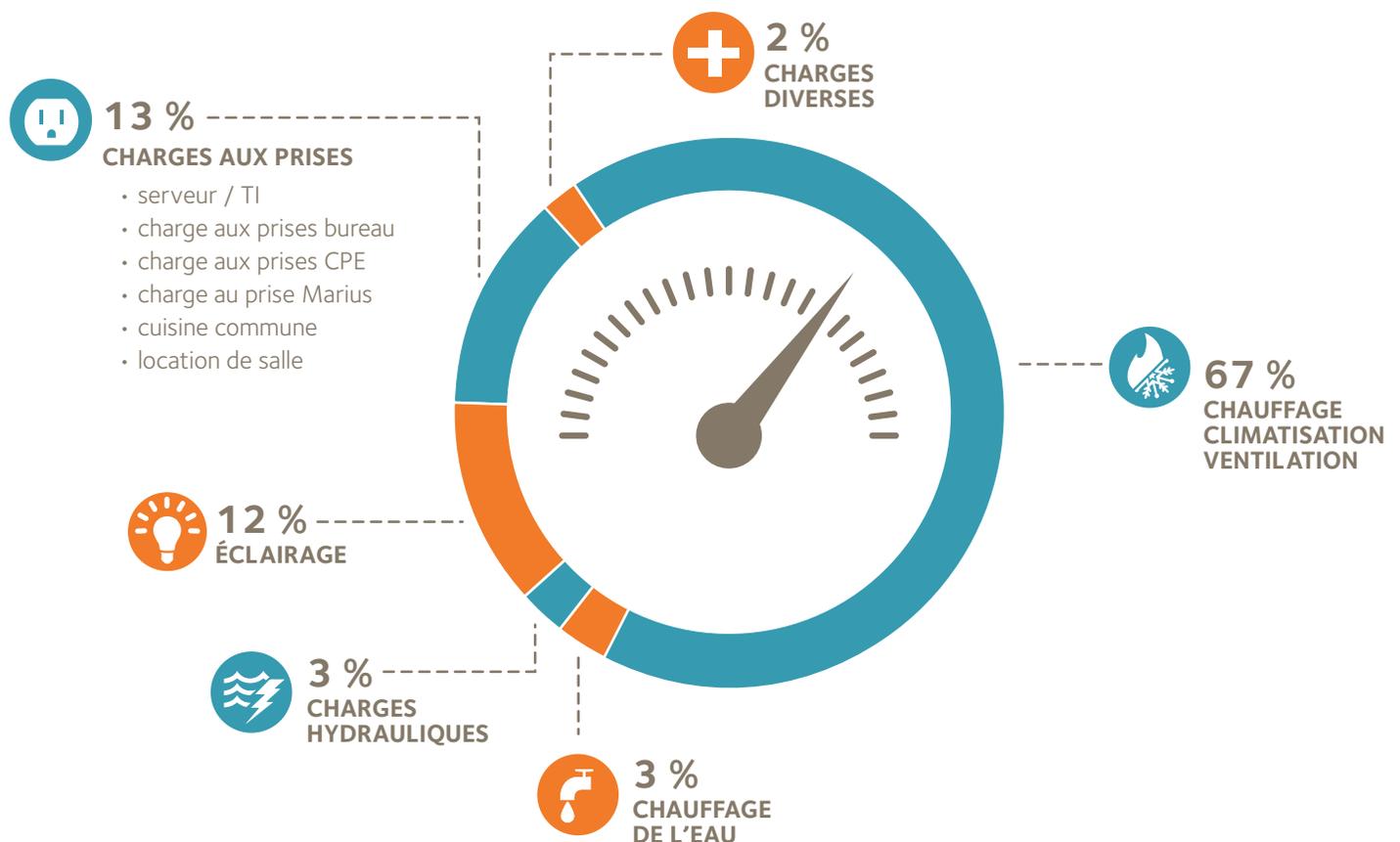
La répartition de la consommation énergétique du bâtiment selon les différentes catégories fonctionnelles est présentée ci-dessous.

Les catégories utilisées dans le présent rapport correspondent à celles habituellement utilisées dans la littérature, à deux exceptions près.

Tout d'abord, les charges de chauffage, ventilation et air climatisé (CVAC) sont souvent présentées dans la littérature en séparant le chauffage et la climatisation, une approche plutôt difficile à mettre en œuvre dans un bâtiment où la chaleur et la climatisation sont distribués par le système de ventilation. Nous avons par ailleurs ajouté la catégorie « hydraulique » pour présenter des pratiques d'usages peu fréquents dans les bâtiments conventionnels. Les catégories utilisées dans notre analyse sont présentées brièvement ci-dessous.

GRAPHIQUE 7

Répartition des charges par type





Chauffage, climatisation et ventilation

Inclut les pompes et les ventilateurs servant à la ventilation, au chauffage et à la climatisation ainsi que deux thermopompes, des aérothermes, les contrôleurs, l'humidificateur et la chaudière d'appoint.



Chauffage de l'eau

Pendant la période de référence de la présente étude, le chauffage de l'eau domestique était assuré par trois appareils électriques et un au gaz naturel, ce dernier étant dédié spécifiquement à la cuisine du bistro. En août 2017, ce chauffe-eau au gaz, suite à un bris, a été remplacé par un appareil électrique. L'eau acheminée vers les trois chauffe-eaux électriques originaux est préchauffée par un serpentin de récupération d'énergie sur l'eau grise de la cuisine du CPE et, lorsque les conditions le permettent, par la récupération des excès de chaleur de la boucle d'eau chaude.



Éclairage

La Maison du développement durable compte 1 047 appareils d'éclairage de 22 types différents. Les principales technologies utilisées sont le « T5HO indirect » pour les bureaux et des ampoules aux halogénures métalliques dans les couloirs. Des fluorescents compacts et T8 ainsi que différents modèles d'ampoules DEL sont également utilisés. Un peu plus de 40 % de la consommation d'éclairage est attribuable à l'éclairage d'urgence, allumé en permanence. Le reste de l'éclairage est contrôlé soit

par un système informatisé, soit par des détecteurs de mouvements, ou encore par des commutateurs manuels.



Charges hydrauliques

Cette catégorie inclut les pompes servant à la filtration et à la pressurisation de l'eau de pluie alimentant les toilettes, à la recirculation utilisée pour garder l'eau chaude près des points d'utilisation et à l'alimentation en eau du mur végétal.



Charges aux prises

Inclut tout ce qui peut être branché aux prises de courant, principalement des équipements informatiques, des imprimantes et des photocopieurs. Cette catégorie compte aussi des équipements de cuisine de type résidentiel et commercial tels que des réfrigérateurs, des micro-ondes, des lave-vaisselles, machine à café, etc.



Charges diverses

Inclut deux cabines d'ascenseurs réalisant en moyenne presque 900 trajets par jour (un trajet équivaut à un arrêt/départ d'une cabine). Comprend également les systèmes d'ouverture de porte, les stores automatiques, les équipements éducatifs (écrans et ordinateurs), les sècheurs à main, des ventilateurs d'appoint, de petites pompes et d'autres équipements fonctionnant rarement.

Mise en perspective des résultats de l'inventaire

Le fait que 67 % de l'énergie consommée dans le bâtiment soit utilisée pour le chauffage, la climatisation et la ventilation (CVAC) paraît une valeur assez élevée lorsqu'on la compare à la plupart des écrits recensés dans le cadre de nos recherches, lesquels assignent plutôt à ces fonctions des proportions avoisinant les 40-45 %, comme celle de 44 % identifiée dans le 2012 *Commercial Building Energy Consumption Survey* (CBECS), de la U.S. *Energy Information Administration* [2]. Notons toutefois que le *Chartered Institution of Building Services Engineers* (CIBSE), indique que ces fonctions requièrent plutôt 68 % de l'énergie d'un bâtiment [3].

Le moins qu'on puisse dire, c'est que la part de la consommation énergétique que la MDD dédie à ces charges se situe dans le haut de la fourchette des valeurs reconnues dans l'industrie. Cela peut être dû à plusieurs phénomènes pouvant agir simultanément, dont une meilleure performance relative des autres secteurs de consommation (éclairage, charge aux prises), un investissement imposant dans la qualité de l'air de notre bâtiment, ou une réelle surcharge provenant des équipements de CVAC. La fonction éclairage, établie quant à elle à 12 %, se situe dans le bas du spectre des valeurs trouvées dans la littérature, lesquelles s'étendent de 10 % à 44 %, avec une moyenne supérieure à 30 %.

TABLEAU 2

Inventaire des charges détaillé

	kWh	%
CVAC		
Pompes (11)	139 802	
Ventilateurs (23)	304 351	
Thermopompes (2)	345 488	
Contrôleurs (13)	16 924	
Aérothermes (7)	7195	
Autres	38 034	
Chaudière au gaz (eq kWh)	30 132	
Sous-total CVAC	881 927	67
Chauffe-eau		
	39 511	3
Hydraulique		
Toilettes à l'eau de pluie	31 676	
Mur végétal	3995	
Recirculation eau chaude domestique	5256	
Sous-total hydraulique	40 927	3
Éclairage		
Éclairage permanent d'urgence	49 855	
Éclairage programmé	101 069	
Autres éclairages	3855	
Sous-total éclairage	154 779	12

Usages atypiques

L'usage principal d'un bâtiment (bureau, commerce, éducation, industriel, soins de santé, résidentiel, etc.), détermine en principe sa catégorie, mais l'importance relative des usages secondaires et surtout, leur intensité énergétique spécifique, peut varier considérablement.

Certains des usages spécifiques d'un bâtiment peuvent entraîner une surconsommation énergétique compliquant la comparaison avec les bâtiments de sa catégorie. En l'occurrence, dans la MDD, la densité énergétique du bistro (57 kWh/pi²/an) est presque 20 fois supérieure à celle des espaces à bureaux (3 kWh/pi²/an).

	kWh	%
Charges aux prises		
Bureaux	37 842	
CPE	22 290	
Bistro	69 665	
Cuisine commune	1 553	
Location de salles	1 956	
Serveurs	34 597	
Cuisine traiteur	606	
Photocopieur collectif	1245	
Sous-total charges aux prises	168 508	13

Charges diverses		
Pertes aux transformateurs	30 441	
Ascenseurs	2 085	
Séchoirs à mains	530	
Bornes d'interprétation	1 753	
Petites charges diverses mesurées	353	
Sous-total charges diverses	35 161	3

Charges totales mesurées et estimées	1 320 814	–
Charge de référence (moyenne 2015-2016)	1 304 278	–
Différence entre charges mesuré et référence	–	1,25

Charges atypiques – restaurant et bistro

Entre septembre 2011 et décembre 2012, un restaurant de 120 places était en opération dans la MDD. Nous n'avons pas accès aux données spécifiques de sa consommation énergétique, mais nous savons néanmoins que le bâtiment, à cette époque, consommait 3,5 % plus d'énergie que lors de la période de référence, qui inclut entre autres la présence d'un bistro de 24 places. Cette différence de consommation entre la MDD de 2011-2012 et celle de 2015-2016, qui contribue à souligner l'importance de s'intéresser aux charges atypiques dans les travaux de comparaison, relève d'un calcul conservateur,

puisqu'il omet un facteur de consommation primordial : la fréquentation du bâtiment, qui a considérablement augmenté au cours des dernières années dû à une densification des espaces de bureaux et à une augmentation de la fréquence de locations des salles du centre de conférences.

Charges atypiques – service de location de salles

Un autre usage spécifique ayant potentiellement un impact énergétique significatif est le service de location de salles. Via ce service, la MDD offre en location son hall d'entrée, ainsi que six salles de réunion pouvant accueillir ensemble un maximum de 466 personnes.

Depuis l'ouverture du bâtiment, en août 2011, une moyenne de 524 événements par année ont été tenus dans ces salles.

Sur la base des prévisions d'achalandage fournies par les clients² et d'une pondération visant à tenir compte de la fréquentation réelle, nous estimons que la « population » quotidienne moyenne générée par ce service est de 94 personnes.

Ce total correspond à 36 % de la population habituelle du bâtiment (employé-e-s, bénévoles et enfants du CPE), laquelle était de 259 personnes en juillet 2016.

Cet usage impliquant probablement une surconsommation énergétique pouvant biaiser la comparaison avec d'autres édifices à bureaux, nous avons tenté de quantifier son impact. Pour ce faire, nous avons comparé la consommation d'énergie lors de journées avec et sans population excédentaire, mais avec la même température extérieure moyenne. La différence de consommation d'énergie ainsi calculée a ensuite été divisée par la quantité de personnes supplémentaires estimée pour cette journée. Cette analyse nous porte à croire que le centre de conférences est responsable d'approximativement 15,5 % de la consommation totale du bâtiment, alors que les espaces qu'il occupe ne comptent que pour 10 % de sa superficie locative.

Quantité d'air neuf

Sans échange avec l'extérieur, l'air d'un bâtiment s'appauvrit en oxygène et s'enrichit en polluants chimiques. Depuis l'avènement des enveloppes hermétiques, l'assainissement des espaces intérieurs s'avère largement tributaire des mécanismes de changement d'air. Puisque l'air neuf puisé à l'extérieur doit être traité avec de l'énergie pour ajuster sa température et son taux d'humidité aux niveaux requis pour le confort humain, il existe un lien important entre la qualité de l'air intérieur des bâtiments et leur consommation d'énergie.

En mode « occupé », la MDD distribue à ses occupants un minimum de 3 500 litres d'air neuf extérieur par seconde, une quantité que la norme ASHRAE 62.1-2004, en vigueur lors de la conception du bâtiment, désigne comme l'alimentation requise pour 412 personnes, une population nettement supérieure à sa fréquentation moyenne quotidienne de 353 personnes. Cette norme s'applique par ailleurs à la ventilation par le plafond, un mode de distribution nettement moins favorable à la qualité de l'air que l'alimentation

par déplacement utilisée dans la MDD. La MDD fournit donc à ses usagers une qualité d'air exemplaire qui pourrait la défavoriser si on compare sa consommation d'énergie à celle d'édifices répondant à des normes antérieures ou ne répondant à aucune norme, des situations touchant probablement la majorité des bâtiments actuellement en opération.

« Sans échange avec l'extérieur, l'air d'un bâtiment s'appauvrit en oxygène et s'enrichit en polluants chimiques.. »

² Les statistiques de location de salles de la MDD étant difficile d'accès, l'estimation de la charge supplémentaire attribuable à ce service a été basée sur un échantillon de journées et non sur l'ensemble d'une année. Sur un échantillon de 56 jours sélectionnés sur la base des températures extérieures, la moyenne quotidienne des populations totales prévues par les clients locataires de salles était de 118 personnes. Les responsables de ce service estiment que le nombre de personnes réellement présentes avoisine en moyenne 80 % du total prévu.

ANALYSE DE LA PERFORMANCE

Après avoir apprivoisé les différentes composantes de la consommation énergétique d'un bâtiment, il devient enfin possible d'évaluer sa performance.

Parmi tous les enjeux de développement durable applicables au bâtiment, le plus facile à analyser semble être, a priori, celui de la consommation énergétique. Pourtant, lorsque nous avons tenté d'évaluer en ces termes la performance de la MDD, nous nous sommes butés à des questions aussi complexes qu'inattendues : comment se définit un bâtiment performant? Comment mesure-t-on sa performance? Comment prendre en compte les éléments contextuels? Dans les pages suivantes, nous comparons ainsi la performance de la MDD à celle d'autres bâtiments en utilisant diverses méthodologies. Nous soulignerons par le fait même les forces et les faiblesses de chacune d'elles.

Simulation énergétique de la MDD pour LEED®

La certification LEED® NC 1.0 permettait l'obtention de points selon le niveau d'efficacité énergétique prévu pour le bâtiment. Celle-ci était calculée sur la base de simulations énergétiques, l'une pour le bâtiment proposé (la MDD) et l'autre pour un bâtiment référence théorique conçu selon une norme reconnue, soit celle du Code modèle national de l'énergie sur les bâtiments (CMNÉB) ou celle d'ASHRAE. La MDD a obtenu 100 % des points disponibles pour ce crédit, c'est-à-dire 10.

Il est à souligner que les simulations énergétiques utilisées pour ce calcul, vérifiées par un expert indépendant, ne portent que sur les charges dites « règlementées » et donc, par définition, excluent les charges aux prises. Dans le cas présent, le logiciel de simulation utilisé était le EE4, version 1.7-2. Le bâtiment référence correspond au CMNÉB-97.

Le tableau ci-dessous, tiré des documents soutenant la demande de certification LEED® du bâtiment, résume le calcul des économies d'énergies attendues lors de la simulation.

TABLEAU 3

Crédit LEED® pour l'optimisation de la performance énergétique certification LEED® v1 (lettre type).

DOCUMENT D'ARCHIVES

ÉA Crédit 1.1-1.10 : Optimiser la performance énergétique

(Ingénieur mécanicien ou énergéticien ou autre responsable)
Je, Nathalie Boulet, déclare la réduction de coût de l'énergie suivante par rapport au budget des éléments énergétiques réglementés défini par le CMNEB 1997 pour New Construction.

Ce projet a été examiné et approuvé par un examinateur indépendant (c.-à-d., Ressources naturelles Canada).

Consommation énergétique par utilisation	Type d'énergie	Intensité du bât. proposé		Intensité du bât. de référence		Économies d'énergie [%]
		[MJ]	[kWh/m²]	[MJ]	[kWh/m²]	
Énergie réglementée						
Éclairage	Électricité	688 530	30,1	859 765	37,6	20%
Chauffage des locaux	Gaz Naturel	40 527	1,8	2 961 120	129,3	99%
Refrigidiss. des locaux	Électricité	268 090	11,7	278 007	12,1	4%
Pompes	Électricité	501 468	21,9	1 089 978	47,6	54%
Ventilateurs	Électricité	252 897	11,0	616 153	26,9	59%
Chauffage de l'eau	Électricité	36 062	1,6	189 594	8,3	81%
Autres	Entrer utilisation	0	0,0	179 993	7,9	100%
Autres	Chauffage des locaux	122 313	5,3	0	0,0	0%
Sous-total énergie réglementée		1 909 887	83,4	6 174 610	269,7	69%

Énergie non réglementée						
Prises électriques	Électricité	2 545 955	111,2	2 407 215	105,1	-6%
Autre	Entrer utilisation	0	0,0	0	0,0	0%
Autre	Indiquer	0	0,0	0	0,0	0%
Sous-total énergie non réglementée		2 545 955	111,2	2 407 215	105,1	-6%

Sommaire énergétique global	Bâtiment proposé		Bâtiment de référence		Pourcentage d'économies	
	Énergie [MJ]	Coût [\$]	Énergie [MJ]	Coût [\$]	Énergie [%]	Coût [%]
Électricité	4 415 315	\$96 900	5 620 704	\$125 396	21%	23%
Gaz naturel	40 527	\$512	2 961 120	\$35 239	99%	99%
Mazout/Autres combustibles	0	\$0	0	\$0	0%	0%
Total	4 455 842	\$97 412	8 581 824	\$160 635	48%	39%

Sous-total coûts de l'énergie réglementée		1 909 887	\$41 538 (CEP')	\$106 931 (ECB')	
Crédit énergétique	Gaz naturel	83 962	\$1 061 (CEE ₁)	Entrer CEE Système 1	(CEE')
Industrie/procédé	Électricité	107 193	\$2 352 (CEE ₂)	Entrer CEE Système 2	\$3 413
Crédit énergétique	Électricité	0	\$0 (CER ₁)	Entrer CER Système 1	(CER')
Énergie renouvelable	Électricité	0	\$0 (CER ₂)	Entrer CER Système 2	\$0
Total net		1 718 732	\$38 124		

* Réductions d'émissions de gaz à effet de serre estimées à partir des données de l'inventaire des GES 1990-2002 d'Environnement Canada (intensité moyenne pour le Canada) avec un facteur de correction pour tenir compte des pertes en ligne et des émissions en amont.

** La réduction pour « Mazout/Autres combustibles » est basée sur le facteur d'émission du pétrole léger.

Réduction GES *
291,5 tonnes CO₂

$$\text{Pourcentage d'économies} = 100 \times (\text{CEF}' - \text{CEP}' + \text{CER}' + \text{CEE}'_1) / \text{CEF}' = 64\%$$

$$\text{Points accordés pour le crédit 1 (CMNEB)} = 10$$

J'ai fourni les documents suivants à l'appui de la déclaration :

- Descriptif des mesures d'économie d'énergie incorporées dans la conception du bâtiment.
- Un exemplaire du rapport d'évaluation PEBC/PEBI produit par Ressources naturelles Canada indiquant les économies d'énergie annuelles pour le bâtiment.

ÉA Cr 1 (10 points possibles) : Optimiser la performance énergétique

Points documentés
10

Nom Jacques Lagacé

Organisation Bouthillette Parizeau, Ing. Mec&Elec

Rôle dans le projet Ingénieur mécanicien

Signature _____

Date _____

Notes : Le 107 193 MJ (CEE1) correspond au calcul d'économies d'énergie supplémentaires attribuables à l'éclairage extérieur. Le 83 962 MJ (CEE2) correspond à l'économie d'énergie attribuable au procédé d'eau chaude pour la cuisine.

Pour comparer la MDD réelle avec les données de simulation préparées pour la certification LEED®, la quantité d'énergie attribuable aux charges aux prises a dû être estimée, puis retirée du total mesuré par le compteur électrique de la MDD.

Ainsi, la MDD consomme 2,32 fois plus que ce que prédisait la simulation énergétique et 64,7 % de ce qui

était estimé pour le bâtiment référence. En utilisant les mêmes coûts d'énergie que ceux utilisés pour les calculs de simulation en 2011, mais sur la base de sa consommation réelle, nous estimons que la MDD ne coûte que 17 % moins cher en énergie que le bâtiment référence, alors que la simulation réalisée pour l'obtention des crédits LEED® prédisait une économie financière de 64 %.

ILLUSTRATION 2

Comparaison de MDD réelle avec la MDD simulée et le bâtiment référence



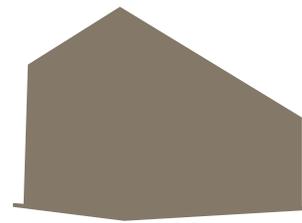
CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE



MDD SIMULÉE



MDD RÉELLE



BÂTIMENT RÉFÉRENCE

MDD SIMULÉE : 43 %
de MDD RÉELLE

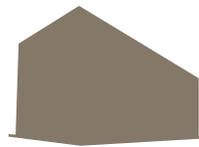
MDD RÉELLE : 67 %
du BÂTIMENT RÉFÉRENCE



COÛTS EN ÉNERGIE



MDD SIMULÉE



MDD SIMULÉE : 36 %
du BÂTIMENT RÉFÉRENCE

MDD RÉELLE : 83 %
du BÂTIMENT RÉFÉRENCE

Comparaison de la MDD à tous les bâtiments canadiens

Inscrit dans la charte du projet, l'évaluation de l'objectif visant « une performance exemplaire dans le domaine du bilan énergétique », ne peut se faire sans une comparaison avec d'autres bâtiments. Les données issues de l'Enquête sur l'utilisation commerciale et institutionnelle d'énergie 2009 — bâtiment [4], produite par Ressources naturelles Canada, permettent une telle évaluation.

Ainsi, en 2009, les 83 523 édifices à bureaux non médicaux du pays ont consommé une moyenne de 30,9 kWh/pi²/an, alors que la consommation de la MDD se situait à 20,7 kWh/pi²/an. Cette base de comparaison ne prend néanmoins pas en compte des enjeux pouvant influencer significativement la densité énergétique des bâtiments, dont la zone climatique, la surface construite, le nombre d'heures d'exploitation et l'année de construction. Selon les données de l'enquête, ces enjeux ont les impacts suivants sur les bâtiments canadiens :

Zone climatique

Les bâtiments de la zone Grands lacs-St-Laurent, à laquelle appartient la MDD, présentent une densité énergétique de 5% supérieure à celle des bâtiments de la zone la moins énergivore (Côte du Pacifique). La MDD se situe dans la troisième zone ayant la plus grande densité énergétique au pays, sur un total de 4 quatre zones.

Surface construite

Il existe aussi un lien entre la superficie et la densité énergétique des bâtiments. Ainsi, en moyenne, les bâtiments au-dessus de 10 000 pi² ont une densité énergétique inférieure à celle de ceux ayant une superficie inférieure. Par ailleurs, pour les trois catégories de bâtiment au-dessus de 10 000 pi², il ne semble plus avoir de lien direct entre la superficie et la densité énergétique.

Nombre d'heures d'exploitation

Les bâtiments utilisés plus de 72 heures par semaines ont quant à eux généralement des densités énergétiques supérieures à ceux utilisés moins intensivement. Au-delà de ce point charnière à 72 heures d'opération, il ne semble pas y avoir de lien direct entre les heures d'opération et la densité énergétique. La majorité des espaces à bureaux de la MDD est utilisée 60 heures par semaine.

Année de construction

Fait intéressant, le lien entre l'âge des bâtiments et la densité énergétique, s'il existe, ne semble pas être aussi simple que ce à quoi on pourrait s'attendre intuitivement. Autrement dit, selon ces données, il n'existerait pas nécessairement de relation linéaire entre l'âge et la densité énergétique.

Comparaison de la MDD à des bâtiments performants

Ces considérations nous ont poussé à rechercher des méthodes de comparaison permettant une analyse à la fois plus juste et plus pertinente. Nous avons ainsi choisi de comparer l'intensité énergétique de notre bâtiment à celle de bâtiments considérés comme exemplaires. Afin d'obtenir la comparaison la plus significative possible, nous avons élaboré une liste des bâtiments comparables à la Maison du développement durable, à l'intérieur du cadre suivant. Les bâtiments retenus devaient :

1. Avoir été reconnus dans le cadre d'une publication dédiée aux bâtiments performants. [5] [6] [7] [8] [9];
2. Lorsqu'ils étaient certifiés, ils devaient avoir obtenu un des plus hauts niveaux de certification disponible dans le système choisi (3 bâtiments de la liste ne détiennent pas de certification);
3. Être considérés comme des édifices à bureaux;
4. Être construits en zone climatique froide. Une zone froide présente une température moyenne annuelle inférieure à 10 °Celsius (Montréal est à 5°Celsius moyens/an);
5. Avoir démontré leur performance sur au moins une année d'opération réelle.

Les 19 édifices à bureaux de notre liste sont situés dans 9 pays sur 3 continents. Leur densité énergétique, qui s'échelonne entre 6,91 et 26,49 kWh/pi²/an, présente une moyenne de 15,46 kWh/pi²/an, alors que celle de la MDD est de 20,7 kWh/pi²/an, soit 34 % plus élevée.

Certaines incertitudes existent néanmoins quant aux usages atypiques dans ces bâtiments. Outre le fait que 5 d'entre eux comptent un restaurant ou une cafétéria et 7 des salles ou un centre de conférences, les informations disponibles sur ces usages spéciaux ne permettent pas de déterminer avec exactitude si ceux-ci biaisent significativement les résultats de

la comparaison. Il est aussi à noter que seulement 4 bâtiments de la liste sont établis dans une ville où la température moyenne est inférieure à celle de Montréal.

Afin de mieux comprendre l'impact potentiel des usages spéciaux d'un bâtiment, nous avons estimé la densité énergétique de la MDD si celle-ci avait des bureaux en lieu et place de son bistro et de son centre de conférences. Celle-ci passe alors à 18,8 kWh/pi²/année, soit 21,6 % de plus que les bâtiments de notre liste de comparaison.

D'autre part, la consommation énergétique totale de la MDD sur une base mensuelle est à son plus faible en hiver, la forte densité de population et une enveloppe performante contribuant probablement à amoindrir la charge de chauffage. Dans l'éventualité où cette tendance serait généralisée à tous les édifices à bureaux, les bâtiments situés dans les zones climatiques plus froides seraient avantagés dans la comparaison.

TABLEAU 4

Liste des bâtiments performants

	Température annuelle moyenne* (C°)	Superficie (m ²)	Année de construction	Nombre d'étages	Certification	Densité énergétique (kWh/p ² /an)
Daniel Swarovski Corporation ^[9] Usage : Bureaux, restaurant, salles de conférences et ateliers Ville : Mannedorf, Switzerland	9,3	12 620	2010	4		6,91
Oregon Office Building (B1012) ^[6] Usage : Bureaux Ville : Oregon, USA	11,0		2009		LEED Platine	8,27
Eawag Forum Chriesbach ^[9] Usage : Bureaux, salles de séminaire, salle de conférence et cafeteria Ville : Dubendorf, Switzerland	9,3	8533	2006	6		9,57
Nova Scotia Power Headquarters ^[5] Usage : Bureaux Ville : Halifax, Canada	6,0	18 000	2011	7	LEED Platine	9,46
Manitoba Hydro Place ^[9] Usage : Bureaux + Centre de conférences Ville : Winnipeg, Canada	2,0	65 000	2009	22	LEED Platine	10,41
TNT Green Office ^[9] Usage : Bureaux Ville : Hoofddorp, The Netherlands	10,0	17 250	2007	5	LEED Platine	10,59
Oregon Office Building (B1023) ^[6] Usage : Bureaux Ville : Oregon, USA	11,0		2009		LEED Platine	11,43
Phillip Merrill Environmental Center ^[8] Usage : Bureaux et salles de conférence Ville : Annapolis, USA	13,6	3205	2001	4	LEED Platine	11,70
Hagaporten 3 ^[9] Usage : Bureaux, restaurant et centre de conférences ^[9] Ville : Stockholm, Sweden	6,0	30 000	2008	6	Mijobygnad Gold	12,55
3 Assembly square ^[9] Usage : Bureaux Ville : Wales, United Kingdom	11,5	7560	2009	6	BREEAM Excellent	15,15

TABLEAU 4

Liste des bâtiments performants (suite)

	Température annuelle moyenne* (C°)	Superficie (m ²)	Année de construction	Nombre d'étages	Certification	Densité énergétique (kWh/p ² /an)
SAP Building Galway ^[9] Usage : Bureaux et centre d'appels Ville : Galway, Ireland	10,0	6000	2009	3		15,61
2000 Tower Oaks Boulevard ^[9] Usage : Bureaux Ville : Rockville, USA	10,1	15 794	2008	9	LEED CS Platine	16,90
New York Office Building (23) ^[7] Usage : Bureaux Ville : New York, USA	13,1	205 563	2009		LEED Platine	17,35
Great River Energy Headquarters ^[9] Usage : Bureaux et salles de conférences Ville : Maple Grove, USA	7,9	15 420	2008	4	LEED Platine	18,59
Skanska Lintulahti ^[9] Usage : Bureaux et restaurant Ville : Helsinki, Finland	5,0	15 368	2009	8	LEED CS Platine	19,80
MDD Usage : Bureaux, restaurant et centre de conférences Ville : Montréal, Canada	7,5	6360	2010	5	LEED Platine	20,70
Honda Wako Building ^[9] Usage : Bureaux Ville : Saitama, Japan	13,0	52 128	2005	5	CASBEE Superior	21,47
Johnson Controls Glendale Amenities ^[9] Usage : Bureaux Ville : Glendale, USA	9,1	35 740	2010	2	LEED Platine	23,70
Oregon Office Building (B0923) ^[6] Usage : Bureaux Ville : Oregon, USA	11,0		2009		LEED Platine	24,71
Genzyme Center ^[9] Usage : Bureaux, cafeteria, vente au détail et centre de conférences Ville : Cambridge, USA	10,7	32 000	2003	20	LEED Platine	26,49

*<http://www.weatherbase.com/>

Comparaison de la MDD avec le *Portfolio Manager* d'Energy Star

Les difficultés rencontrées dans l'élaboration de méthodes équitables de comparaison avec d'autres bâtiments sont possiblement à l'origine du *Portfolio Manager*, d'Energy Star. Cet outil, conçu par l'agence américaine de protection de l'environnement (EPA), utilise un puissant algorithme et, dans le cas du Canada, une base de données issue de 11 000 bâtiments colligée dans le cadre de l'« Enquête sur l'utilisation commerciale et institutionnelle d'énergie », menée par Statistique Canada pour l'année de consommation 2009.

Cet outil permet de comparer l'intensité énergétique d'un bâtiment avec celles de bâtiments d'usages similaires, tout en tenant compte de la zone climatique. Une fois entrées dans l'outil des informations telles que la consommation énergétique, la liste des usages du bâtiment et les superficies leur étant alloués, le lieu d'implantation, son nombre d'usagers, les heures d'opération et la quantité d'ordinateurs utilisés, une cote basée sur la densité énergétique du bâtiment est générée. Dans le cas de la MDD, en octobre 2017, cette valeur était de 78, ce qui signifie que la MDD, en prenant en compte sa zone climatique, s'avérait plus performante que 78 % des bâtiments de la base de données ayant le même usage principal.

Ce résultat peut néanmoins être pondéré. Premièrement, il est important de mentionner que la répartition des usages réels de la MDD ne permet pas de générer une cote puisque l'outil requiert que l'usage principal du bâtiment (bureaux) occupe plus de 75 % de l'espace utilisé, ce qui n'est pas le cas de la MDD. Nous avons donc dû adapter la répartition des usages dans le bâtiment pour obtenir cette cote, en amalgamant les fonctions « bureaux » et « CPE ».

Le tableau ci-dessous présente donc, dans la colonne de gauche, la répartition d'usages réels de la MDD et celle de droite, les informations inscrites dans l'outil en vue de générer une cote.

Sans connaître les secrets de l'algorithme utilisé par le *Portfolio Manager*, nous posons l'hypothèse que l'amalgame des fonctions « bureaux » et « CPE » pourrait entraîner une évaluation à la hausse de la cote de rendement de la MDD. Un rapport de l'EPA de janvier 2015 [10] souligne que l'intensité énergétique d'un édifice à bureaux augmente en fonction de la densité d'occupation, une relation sans doute attribuable à l'usage des ordinateurs et à l'activité physiologique des occupants. Un enfant du CPE entrainera donc une consommation d'énergie inférieure à celle d'un travailleur de bureau. Notre amalgame des fonctions bureau et CPE fait donc en sorte que le *Portfolio Manager* pondère les résultats

TABEAU 5

Répartition d'usages réels et adaptés pour le *Portfolio Manager*

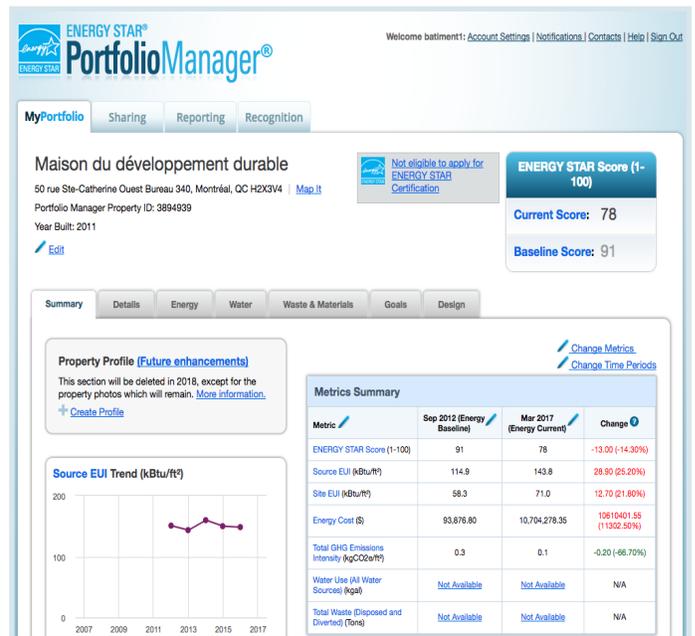
Bilan	Réels		Adaptés	
	p ² brut	%	p ² brut	%
Marius	1182	1,7	1182	1,7
Centre de conférences	9646	14,1	9646	14,1
CPE	11 804	17,2	57 625	84,2
Bureaux	45 821	66,9		
	68 453	100%	68 453	100%
	Cote non-disponible		Cote 78	

de la MDD pour des charges relatives à 80 travailleurs de bureau, au lieu de 80 enfants, entraînant une surévaluation de sa cote de rendement.

Un second point de discussion émerge suite à l'obtention de résultats différents lors de trois utilisations subséquentes du *Portfolio Manager*. Nous avons obtenu une cote de 93 en mai 2014, de 83 en janvier 2016 et de 78 en octobre 2017.

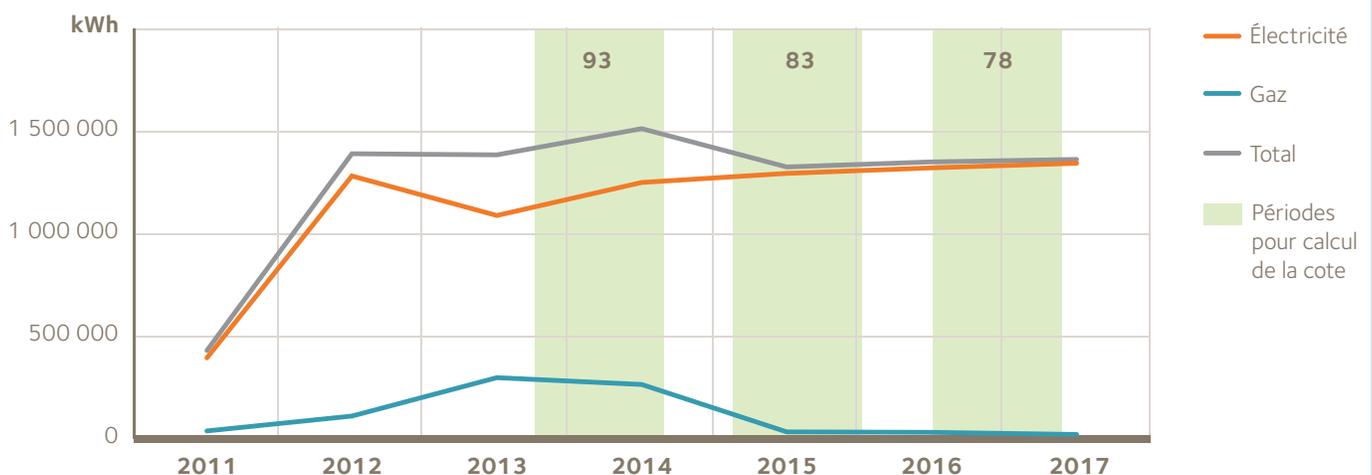
La différence entre les résultats provient probablement de deux variables : la consommation d'énergie totale du bâtiment et la proportion relative des deux types d'énergies utilisées dans ce dernier, soit l'électricité et le gaz naturel. Le graphique 7 ci-dessous, démontre à la fois une diminution significative de la consommation totale d'énergie entre les périodes de 12 mois utilisées pour générer une cote mais aussi, une différence marquée dans la consommation de gaz naturel. Il est en effet notable qu'afin de produire une méthode de comparaison équitable entre les bâtiments, les créateurs du *Portfolio Manager* ont choisi de baser leurs calculs sur l'utilisation d'énergie à la source d'un bâtiment, c'est-à-dire, l'énergie utilisée par le bâtiment lui-même, mais aussi celle nécessaire pour produire, transporter et distribuer cette énergie. Chacune des unités d'énergie utilisées par un bâtiment est donc

multipliée par un facteur représentant l'énergie de production et les pertes relatives à la distribution. Ces facteurs sont de 1,02 pour le gaz naturel et de 2,05 pour l'électricité [11]. Ainsi, l'électricité utilisée pour produire une unité de chaleur est comptabilisée en double par le *Portfolio Manager*, comparativement au gaz naturel utilisé aux mêmes fins.



GRAPHIQUE 8

Tendances énergétiques et changements à la cote *Energy Star*





La borne énergétique du parcours d'interprétation de la MDD : un outil unique pour mesurer la performance énergétique du bâtiment

À la poursuite d'objectifs de performance ambitieux, l'équipe derrière la conception de la Maison du développement durable a misé sur une large panoplie de stratégies et de technologies pour maximiser l'efficacité énergétique du bâtiment.

L'une des bornes interactives intégrées au [parcours d'interprétation de la Maison du développement durable](#) explique l'essentiel de ces stratégies et présente en temps réel les économies totales (financières et énergétiques) réalisées grâce à elles depuis le premier septembre 2012, soit une année après l'ouverture du bâtiment. Cette borne interactive présente également les économies associées à certaines stratégies spécifiques. Ces données amènent un point de vue inédit sur certains des mécanismes de consommation d'énergie du bâtiment et sur ses principales sources d'économie d'énergie.

Nous présentons ci-dessous les technologies mises de l'avant et la méthodologie utilisée pour générer ces données, ainsi que les économies attribuables à l'utilisation de ces technologies entre septembre 2012 et janvier 2018.

Économies d'énergie de technologies d'efficacité énergétique utilisées à la MDD

Le calculateur en temps réel de la borne interactive permet d'évaluer les économies relatives aux principales stratégies énergétiques du bâtiment. Il permet aussi d'intégrer les tarifs réels de l'énergie afin de tenir compte de l'évolution des coûts de l'électricité et du gaz.

Sur cette base, en date du 17 janvier 2018, la MDD avait économisé 517 890 \$ en énergie depuis le premier septembre 2012. La section méthodologie qui suit explique les variables sur lesquelles ces calculs d'économies sont basés [les équations complètes sont disponibles en ligne ici](#).

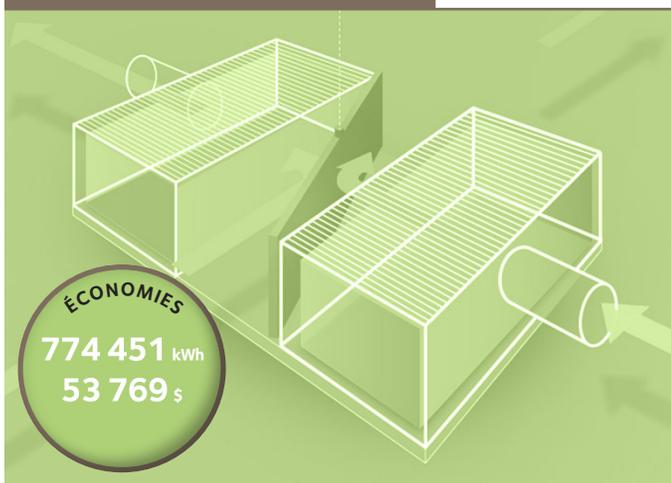
Voici les économies d'énergie tirées des technologies d'efficacité énergétique que nous avons pu mesurer depuis le premier septembre 2012 :

Géothermie



À l'origine, 80 % des besoins en chauffage et 100 % en climatisation étaient comblés par 28 puits de géothermie aménagés directement sous le bâtiment. Ces puits comblent à présent 100 % de ces besoins. Pour en savoir plus sur cette approche novatrice, consultez le site de la [MDD virtuelle](#), ou la borne interactive du [parcours d'interprétation de la MDD](#) qui lui est dédiée au rez-de-chaussée du bâtiment.

Récupérateur d'énergie sur l'air vicié



À l'intérieur d'un bâtiment, l'activité humaine occasionne une détérioration continue de l'air ambiant. Relativement hermétiques, les édifices modernes ont tendance à accumuler des substances malsaines pouvant atteindre des niveaux nocifs pour les occupants. Pour pallier cette situation,

il faut évacuer l'air vicié et le remplacer par de l'air « neuf » provenant de l'extérieur, la méthode la plus efficace pour purifier l'air d'un bâtiment. Cet air doit généralement être traité pour le rendre confortable, une manipulation entraînant d'importantes dépenses énergétiques.

L'échangeur Regent Eco choisi par la MDD se caractérise par sa performance extraordinaire et par la simplicité de son mécanisme. Il permet de récupérer 90 % de l'énergie contenue dans l'air vicié évacué de la MDD. Le Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments stipule qu'à tout moment 10 litres par seconde d'air neuf doivent être fournis à chaque usager d'un édifice à bureaux.

Mur végétal biofiltrant



Un mur végétal est aménagé pour permettre le passage de l'air vicié du bâtiment à travers le réseau racinaire des plantes sur lesquelles vivent des microorganismes, capable de décomposer certains polluants en substances bénignes. Outre ses fonctions biofiltrantes, le mur végétal offre d'autres avantages, comme l'indiquent les données suivantes, générées en temps réel par les outils de mesure du bâtiment.

	AVANT	APRÈS
Diminution du CO_2 (PPM*)	667,7	601,6
Humidification (%)	36,5	79,8
Refroidissement (°C)	23,7	15,3

Enveloppe performante



L'enveloppe d'un bâtiment permet de diminuer les pertes d'énergie et le protège de l'humidité et des rayons solaires. Sa performance sera déterminée par les caractéristiques des matériaux qui la composent et par leur agencement particulier.

Imperméabilité:

Certaines composantes spécifiques de l'enveloppe de la MDD visent à bloquer le passage de l'humidité et à empêcher la dégradation des matériaux altérables par l'eau. Quelques technologies mises de l'avant :

De l'intérieur: le pare-vapeur empêche que l'humidité de l'air pénètre dans les murs et se condense sous l'effet du froid extérieur.

- Polyéthylène 6 Mil (micromètre)

De l'extérieur.

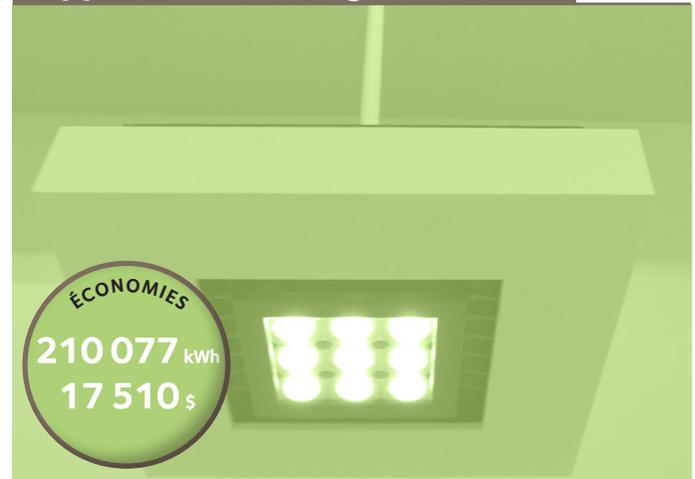
Ces matériaux empêchent la pénétration de la pluie à l'intérieur des murs :

- Membrane d'étanchéité
- Uréthane giclé
- Brique

Isolation et pont thermique

La propriété d'une enveloppe consistant à empêcher la chaleur de la traverser sera généralement tributaire de la résistance thermique des matériaux qui la composent et de leur épaisseur. La MDD surpasse de 29 % les exigences normatives canadiennes en vigueur au moment de sa conception en ce qui a trait à la résistance thermique des murs et excède de 64 % celles attribuables aux toits.

Appareils d'éclairage efficaces



À la MDD, la fenestration et l'aménagement intérieur ont été conçus conjointement pour éviter que des éléments intérieurs, tels que colonnes, murs et mobiliers obstruent le passage de la lumière naturelle. En outre, les technologies mises en place minimisent la consommation d'énergie tout en comblant les besoins d'éclairage.

Choix des appareils d'éclairage électriques

Les appareils d'éclairage de la MDD ont été choisis en tenant compte du confort visuel, de l'efficacité énergétique et de la composition architecturale. Plus de 20 types d'appareils sont ainsi mis à contribution dans le bâtiment.

Éclairage indirect

Les bureaux sont éclairés par des appareils projetant 70 % de leur lumière vers le plafond, lequel agit alors comme réflecteur. La lumière étant distribuée de façon plus homogène, l'intensité lumineuse est diminuée et les points d'éblouissement et de réflexion sur les écrans d'ordinateurs sont limités.

Gestion automatisée de l'éclairage



Dans les bureaux fermés et les salles de réunion de la MDD, des détecteurs de mouvement allument et éteignent les luminaires. Dans certains locaux situés du côté ouest, des détecteurs de luminosité éteignent automatiquement les appareils lorsque la lumière naturelle est suffisante.

Robinets économes automatiques



Des robinets automatiques à débit réduit permettent de diminuer la consommation d'eau chaude, entraînant par le fait même une baisse de consommation énergétique.

Récupérateur de chaleur sur l'eau chaude



La chaleur produite par le système de climatisation, lorsqu'elle n'est pas utilisée pour chauffer le bâtiment, est transférée à l'eau chaude domestique.

Changement des points de consigne des pièces inoccupées



Dans la MDD, des équipements automatisés permettent de moduler la ventilation en fonction du taux d'occupation des espaces. Ainsi, des sondes de CO₂ installées dans les salles de réunion activent un ventilateur supplémentaire lorsque l'air devient trop pauvre en oxygène. Dans les bureaux fermés, la ventilation est, quant à elle, contrôlée par des détecteurs de mouvement.

Méthodologie pour la réalisation de la borne éducative « énergie »

Pour réaliser cette borne éducative, les ingénieurs de la firme Bouthillette Parizeau, aussi concepteurs des systèmes mécaniques de la MDD, ont été mandatés pour élaborer des équations permettant de calculer ces économies en utilisant le plus possible les données générées par les sondes du bâtiment. Ces équations ont ensuite été programmées par Regulvar à l'intérieur même du système de contrôle.

Comme dans le cas du calcul des points LEED® pour l'efficacité énergétique, les résultats présentés ici proviennent d'une comparaison entre la consommation totale réelle de la MDD avec la somme des charges d'un bâtiment référence simulé, pour tenir compte de paramètres réels et des caractéristiques stipulées par le Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments (CMNEB-97).

Voici comment est calculée la consommation énergétique du bâtiment référence :

- La consommation en chauffage est calculée afin de tenir compte de la température extérieure réelle. Les horaires de fonctionnement réels des systèmes de la MDD sont pris en compte. Ce bâtiment est chauffé au gaz naturel;
- La climatisation est basée sur l'enthalpie, qui inclut aussi le taux d'humidité. Les horaires de fonctionnement réels des systèmes de la MDD sont pris en compte;
- L'humidificateur est modélisé sur la base des mêmes variables que la climatisation;
- Les pompes et les ventilateurs sont modélisés sur la base de charges fixes mais tiennent compte des horaires de fonctionnement réels de la MDD.
- L'eau chaude domestique tient compte du volume d'eau réel utilisé dans la MDD et de la température de l'eau fournie par la Ville de Montréal (cette température est néanmoins mesurée après un récupérateur de chaleur sur les eaux grises);
- L'éclairage est calculé sur la base de la puissance installée et tient compte des horaires de fonctionnement programmés;
- Les charges aux prises du bâtiment référence et de la MDD sont considérées comme égales. Celles-ci sont calculées en soustrayant de la consommation totale du bâtiment la consommation de la thermopompe, des pompes et ventilateurs, de l'humidificateur, de l'éclairage et du chauffage de l'eau chaude domestique.

Voici la méthodologie utilisée pour le calcul des économies d'énergie liées aux différentes technologies d'efficacité énergétique qu'il nous a été possible de mesurer :

- **Géothermie**: les économies sont calculées à partir de mesures de la température des fluides à l'entrée et à la sortie des puits. Ce calcul est effectué seulement lorsque la thermopompe est en mode chauffage;
- **Récupérateur d'énergie sur l'air vicié**: les économies du sont calculées à partir de mesures du débit d'air, de la température et de l'humidité avant et après son passage dans la machine. Ces calculs sont effectués seulement quand l'appareil est en marche;
- **Mur végétal (climatisation et humidification)**: les économies sont calculées à partir de mesures tenant compte de la température et du taux d'humidité réel de l'air avant et après son passage dans le système;
- **Enveloppe**: les économies sont comptabilisées sur la base de la résistance thermique des murs, du toit et des fenêtres et tiennent compte de la température extérieure et du statut de fonctionnement des équipements de chauffage/climatisation;

- **Changement des points de consigne des pièces inoccupées:** l'outil prend en compte le statut d'occupation des pièces (détecteur de mouvement), le débit d'air prévu, l'ouverture du volet et la vitesse du ventilateur. Le calcul de l'économie est comptabilisé en fonction du débit d'une pièce référence située à proximité;
- **Appareils d'éclairage efficaces:** les économies sont calculées à partir de la différence de puissance entre ces appareils et des modèles moins efficaces, tout en tenant compte des horaires d'utilisation;
- **Gestion automatisée de l'éclairage :** l'énergie économisée est calculée en comparant le statut d'occupation des pièces aux horaires programmés pour la zone à laquelle ils appartiennent;
- **Robinets économes automatiques :** les économies sont calculées sur la base du volume d'eau mesuré aux chauffe-eau, multiplié par un facteur représentant la consommation supplémentaire de robinets conventionnels;
- **Récupération de chaleur sur l'eau chaude:** les économies sont calculées à partir de la mesure des températures avant et après un échangeur à plaques, sur la base du volume d'eau réel utilisé.



CONCLUSION

L'exploration détaillée de la consommation énergétique de la MDD s'est révélée être un exercice d'humilité et d'apprentissage pour les concepteurs et gestionnaires du projet. Malgré l'importance des enjeux énergétiques dans le monde d'aujourd'hui, ces derniers ont été rapidement confrontés aux limites des outils sensés faciliter la comparaison de la performance énergétique et à des défis de taille pour mesurer de nombreuses données quant à l'efficacité énergétique des bâtiments. Comment alors évaluer de manière crédible la pertinence d'une stratégie d'investissement en efficacité énergétique? Équiterre a du faire preuve d'ingéniosité et créer de nouveaux outils et méthodologies spécialement conçus pour cette analyse. Un parcours semé de défis et d'apprentissages, mais un exercice nécessaire, qui contribuera, nous l'espérons, à faire avancer la réflexion sur la performance énergétique de nos bâtiments et à outiller les acteurs et décideurs du milieu en ce sens.

Cette étude de cas du profil énergétique de la Maison du développement durable s'est déroulée en deux étapes, avec l'inventaire complet des sources de consommation du bâtiment, puis l'exploration de différentes méthodes de comparaison visant à déterminer son niveau de performance relatif.

L'inventaire complet des sources de consommation d'énergie du bâtiment, une entreprise qui a demandé beaucoup d'efforts pour peu de conclusions marquantes, vu la grande variabilité des données publiées auxquelles comparer celles de la MDD, a néanmoins permis d'expliquer en partie une éventuelle surconsommation soupçonnée depuis quelque temps. Il aura aussi permis de mieux cibler les réels enjeux d'une éventuelle stratégie d'efficacité énergétique en nous éloignant des charges aux prises, somme toute assez peu énergivores comparées aux charges mécaniques et d'éclairage. Cette étude comptable a par ailleurs éveillé l'intérêt pour l'optimisation des horaires de fonctionnement de certains systèmes en indiquant les économies potentielles liées à d'éventuels changements.



Cette évaluation détaillée du fonctionnement des systèmes du bâtiment a aussi entraîné des découvertes intéressantes en vue d'une optimisation des stratégies d'opération, comme l'inexistence d'un filtre prévu aux plans ou l'existence d'une pompe insoupçonnée, l'utilisation erronée d'une hotte intelligente ou le fonctionnement inutile d'une pompe d'usage saisonnier. Ces questionnements ont aussi permis d'identifier des séquences de fonctionnement suspectes qui pourront faire l'objet d'analyses spécifiques dans le futur.

La deuxième partie de notre travail d'analyse, celle de la comparaison avec d'autres bâtiments par le biais de différentes méthodes, au-delà d'une possible pondération relative liée aux usages particuliers du bâtiment, indique qu'une stratégie d'efficacité énergétique rigoureuse pourrait apporter des économies significatives à la Maison du développement durable. En effet, bien que la MDD se compare avantageusement à la moyenne des édifices à bureaux canadiens (-33 %), elle consomme 2,32 fois plus que ce que prédisait la simulation énergétique et se compare désavantageusement à un groupe de bâtiments reconnus comme très performants (+33,9 %). En utilisant les mêmes coûts d'énergie que ceux utilisés pour les calculs de simulation en

2011, mais sur la base de sa consommation réelle, nous estimons que la MDD ne coûte que 17 % moins cher en énergie que le bâtiment référence, alors que la simulation réalisée pour l'obtention des crédits LEED® prédisait une économie financière de 64 %. Enfin, la cote de 78 obtenue via le *Portfolio Manager* confirme que les très ambitieux objectifs de performance initiaux de ses concepteurs n'ont pas été atteints.

Toutefois, la cote de 78 pour le bâtiment générée par le *Portfolio Manager*, d'*Energy Star*, un outil qui permet de comparer l'intensité énergétique d'un bâtiment avec celles de bâtiments d'usages similaires, signifie que la MDD s'avérait plus performante que 78 % des 11 000 bâtiments de la base de données ayant le même usage principal. Ce résultat peut toutefois être pondéré par l'utilisation de l'énergie à la source comme base de référence de l'outil, une approche méthodologique pénalisant de façon importante les bâtiments fonctionnant principalement à l'électricité.

Enfin, le calculateur en temps réel de la borne interactive « énergie » du parcours d'interprétation de la MDD, un outil unique mis de l'avant par l'équipe du projet, permet d'évaluer les économies relatives aux principales stratégies énergétiques du bâtiment. Il permet aussi d'intégrer les coûts réels de l'énergie afin de tenir compte de l'évolution des coûts de l'électricité et du gaz.

Sur cette base, en date du 17 janvier 2018, la MDD avait économisé 517 890 \$ en énergie en un peu plus de 5 ans, grâce à la géothermie, à la récupération d'énergie sur l'air vicié, au mur végétal, à l'enveloppe performante, au changement des points de consigne des pièces inoccupées, aux appareils d'éclairage efficaces, à la gestion automatisée de l'éclairage, aux robinets économes automatiques et la récupération de chaleur sur l'eau chaude.

Notons que plusieurs autres technologies et stratégies d'efficacité énergétique ont été mises de l'avant dans le bâtiment, comme les planchers surélevés et des fenêtres ultraperformantes, mais n'ont pas pu être mesurées dans le cadre de la présente analyse, du à leur complexité.

En plus d'indiquer la nécessité de mettre en place une campagne d'efficacité énergétique rigoureuse et de laisser entrevoir des gains substantiels, ces travaux démontrent aussi les pièges de la comparaison pour fins d'évaluation de la performance, chaque méthode de comparaison apportant son lot d'incertitudes et de biais.

Même le performant *Portfolio Manager*, élaboré pour pallier à ces défauts, a ses limites, alors qu'il ne permet pas de générer une cote pour les bâtiments d'usages très mixtes et défavorise les bâtiments se chauffant à l'électricité, en basant ses calculs sur l'énergie à la source.

Ainsi, malgré une conception intégrée, un design soigné et l'installation d'équipements de qualité par du personnel compétent, de même que des vérifications et suivis sérieux pendant les travaux de construction, un bâtiment ne peut être réellement performant sans que son équipe d'opération travaille de façon permanente à son optimisation énergétique. En gros, il semble que la performance énergétique ne puisse pas être un projet clé en main.

Suite à ce travail, la MDD a sollicité des propositions de firmes de services écoénergétiques et a choisi ECOSYSTEM pour réaliser, dès décembre 2017, un projet d'optimisation devant entraîner des économies financières supérieures à 35 % pour le bâtiment.

« En date du 17 janvier 2018, la Maison du développement durable avait économisé 517 890 \$ en énergie en un peu plus de 5 ans »

RÉFÉRENCES

Les données primaires des analyses sont disponibles ici : www.equiterre.org/donneesacvmdd2017

- [1] <http://lamddvirtuelle.org/wp-content/uploads/2013/04/Charte-de-la-Maison-du-d%C3%A9veloppement-durable.pdf>
- [2] [2] U.S Energy Information Administration. *Commercial Building Energy Consumption Survey*. <https://www.eia.gov/consumption/commercial/reports/2012/energyusage/>
- [3] *Chartered Institution of Building Services Engineers Profile overview*, (CIBSE). <https://www.eonenergy.com/for-your-business/small-to-medium-energy-users/saving-energy/energy-advice/offices>
- [4] *Enquête sur l'utilisation commerciale et institutionnelle d'énergie : bâtiments 2009*. Ressources naturelles Canada. Mars 2013. *Enquête sur l'utilisation commerciale et institutionnelle d'énergie : bâtiments 2009*
- [5] Canada Green Building Council- McGraw Hill Construction. *Canada Green Building Trends: Benefits Driving the New and Retrofit Market*. 2014.
- [6] Cropp, J., Lee, A., & Castor, C. S. *Evaluating Results for LEED Buildings in an Energy Efficiency Program*. 2014.
- [7] Scofield, J. H. *Efficacy of LEED-certification in reducing energy consumption and greenhouse gas emission*. 2013.
- [8] Torcellini, P. A., Deru, M., Griffith, B., Long, N., Pless, S., Judkoff, R., & Crawley, D. B. *Lessons learned from field evaluation of six high-performance buildings*. <https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/36290.pdf> . 2004.
- [9] Yudelson, J., & Meyer, U. *The World's Greenest Buildings: Promise Versus Performance in Sustainable Design*. 2013.
- [10] https://www.energystar.gov/sites/default/files/tools/DataTrends_Office_20150129.pdf
- [11] https://portfoliomanager.energystar.gov/pdf/reference/Source%20Energy_fr_CA.pdf