



# Cote ENERGY STAR pour les bureaux au Canada

## APERÇU

La cote ENERGY STAR pour les bureaux s'applique aux bâtiments qui logent des bureaux ou des centres financiers. L'objectif de la cote ENERGY STAR est d'offrir une évaluation équitable du rendement énergétique d'une propriété, par rapport à des propriétés semblables, en tenant compte du climat, des conditions météorologiques et des activités commerciales de la propriété. On effectue l'analyse statistique d'un groupe de bâtiments semblables afin de définir et de normaliser les activités d'un bâtiment qui contribuent de façon importante à sa consommation d'énergie. Grâce à cette analyse, il est possible d'obtenir une équation permettant de prédire la consommation d'énergie prévue d'une propriété en fonction de ses activités commerciales. La consommation d'énergie prévue pour un bâtiment est ensuite comparée à sa consommation d'énergie réelle pour obtenir le rang centile, sur une échelle de 1 à 100, de son rendement énergétique par rapport au parc immobilier national.

- **Types de propriétés.** La cote ENERGY STAR pour les bureaux s'applique à deux types de propriété : bureaux et centres financiers. La cote ne s'applique qu'aux bâtiments individuels et n'est pas disponible pour les complexes de bâtiments.
- **Données de référence.** L'analyse pour les bureaux au Canada est fondée sur les données de l'Enquête sur l'utilisation commerciale et institutionnelle d'énergie (EUCIE) réalisée par Statistique Canada pour le compte de Ressources naturelles Canada (RNCan). Les données représentent la consommation de 2014.
- **Ajustements pour les conditions météorologiques et les activités commerciales.** L'analyse comprend des ajustements pour :
  - la taille du bâtiment;
  - le nombre de travailleurs sur le quart principal;
  - le nombre d'heures d'exploitation hebdomadaires;
  - les conditions météorologiques et le climat (en utilisant les degrés-jours de chauffage et de refroidissement obtenus en fonction du code postal);
  - le pourcentage de la superficie du bâtiment qui est chauffée et refroidie.
- **Date de publication.** Il s'agit de la deuxième publication de la cote ENERGY STAR pour les bureaux au Canada. La cote ENERGY STAR sera mise à jour périodiquement au fur et à mesure que les données plus récentes sont disponibles.
  - Mise à jour la plus récente : Février 2018
  - Publication initiale : Juillet 2013

Ce document présente des renseignements détaillés sur la conception de la cote ENERGY STAR de 1 à 100 pour les bâtiments de bureaux. Il est possible d'obtenir plus d'information sur la démarche générale pour concevoir la cote ENERGY STAR en consultant le document de référence technique pour la cote ENERGY STAR au [https://portfoliomanager.energystar.gov/pdf/reference/ENERGY%20STAR%20Score\\_fr\\_CA.pdf](https://portfoliomanager.energystar.gov/pdf/reference/ENERGY%20STAR%20Score_fr_CA.pdf). Les prochaines sections du présent document fournissent des précisions sur la conception de la cote ENERGY STAR pour les bureaux.

APERÇU .....	1
DONNÉES DE RÉFÉRENCE ET FILTRES .....	2
VARIABLES ANALYSÉES .....	4
RÉSULTATS DE L'ÉQUATION DE RÉGRESSION .....	7
TABLEAU DE RÉFÉRENCE DE LA COTE ENERGY STAR .....	9
EXEMPLE DE CALCUL .....	11

## DONNÉES DE RÉFÉRENCE ET FILTRES

La cote ENERGY STAR pour les bureaux commerciaux au Canada s'applique aux types de propriété de bureau commercial et de bureau financier. Les données de référence utilisées pour établir le parc de bâtiments semblables reposent sur les données provenant de l'Enquête sur l'utilisation commerciale et institutionnelle d'énergie (EUCIE). Cette enquête a été réalisée par Statistique Canada pour le compte de Ressources naturelles Canada à la fin de 2015 et au début de 2016. Les données de consommation pour l'enquête proviennent de l'année civile 2014. Le fichier de données brutes recueillies pour cette enquête n'est pas accessible au public, mais un rapport fournissant un sommaire des résultats est accessible sur le site Web de Statistique Canada, au <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/160916/dq160916c-fra.htm>.

Pour analyser l'énergie d'un bâtiment et ses caractéristiques d'exploitation à l'aide des données de l'enquête, on applique quatre types de filtres en vue de définir le groupe de bâtiments semblables aux fins de comparaison et de surmonter les limites techniques des données. Ces filtres sont : type de bâtiment, programme, restrictions des données et analytiques. Une description complète de chacun de ces filtres est présentée dans notre document de référence technique pour la cote ENERGY STAR, accessible au [https://portfoliomanager.energystar.gov/pdf/reference/ENERGY%20STAR%20Score\\_fr\\_CA.pdf](https://portfoliomanager.energystar.gov/pdf/reference/ENERGY%20STAR%20Score_fr_CA.pdf). La **figure 1** présente un résumé de chaque filtre appliqué pour la conception de la cote ENERGY STAR pour les bureaux ainsi que le bien-fondé de chaque filtre. Une fois tous les filtres appliqués, on a dénombré 766 cas dans l'ensemble des données restantes. En raison de la confidentialité des données de l'enquête, RNCan n'est pas en mesure de publier le nombre d'observations à l'application de chacun des filtres.

**Figure 1 – Sommaire des filtres pour la cote ENERGY STAR pour les bureaux**

Conditions d'inclusion d'une observation dans l'analyse	Justification
Défini comme catégorie 1 dans l'EUCIE – Bâtiment de bureaux	L'enquête EUCIE portait sur le secteur commercial et institutionnel et comprenait des bâtiments de tous genres. Pour ce modèle, seuls les cas identifiés comme étant principalement des bâtiments de bureaux sont utilisés.
Au moins 50 % du bâtiment doit loger des bureaux	Filtre type de bâtiment – Pour être considéré comme faisant partie du groupe de bâtiments semblables, le bâtiment doit avoir une superficie de bureaux minimale.
Doit avoir des données de consommation d'électricité	Filtre programme – Les bureaux qui n'utilisent pas d'énergie électrique sont rares ou inexistantes et peuvent indiquer un oubli des données de consommation d'énergie. L'électricité peut être achetée en réseau ou être produite au site.
Doit y avoir au moins 1 travailleur	Filtre programme – Exigence de base pour un bureau opérationnel : il doit être occupé.
Doit y avoir au moins 1 ordinateur sur place	Filtre programme – Exigence de base pour un bureau opérationnel : il doit y avoir au moins 1 ordinateur sur place.
Doit être exploité au moins 30 heures par semaine	Filtre programme – Exigence de base pour que le bâtiment soit considéré comme un bâtiment de bureaux exploité à temps plein.
Doit être exploité au moins 10 mois par année	Filtre programme – Exigence de base pour que le bâtiment soit considéré comme un bâtiment de bureaux exploité à temps plein.
Les espaces vacants ne peuvent excéder la superficie des bureaux	Filtre programme – Le taux d'occupation des bureaux doit être supérieur à 50 % afin de répondre aux exigences de la certification ENERGY STAR.
Doit avoir été construit en 2013 ou avant	Filtre restrictions des données – L'enquête indiquait la consommation d'énergie pour l'année civile 2014. Par conséquent, si le bâtiment avait été construit en 2014, il serait impossible d'obtenir une année complète de données sur la consommation d'énergie.

Doit exclure l'énergie fournie à d'autres bâtiments	Filtre restrictions des données – L'enquête demandait si la consommation d'énergie indiquée pour le bâtiment comprenait l'énergie fournie à d'autres bâtiments, comme un complexe multibâtiments ou des bâtiments temporaires. Il est possible que des données de consommation n'aient pas été intégrées, c'est pourquoi ces bâtiments ont été retirés.
Ne doit pas utiliser de combustibles « bois » ou « autres » pour lesquels la valeur énergétique est indiquée	Filtre restrictions des données – L'enquête demandait si des combustibles autres que l'électricité achetée, l'électricité produite sur place à partir de sources renouvelables, le gaz naturel, le mazout léger, le diesel, le kérosène, le propane, la vapeur d'un système collectif, l'eau chaude d'un système collectif ou l'eau froide d'un système collectif étaient consommés dans le bâtiment. Soit le type d'énergie n'était pas défini, soit, dans le cas du bois, les unités d'énergie fournies n'étaient pas facilement convertibles en gigajoules (GJ) d'énergie; par conséquent, la teneur en énergie de ces combustibles n'a pas pu être directement comparée. Dans ces cas, ces observations ont été retirées de l'analyse.
Au moins 50 % de la superficie doit être chauffée	Filtre analytique – Les observations inférieures ou égales à 50 % n'ont pas été jugées réalistes pour le climat canadien qui excède généralement 2 000 DJC.
Doit avoir une intensité énergétique à la source de plus de 0,35 et de moins de 3,75 GJ/m <sup>2</sup>	Filtre analytique – Valeurs jugées aberrantes en se basant sur l'analyse des données. Celles-ci sont généralement des valeurs qui sont clairement en marge des paramètres d'exploitation normaux pour un bâtiment de ce type.
Superficie doit être d'au moins 92,903 m <sup>2</sup> (1 000 pi. ca.)	Filtre analytique – L'analyse ne pouvait pas modéliser les comportements de bâtiments de moins de 92,903 m <sup>2</sup> (1 000 pi. ca.).
Doit y avoir une densité de travailleurs (travailleurs par 100 m <sup>2</sup> ) supérieure à 0,35 et inférieure à 10	Filtre analytique – Valeurs jugées aberrantes en se basant sur l'analyse des données. Celles-ci sont généralement des valeurs qui sont clairement en marge des paramètres d'exploitation normaux pour un bâtiment de ce type.
Doit avoir moins que 3 ordinateurs par personne	Filtre analytique – Valeurs jugées aberrantes. Par ordinateur, on entend ordinateurs de bureau ou portables. On ne tient pas compte des téléphones intelligents, des tablettes ou des autres petits appareils portatifs.

Parmi les filtres appliqués aux données de référence, certains font partie des exigences d'admissibilité pour le calcul de la cote dans Portfolio Manager. Les filtres de type de bâtiment et de programme sont utilisés pour limiter les données de référence afin d'inclure uniquement les propriétés qui sont admissibles à recevoir une cote dans Portfolio Manager. Ces filtres sont donc liés aux conditions d'admissibilité. En revanche, les filtres de restrictions des données tiennent compte des limites dans les données disponibles au cours de l'analyse, mais ne s'appliquent pas dans Portfolio Manager. Pour leur part, les filtres analytiques servent à éliminer les données aberrantes ou les différents sous-ensembles de données. Ces filtres peuvent avoir ou non des répercussions sur l'admissibilité. Dans certains cas, un sous-ensemble de données aura un comportement différent du reste des propriétés (p. ex., les bâtiments de bureaux de moins de 92,903 m<sup>2</sup> ne se comportent pas de la même façon que les grands bâtiments), et on utilise un filtre analytique pour en déterminer l'admissibilité dans Portfolio Manager. Dans d'autres cas, les filtres analytiques excluent un petit nombre de valeurs aberrantes comportant des valeurs extrêmes qui biaisent l'analyse, mais qui n'ont pas de répercussion sur les critères d'admissibilité. Pour obtenir une description complète des critères à respecter pour obtenir une cote dans Portfolio Manager, consulter [www.energystar.gov/EligibilityCriteria](http://www.energystar.gov/EligibilityCriteria) (disponible en anglais seulement).

Une autre considération reliée aux filtres et aux critères d'admissibilité décrits ci-dessus est de savoir comment Portfolio Manager traite les propriétés qui sont situées dans un complexe. L'unité principale pour effectuer l'analyse comparative dans Portfolio Manager est la propriété. Ce terme peut désigner un bâtiment unique ou un complexe de bâtiments. L'applicabilité de la cote ENERGY STAR dépend du type de propriété. Pour les bâtiments de bureaux, la cote repose sur des bâtiments individuels, parce que la fonction principale d'un bureau est contenue dans un seul

bâtiment et parce que les propriétés incluses dans les données de référence sont des bâtiments uniques. Lorsque plusieurs bureaux sont situés au même endroit (p. ex., un parc commercial), chaque bâtiment peut obtenir sa propre cote ENERGY STAR, mais pas le complexe.

## VARIABLES ANALYSÉES

Afin de normaliser en fonction des différences en matière d'activité commerciale, nous avons procédé à une analyse statistique pour déterminer les aspects de l'activité d'un bâtiment qui sont statistiquement significatifs sur le plan de la consommation énergétique. L'ensemble des données de référence filtrées, décrit à la section précédente, a été analysé en utilisant une régression des moindres carrés pondérés qui évaluait la consommation d'énergie par rapport à l'activité commerciale (p. ex. le nombre de travailleurs, les heures d'exploitation hebdomadaires, la superficie et le climat). Cette régression linéaire a fourni une équation qui sert à calculer la consommation d'énergie (aussi appelée variable dépendante) en fonction d'une série de caractéristiques qui décrivent l'activité commerciale (aussi appelées variables indépendantes). Cette section décrit les variables utilisées dans l'analyse statistique pour les bureaux au Canada.

### Variable dépendante

La variable dépendante est l'élément que nous tentons de prédire au moyen de l'équation de régression. Pour l'analyse de bureau, la variable dépendante est la consommation d'énergie exprimée en intensité énergétique à la source (IE à la source). L'IE à la source correspond à la consommation d'énergie totale à la source pour la propriété, divisée par la superficie brute. L'équation de régression analyse les principaux éléments qui influent sur l'IE à la source – les facteurs qui expliquent la variation dans la consommation d'énergie à la source par mètre carré dans les bureaux. L'unité de mesure de l'IE à la source dans le modèle canadien est le gigajoule par mètre carré (GJ/m<sup>2</sup>) par année.

### Variables indépendantes

Les données de référence contenaient de nombreux éléments liés à l'exploitation de la propriété que RNCan a identifiés comme potentiellement importants pour les bureaux. En se fondant sur l'examen des variables disponibles dans les données de référence, selon les critères d'inclusion dans Portfolio Manager<sup>1</sup>, RNCan a d'abord analysé les variables suivantes dans l'analyse de régression.

- Superficie brute du bâtiment (m<sup>2</sup>)
- Degrés-jours de refroidissement (DJR)
- Degrés-jours de chauffage (DJC)
- Pourcentage de la superficie refroidie
- Pourcentage de la superficie chauffée
- Nombre d'heures d'exploitation par semaine
- Nombre de travailleurs sur le quart de travail principal
- Présence d'une aire de préparation d'aliments commerciale (oui/non)
- Superficie dédiée à la préparation d'aliments commerciale
- Superficie utilisée comme stationnement intérieur
- Superficie utilisée comme stationnement intérieur chauffé

<sup>1</sup> Une explication complète de ces critères se trouve dans le document de référence technique pour la cote ENERGY STAR au [https://portfoliomanager.energystar.gov/pdf/reference/ENERGY%20STAR%20Score\\_fr\\_CA.pdf](https://portfoliomanager.energystar.gov/pdf/reference/ENERGY%20STAR%20Score_fr_CA.pdf).

- Nombre de chambres de réfrigération
- Longueur de présentoirs réfrigérés ouverts
- Longueur de présentoirs réfrigérés fermés
- Longueur de présentoirs congelés ouverts
- Longueur de présentoirs congelés fermés
- Nombre de mois d'exploitation en 2014
- Nombre d'appareils ménagers commerciaux (congélateurs, réfrigérateurs, lave-vaisselle, fours, micro-ondes, machines à laver, etc.)
- Nombre d'ordinateurs
- Nombre d'étages
- Nombre d'ascenseurs et d'escaliers mécaniques
- Présence d'une piscine (oui/non)
- Nombre d'imprimantes, de photocopieurs, de télécopieurs et d'appareils multifonctions
- Nombre de téléviseurs, de systèmes d'affichages électroniques, d'écrans ACL
- Nombre de machines distributrices
- Présence d'un stationnement extérieur connexe (oui/non)
- Superficie de la salle des serveurs (m<sup>2</sup>)
- Année de construction

RNCAN, avec le conseil de l'EPA, a effectué un examen approfondi de l'ensemble de ces caractéristiques opérationnelles. En plus d'examiner individuellement chaque caractéristique, ils les ont aussi examinées en combinaison les unes avec les autres (p. ex., les degrés-jours de chauffage multipliés par le pourcentage de la superficie chauffée). Dans le cadre de l'analyse, certaines variables ont été reformulées afin de refléter les relations physiques des différents éléments du bâtiment. Par exemple, le nombre de travailleurs sur le quart principal peut être évalué sous forme de densité. On peut supposer que le nombre de travailleurs *par mètre carré* (plutôt que le nombre brut de travailleurs) serait lié à la consommation d'énergie par mètre carré. De plus, en fonction des résultats d'analyse et des graphiques des résidus, les variables ont été examinées en utilisant différentes transformations (comme le logarithme naturel, dont l'abréviation est Ln). L'analyse s'est constituée de plusieurs formulations de régression. Ces analyses étaient structurées de façon à trouver la combinaison de caractéristiques d'exploitation statistiquement significatives qui expliquaient la plus grande part de la variance de la variable dépendante : l'IE à la source.

L'équation de régression finale comprend les variables suivantes :

- Logarithme naturel de la superficie du bâtiment<sup>2</sup>
- Nombre de travailleurs par 100 m<sup>2</sup> pendant le quart de travail principal
- Nombre d'heures d'exploitation par semaine<sup>3</sup>
- Nombre de degré-jours de chauffage multiplié par le pourcentage du bâtiment chauffé (DJC x % chauffé)<sup>4</sup>
- Logarithme naturel du nombre de degrés-jours de refroidissement multiplié par le pourcentage du bâtiment refroidi (Ln(DJR) x % refroidi)

<sup>2</sup> La variable de superficie est assujettie à une valeur maximale. Voir la description détaillée ci-dessous.

<sup>3</sup> La variable des heures est assujettie à une valeur minimale. Voir la description détaillée ci-dessous.

<sup>4</sup> La variable des DJC est assujettie à une valeur minimale. Voir la description détaillée ci-dessous.

Ces variables sont utilisés ensemble pour calculer l'IE à la source prévue pour les bureaux. L'IE à la source prévue est l'IE à la source moyenne pour un groupe hypothétique de bâtiments qui partagent les mêmes valeurs pour chacune de ces caractéristiques. Autrement dit, l'énergie moyenne pour les bâtiments qui fonctionnent comme votre bâtiment.

### Superficie de la propriété

Sans variable de superficie, on a constaté que la variance des cotes moyennes et des IE pour les sous-ensembles de grands et de petits bâtiments de bureaux était trop grande. Une variable de superficie était nécessaire pour assurer une bonne répartition des cotes. La *superficie* était étroitement liée au nombre d'étages et d'ascenseurs, et elle constituait la variable de base privilégiée du point de vue de la programmation et de la cohérence. Bien que les variables *LnSuperficie* et *Superficie* aient été importantes, la variable *LnSuperficie* était la plus représentative du rapport entre la superficie et l'IE. Contrairement au modèle de bureaux de 2009, une seconde variable de superficie n'a pas été nécessaire pour la correction. Cependant, l'ajustement de la superficie de bâtiment a été plafonné à une valeur maximale de 10 000 m<sup>2</sup> afin d'équilibrer davantage les cotes moyennes des grands et des petits bâtiments; cela signifie que toute propriété affichant une valeur supérieure à 10 000 m<sup>2</sup> recevra le même ajustement énergétique prévisionnel en fonction de la superficie qu'un bâtiment de 10 000 m<sup>2</sup>.

### Travailleurs et ordinateurs

La *densité des travailleurs* (nombre de travailleurs par 100 m<sup>2</sup>) et la *densité des ordinateurs* (nombre d'ordinateurs par 100 m<sup>2</sup>) ont toutes les deux été importantes lors du développement du modèle de régression des bureaux. L'étroite corrélation entre la *densité des travailleurs* et la *densité des ordinateurs* n'a permis d'intégrer qu'une des variables dans le modèle. La *densité des travailleurs* est privilégiée du point de vue du programme, car le degré de confiance est plus élevé pour recueillir la valeur avec précision et facilité.

### Heures d'exploitation par semaine

Parmi toutes les variables retenues, celle des heures d'exploitation par semaine s'est révélée la moins importante dans les données de l'EUCIE 2014. Nous avons testé plusieurs variables d'heures, y compris les *heures*, *168 heures (oui/non)*, *LnHeures* et les *heures avec un étage*. L'ajustement pour les heures a un minimum de 65 heures, car cette limite inférieure a fourni la valeur R<sup>2</sup> la plus élevée et était la plus importante du point de vue des statistiques. Cela signifie que toute propriété dont la valeur des heures d'exploitation par semaine est inférieure à 65 recevra le même ajustement énergétique prévisionnel en fonction des heures qu'un bâtiment ayant 65 heures d'exploitation par semaine.

### Climat (DJC et DJR)

L'analyse a porté sur les *degrés-jours de chauffage (DJC)*, les *degrés-jours de refroidissement (DJR)*, le *pourcentage du bâtiment qui est chauffé* et le *pourcentage du bâtiment qui est refroidi*.

On a constaté une étroite corrélation entre l'IE du bâtiment et les *DJC* observés par le bâtiment. Alors que les *DJC* et les *DJC multipliés par le pourcentage chauffé* étaient importants, la régression affichait une performance légèrement meilleure avec les *DJC multipliés par le pourcentage chauffé*. L'ajout d'une valeur minimale de 3 500 DJC à la régression (ce qui signifie que toute propriété ayant une valeur inférieure à 3 500 DJC se verra attribuer une valeur de 3 500) a amélioré les résultats, ce qui se traduit par une meilleure répartition par zone climatique.

Comme démontré dans la version de 2009 du modèle de bureaux, les résultats initiaux ont indiqué que les variables des *DJR* et du *pourcentage refroidi* n'étaient pas toujours importantes. Encore une fois, cela est attribuable au fait que la gamme de *DJR* du climat au Canada est beaucoup plus étroite que celle du climat aux États-Unis. En accord avec les résultats précédents, la variable qui était toujours la plus importante était celle du *pourcentage refroidi multiplié par Ln(DJR)*.

## Vérification

Enfin, RNCAN a poursuivi la mise à l'essai de l'équation de régression en utilisant de véritables données présentes dans Portfolio Manager. Cela a permis d'obtenir un autre ensemble de bâtiments à examiner, en plus des données de l'enquête EUCIE, pour connaître les cotes ENERGY STAR et les distributions ainsi que pour évaluer les répercussions et les ajustements. Cette analyse d'un ensemble distinct de données a fourni un deuxième niveau de vérification afin d'assurer d'avoir une bonne distribution des cotes. Cette analyse a également confirmé que l'équation de régression finale avait donné des résultats fiables et objectifs pour les caractéristiques d'exploitation de base telles que la taille du bâtiment, le niveau de densité des ordinateurs et des travailleurs et les degrés-jours de chauffage et de refroidissement. L'analyse a également confirmé qu'il n'y avait aucun parti pris régional ni aucune partialité à l'égard du type d'énergie choisi pour chauffer les bâtiments.

Il est important de rappeler que l'équation de régression finale repose sur les données de référence représentatives à l'échelle nationale de l'EUCIE 2014, et non sur les données qui se trouvent déjà dans Portfolio Manager.

## RÉSULTATS DE L'ÉQUATION DE RÉGRESSION

La régression finale est une régression des moindres carrés pondérés sur l'ensemble de données filtrées des 766 observations. La variable dépendante est l'IE à la source. Chaque variable indépendante est centrée par rapport à la valeur moyenne pondérée, présentée à la **figure 2**. L'équation finale est présentée à la **figure 3**. Toutes les variables dans l'équation de régression sont significatives au degré de confiance de 95 % ou plus, comme le témoigne leur niveau de signification respectif.

L'équation de régression a une valeur de coefficient de détermination ( $R^2$ ) de 0,158, ce qui indique que cette équation explique 15,8 % de la variance dans l'IE à la source pour les bâtiments de bureaux. Puisque l'équation finale est structurée de façon telle que l'énergie par unité de superficie constitue la variable dépendante, le pouvoir explicatif de la superficie n'est pas inclus dans la valeur  $R^2$ , et par conséquent, cette valeur paraît artificiellement basse. En recalculant la valeur  $R^2$  dans les unités d'énergie à la source,<sup>5</sup> on observe que l'équation explique en fait 92,4 % de la variation de l'énergie à la source totale des bureaux. Il s'agit d'un excellent résultat pour un modèle d'énergie fondé sur des statistiques.

Une description complète de la méthode de régression des moindres carrés pondérés est présentée dans notre document de référence technique pour la cote ENERGY STAR au [https://portfoliomanager.energystar.gov/pdf/reference/ENERGY%20STAR%20Score\\_fr\\_CA.pdf](https://portfoliomanager.energystar.gov/pdf/reference/ENERGY%20STAR%20Score_fr_CA.pdf).

<sup>5</sup> La valeur  $R^2$  de l'énergie à la source est calculée comme suit :  $1 - (\text{variation résiduelle de } Y) / (\text{variation totale de } Y)$ . La variation résiduelle est la somme de  $(\text{énergie à la source réelle} - \text{énergie à la source prévue})^2$  pour toutes les observations. La variation totale de  $Y$  est la somme de  $(\text{énergie à la source réelle} - \text{énergie à la source moyenne})^2$  pour toutes les observations.

**Figure 2 – Statistiques descriptives des variables de l'équation de régression finale**

Variable	Minimum	Médiane	Maximum	Terme de centrage
Énergie à la source par mètre carré (GJ/m <sup>2</sup> )	0,398	1,547	3,719	1,602
Degrés-jours de chauffage x pourcentage chauffé	2 100	4 355	8 294	4 641
Logarithme naturel du nombre de degrés-jours de refroidissement x pourcentage refroidi	0	4,478	6,046	4,309
Nombre d'employés par 100 m <sup>2</sup> sur le quart de travail principal	0,3622	2,559	9,967	2,833
Nombre d'heures d'exploitation par semaine	65	65	168	69,07
Logarithme naturel de la superficie du bâtiment (m <sup>2</sup> )	4,580	7,016	9,210	7,014

**Figure 3 – Résultats de l'équation de régression finale**

Sommaire				
Variable dépendante	Intensité énergétique à la source (GJ/m <sup>2</sup> )			
Nombre d'observations dans l'analyse	766			
Valeur R <sup>2</sup>	0,1587			
Valeur R <sup>2</sup> ajustée	0,1532			
Statistique F	28,68			
Signification (seuil-p)	< 0,0001			
	Coefficients non normalisés	Erreur type	Valeur T	Signification (seuil-p)
Constante	1,602	0,02305	69,51	< 0,0001
C_Degrés-jours de chauffage x pourcentage chauffé	0,0001658	0,00002811	5,90_	< 0,0001
C_Logarithme naturel du nombre de degrés-jours de refroidissement x pourcentage refroidi	0,08094	0,01561	5,18_	< 0,0001
C_Nombre d'employés par 100 m <sup>2</sup>	0,1046	0,01246	8,39	< 0,0001
C_Nombre d'heures d'exploitation par semaine	0,003206_	0,00138	2,32	0,0207
C_Logarithme naturel de la superficie du bâtiment (m <sup>2</sup> )	0,08044	0,02035	3,95	< 0,0001

**Remarques :**

- La régression est une régression des moindres carrés pondérés, pondérée par la variable « SWEIGHT » de l'EUCIE
- Le préfixe C\_ pour chaque variable indique qu'elle est centrée. La variable centrée correspond à la différence entre la valeur réelle et la moyenne observée. Les valeurs moyennes observées sont présentées à la figure 2.
- L'ajustement pour la superficie du bâtiment est limité à une valeur maximale de 10 000 m<sup>2</sup>.
- L'ajustement pour le nombre d'heures d'exploitation par semaine est d'au moins 65 heures, ce qui signifie que toute propriété ayant une valeur inférieure à 65 se verra attribuer une valeur de 65 heures.
- L'ajustement pour les degrés-jours de chauffage (DJC) est d'au moins 3 500 DJC, ce qui signifie que toute propriété ayant une valeur inférieure à 3 500 DJC se verra attribuer une valeur de 3 500.
- Les degrés-jours de chauffage et de refroidissement proviennent des stations météorologiques canadiennes incluses dans le système du National Climatic Data Center des États-Unis.



## TABLEAU DE RÉFÉRENCE DE LA COTE ENERGY STAR

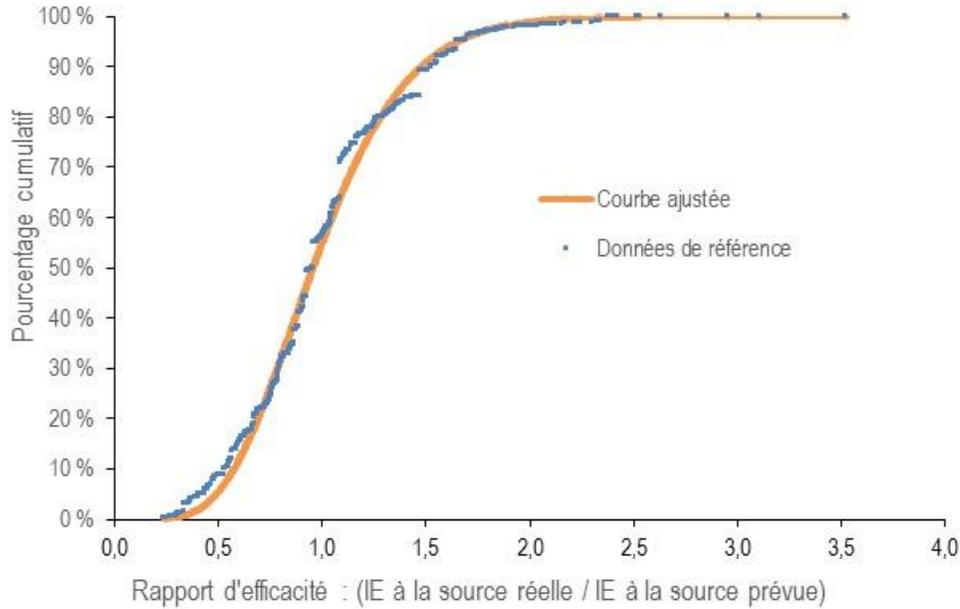
L'équation de régression finale (présentée à la **figure 3**) prédit l'IE à la source en fonction des caractéristiques d'exploitation d'un bâtiment. Certains bâtiments inclus dans les données de référence de l'EUCIE consomment plus d'énergie que la quantité prévue dans l'équation de régression, tandis que d'autres en consomment moins. Pour calculer le rapport d'efficacité énergétique de chaque cas observé, on divise l'IE à la source *réelle* par son IE à la source *prévue*.

$$\text{Rapport d'efficacité énergétique} = \frac{\text{Intensité énergétique à la source réelle}}{\text{Intensité énergétique à la source prévue}}$$

Un rapport d'efficacité inférieur à un signifie que le bâtiment consomme moins d'énergie que prévu et qu'il est donc plus efficace. S'il affiche un rapport d'efficacité plus élevé, c'est la règle contraire qui s'applique.

Les rapports d'efficacité sont triés par ordre croissant, et le pourcentage cumulatif du groupe pour chaque rapport est calculé en utilisant la pondération pour chaque observation de l'ensemble de données de référence. La **figure 4** présente un graphique de cette distribution cumulative. Une courbe lisse (orange) est ajustée à ces données à l'aide d'une distribution gamma à deux paramètres. On procède à cet ajustement pour minimiser la somme des carrés des différences entre le rang en pourcentage réel de chaque bâtiment du groupe et le rang en pourcentage de chaque bâtiment en utilisant la solution gamma. L'ajustement final de la courbe gamma a produit un paramètre de forme (alpha) de 7,762 et un paramètre d'échelle (bêta) de 0,1285. Pour cet ajustement, la somme de l'erreur quadratique est de 0,4861.

Figure 4 – Distribution pour les bureaux



La courbe gamma finale et les paramètres d'échelle sont utilisés pour calculer le rapport d'efficacité à chaque rang centile (de 1 à 100) le long de la courbe. Par exemple, le rapport sur la courbe gamma à une valeur de 1 % correspond à une cote de 99, ce qui signifie que seulement 1 % des bâtiments du groupe ont un rapport égal ou inférieur. Le rapport sur la courbe ajustée à une valeur de 25 % correspond au rapport pour une cote de 75, ce qui indique que seulement 25 % des bâtiments ont un rapport égal ou inférieur. Le tableau de référence de la cote complète est présenté à la **figure 5**.

Figure 5 – Tableau de référence de la cote ENERGY STAR pour les bureaux

Cote ENERGY STAR	Pourcentage cumulatif	Rapport d'efficacité énergétique		Cote ENERGY STAR	Pourcentage cumulatif	Rapport d'efficacité énergétique	
		> =	<			> =	<
100	0 %	0,0000	0,3555	50	50 %	0,9549	0,9637
99	1 %	0,3555	0,4056	49	51 %	0,9637	0,9725
98	2 %	0,4056	0,4399	48	52 %	0,9725	0,9814
97	3 %	0,4399	0,4671	47	53 %	0,9814	0,9904
96	4 %	0,4671	0,4900	46	54 %	0,9904	0,9995
95	5 %	0,4900	0,5102	45	55 %	0,9995	1,0086
94	6 %	0,5102	0,5283	44	56 %	1,0086	1,0178
93	7 %	0,5283	0,5449	43	57 %	1,0178	1,0271
92	8 %	0,5449	0,5604	42	58 %	1,0271	1,0366
91	9 %	0,5604	0,5748	41	59 %	1,0366	1,0461
90	10 %	0,5748	0,5885	40	60 %	1,0461	1,0558
89	11 %	0,5885	0,6015	39	61 %	1,0558	1,0656
88	12 %	0,6015	0,6140	38	62 %	1,0656	1,0755
87	13 %	0,6140	0,6260	37	63 %	1,0755	1,0856
86	14 %	0,6260	0,6375	36	64 %	1,0856	1,0958
85	15 %	0,6375	0,6487	35	65 %	1,0958	1,1062
84	16 %	0,6487	0,6596	34	66 %	1,1062	1,1168
83	17 %	0,6596	0,6702	33	67 %	1,1168	1,1276
82	18 %	0,6702	0,6805	32	68 %	1,1276	1,1386
81	19 %	0,6805	0,6906	31	69 %	1,1386	1,1499
80	20 %	0,6906	0,7005	30	70 %	1,1499	1,1613
79	21 %	0,7005	0,7103	29	71 %	1,1613	1,1731
78	22 %	0,7103	0,7198	28	72 %	1,1731	1,1851
77	23 %	0,7198	0,7293	27	73 %	1,1851	1,1974
76	24 %	0,7293	0,7385	26	74 %	1,1974	1,2101
75	25 %	0,7385	0,7477	25	75 %	1,2101	1,2231
74	26 %	0,7477	0,7568	24	76 %	1,2231	1,2366
73	27 %	0,7568	0,7658	23	77 %	1,2366	1,2504
72	28 %	0,7658	0,7746	22	78 %	1,2504	1,2648
71	29 %	0,7746	0,7835	21	79 %	1,2648	1,2796
70	30 %	0,7835	0,7922	20	80 %	1,2796	1,2950
69	31 %	0,7922	0,8009	19	81 %	1,2950	1,3111
68	32 %	0,8009	0,8096	18	82 %	1,3111	1,3279
67	33 %	0,8096	0,8182	17	83 %	1,3279	1,3454
66	34 %	0,8182	0,8267	16	84 %	1,3454	1,3639
65	35 %	0,8267	0,8353	15	85 %	1,3639	1,3833
64	36 %	0,8353	0,8438	14	86 %	1,3833	1,4039
63	37 %	0,8438	0,8523	13	87 %	1,4039	1,4259
62	38 %	0,8523	0,8608	12	88 %	1,4259	1,4495
61	39 %	0,8608	0,8692	11	89 %	1,4495	1,4749
60	40 %	0,8692	0,8777	10	90 %	1,4749	1,5025
59	41 %	0,8777	0,8862	9	91 %	1,5025	1,5329
58	42 %	0,8862	0,8947	8	92 %	1,5329	1,5668
57	43 %	0,8947	0,9032	7	93 %	1,5668	1,6053
56	44 %	0,9032	0,9117	6	94 %	1,6053	1,6498
55	45 %	0,9117	0,9203	5	95 %	1,6498	1,7032
54	46 %	0,9203	0,9289	4	96 %	1,7032	1,7703
53	47 %	0,9289	0,9375	3	97 %	1,7703	1,8620
52	48 %	0,9375	0,9462	2	98 %	1,8620	2,0126
51	49 %	0,9462	0,9549	1	99 %	2,0126	>2,0126

## EXEMPLE DE CALCUL

Le calcul de la cote comporte cinq étapes. Celles-ci sont présentées dans notre document de référence technique pour la cote ENERGY STAR, qui est disponible au [https://portfoliomanager.energystar.gov/pdf/reference/ENERGY%20STAR%20Score\\_fr\\_CA.pdf](https://portfoliomanager.energystar.gov/pdf/reference/ENERGY%20STAR%20Score_fr_CA.pdf). Voici un exemple concret qui permet de calculer la cote des bureaux.

### 1 L'utilisateur inscrit les données relatives au bâtiment dans Portfolio Manager

- Douze mois de données de consommation énergétique pour tous les types d'énergie (valeurs annuelles, fournies sous forme d'entrées de compteurs mensuels).
- Renseignements physiques sur le bâtiment (taille, emplacement, etc.) et détails concernant l'utilisation et l'activité du bâtiment (heures d'exploitation, etc.).

Données énergétiques	Valeur
Électricité	3 000 000 kWh
Gaz naturel	200 000 m <sup>3</sup>

Renseignements sur l'utilisation de la propriété	Valeur
Superficie brute (m <sup>2</sup> )	20 000
Nombre d'heures d'exploitation par semaine	80
Nombre d'employées sur le quart de travail principal <sup>6</sup>	250
Nombre d'ordinateurs personnels	250
Nombre de serveurs informatiques	5
Pourcentage du bâtiment qui est chauffé	100 %
Pourcentage du bâtiment qui est refroidi	100 %
DJC (fourni par Portfolio Manager, selon le code postal)	3 600
DJR (fourni par Portfolio Manager, selon le code postal)	425

### 2 Portfolio Manager calcule l'IE à la source réelle

- La consommation totale de chaque type de combustible à partir des unités de facturation est convertie en énergie du site et en énergie à la source.
- Ensuite, il additionne les valeurs d'énergie à la source pour tous les types de combustibles.
- Puis, il divise l'énergie à la source par la superficie brute afin de déterminer l'IE à la source réelle.

#### Calcul de l'IE à la source réelle

Combustible	Unités de facturation	Multiplicateur – GJ du site	GJ du site	Multiplicateur à la source	GJ à la source
Électricité	3 000 000 kWh	0,0036	10 800	1,96	21 168
Gaz naturel	200 000 m <sup>3</sup>	0,03843	7 686	1,01	7 763
Énergie à la source totale (GJ)					28 931
<b>IE à la source réelle (GJ/m<sup>2</sup>)</b>					<b>1,447</b>

<sup>6</sup>Cela représente le nombre d'employés typique durant le quart de travail principal. Par exemple, s'il y a deux quarts de travail quotidiens de 6 heures à 25 employés chacun, le nombre d'employés sur le quart de travail principal est 25.

### 3 Portfolio Manager calcule l'IE à la source prévue

- En utilisant les renseignements sur l'utilisation de la propriété fournis à l'étape 1, Portfolio Manager calcule la valeur de chaque variable du bâtiment dans l'équation de régression (déterminant la densité, au besoin).
- Les valeurs de centrage sont soustraites pour calculer la variable centrée pour chaque paramètre d'exploitation.
- Les variables centrées sont multipliées par les coefficients de l'équation de régression pour obtenir l'IE à la source prévue.

**Calcul de l'IE à la source prévue**

Variable	Valeur réelle du bâtiment	Valeur de centrage de référence	Variable centrée du bâtiment	Coefficient	Coefficient x variable centrée
Constante	-	-	-	1,602	1,602
DJC x % chauffé	3 600	4 641	-1 040,63	0,000166	-0,177
Ln(DJR) x % refroidi	6,05	4,310	1,743	0,0894	0,156
Nombre de travailleurs par 100 m <sup>2</sup>	1,25	2,833	-1,58	0,1046	-0,166
Nombre d'heures d'exploitation par semaine	80	69,07	10,93	0,0032	0,035
Ln de la superficie du bâtiment (m <sup>2</sup> )*	9,21	7,014	2,196	0,0804	0,177
<b>IE à la source prévue (GJ/m<sup>2</sup>)</b>					<b>1,632</b>

\* Si la superficie brute du bâtiment est supérieure à 10 000 m<sup>2</sup>, on utilisera une valeur de 10 000 m<sup>2</sup>.

### 4 Portfolio Manager calcule le rapport d'efficacité énergétique

- Le rapport est égal à l'IE à la source réelle (étape 2) divisée par l'IE à la source prévue (étape 3).
- Rapport = 1,447/1,632 = 0,8865

### 5 Portfolio Manager utilise le rapport d'efficacité énergétique pour attribuer une cote par l'entremise du tableau de référence

- Le rapport obtenu à l'étape 4 permet de trouver la cote dans le tableau de référence.
- Un rapport de 0,8865 est inférieur à 0,8947, mais supérieur à 0,8862.
- **La cote ENERGY STAR est 58.**