UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté de génie

Département de génie électrique et génie informatique

Rapport APP4

Ingénierie durable et évaluation des impacts environnementaux

APP4

Présenté à

Pr Ben Amor

Mathieu Courchesne

Edgar Sergues

Présenté par

Mathieu Desautels – DESM1210

Felix Boivin – BOIF1302

Université de Sherbrooke – 22 février 2023

Table des matières

[1. Introduction 1](#_Toc127874031)

[2. Objectifs 1](#_Toc127874032)

[3. Champ d’étude 1](#_Toc127874033)

[4. Inventaire 2](#_Toc127874034)

[5. Évaluation des impacts sur le cycle de vie (EICV) 3](#_Toc127874035)

[6. Interprétation 5](#_Toc127874036)

[7. Options de sources énergétiques 6](#_Toc127874037)

[8. Conclusion 7](#_Toc127874038)

[9. Références 8](#_Toc127874039)

[Annexe A Graphique de comparaison des deux centre de données avec l’électricité provinciale 9](#_Toc127874040)

[Annexe B Graphique des pollutions des gaz à effets de serre 10](#_Toc127874041)

[Annexe C Graphique incluant tous les possibilités de source d’énergie pour chaque centre de donnée 11](#_Toc127874042)

Liste des figures

[Figure 1 : Graphique de comparaison des centre de données sur électricité provinciale 9](#_Toc127874043)

[Figure 2 : Graphique de pollution GES pour le Québec 10](#_Toc127874044)

[Figure 3 : Graphique de pollution GES pour l'Alberta 10](#_Toc127874045)

[Figure 4 : Graphique de comparaison finale 11](#_Toc127874046)

Liste des tableaux

[Tableau 1 : Tableau des dommages pour les deux scénarios 4](#_Toc127874047)

[Tableau 2 : Tableau des dommages pour les deux scénarios en % 5](#_Toc127874048)

# Introduction

Une entreprise veut entreprendre la construction d’un nouveau centre de stockage de données informatique. Cependant, cette entreprise aimerait trouver une façon d’être le plus écologique possible dans la création de leur expansion. La compagnie se questionne sur l’emplacement ainsi que sur la source d’énergie à être utilisée pour leur nouveau complexe de stockage. Pour l’emplacement la compagnie hésite entre le Québec et l’Alberta. De plus, pour les sources d’énergie, l’entreprise se questionne sur trois sources et aimerait opter pour la plus écologique des trois. Ils hésitent entre le réseau déjà installé dans les lieux (Hydro-Québec ou Alberta Electric System Operator [1] (AESO)), l’énergie éolien grâce à une éolienne de 2MW ou finalement l’énergie solaire grâce à des panneaux solaire polycristallin. Dans cette étude, les trois seront analysés et l’option la plus écoresponsable sera présentée avec les chiffres pour le prouver.

# Objectifs

L’objectif est de comparer chaque option offerte à l’entreprise et trouver la meilleure d’entre elles en termes d’écoresponsabilité sans s’occuper du coût de chacun. Le choix qui sera prouvé dans la page suivante sera basé uniquement sur le développement durable et non sur la rentabilité du projet. Pendant cette étude tous les calculs et développements seront effectués avec la méthode IMPACT 2002+ pour 500 ans avec respect aux normes ISO 14044.

# Champ d’étude

La fonction de notre système est fort simple c’est le stockage de données. C’est pourquoi l’unité fonctionnelle a été calculer pour : Stocker un petaoctet par année. Il a été décidé comme cela puisque les deux centres de données ont des durées de vie différentes, soit 30 et 40 ans, et des capacités de stockage différentes, soit 6 Po et 2 Po. Pour comparer les deux ils devaient être sous la même unité et l’unité commune choisi est un petaoctet par année. De cette manière il est possible des comparer sur des bases égales et déterminer lequel des centres et laquelle des sources d’énergie a le moins d’impacts environnementaux.

Pour les paramètres clés, nous savons que l’Alberta peut stocker 6 Po et a une durée de vie de 30 ans. Cependant pour le Québec le centre de donnée peut seulement stocker 2Po mais pendant 40.

Grâce à ces paramètres clés nous avons réussi à trouver des flux de référence de 1/180 pour l’Alberta et 1/80 pour le Québec. Le calcul plus bas **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente calcul pour le trouver le flux de référence du Québec.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

# Inventaire

Afin de bien comparer les impacts environnementaux de chaque gaz à effet de serre, il faut tous les convertir par leurs équivalents en CO2 selon la méthode IMPACT 2002+ qui prends en compte 500 ans. Pour chacun des gaz il y a un équivalent en CO2 qui permets de mettre toutes les données ensemble. Ceci peut être trouvé à la page 37 des notes de cours de l’APP4 [2].

Au Québec, pour le CH4, le pire cycle de vie est l’utilisation. Pour le CO2, le pire cycle de vie est l’utilisation. Pour le N20, le pire cycle de vie est l’utilisation. Pour le SF6, le pire est l’utilisation. Pour le CO le pire est la production. Pour le CFC-14 c’est la production. Pour le HFC-116 c’est la production. C’est la production pour le CFC-12, pour le CFC-114, c’est l’utilisation. Pour le HFC-22, le pire est la production et le HFC-23, c’est la production. Pour le CFC-10 c’est la production, pour le CFC-113 c’est la production. Pour le halon 1301, c’est l’utilisation. Pour le HFC-134a, c’est la production. Pour le HFC-152a, c’est la production. Pour le halon 1211, c’est l’utilisation. Pour bien visualiser les données un graphique a été fait avec toute les polluant des gaz à effet de serre, le graphique peut être trouvé à l’annexe B.

En Alberta, pour le CH4, le pire cycle de vie est l’utilisation. Pour le CO2, le pire cycle de vie est l’utilisation. Pour le N20, le pire cycle de vie est l’utilisation. Pour le SF6, le pire est l’utilisation. Pour le CO le pire est l’utilisation. Pour le CFC-14 c’est l’utilisation. Pour le HFC-116 c’est l’utilisation. C’est la production pour le CFC-12, pour le CFC-114, c’est l’utilisation. Pour le HFC-22, le pire est l’utilisation et le HFC-23, c’est la production. Pour le CFC-10 c’est la production, pour le CFC-113 c’est la production. Pour le halon 1301, c’est l’utilisation. Pour le HFC-134a, c’est la production. Pour le HFC-152a, c’est la production. Pour le halon 1211, c’est l’utilisation. Pour bien visualiser les données un graphique a été fait avec toute les polluant des gaz à effet de serre, le graphique peut être trouvé à l’annexe B.

Pour le Québec, le gaz à effet de serre le plus néfaste lors de l’étape de la production est le CO2. En effet, cela crée 97 100 kg de CO2 ce qui est beaucoup plus que le deuxième pire gaz, le CH4, qui émet l’équivalent de 3 710 kg de dioxyde de carbone. Lors de l’étape de l’utilisation, le CO2 est encore le coupable. Le centre de données va en émettre plus de 465 000 kg, ce qui est encore une fois énorme par rapport au deuxième pire, soit le N20, avec ses 26 900 kg équivalents. Pour ce qui est de la fin de vie, c’est toujours le CO2 qui affiche les pires chiffres avec 378 kg émis, comparativement aux 6,35kg de CH4. Il est évident que le dioxyde carbone est le plus néfaste pour l’environnement tout au long du cycle de vie du centre de données québécois, et ce, par une bonne longueur d’avance.

En Alberta, lors de l’étape de la production, c’est le CH4 qui prend la relève du gaz le plus néfaste. Nous retrouvons des émissions de 7 080 000 kg, alors qu’il y a 185 000 kg de CO2. La tendance se maintient rendu à l’étape de l’utilisation. En effet, le data center va créer 285 000 000 kg de CH4 alors qu’il y aura 50 500 000 kg de CO2. En fin de vie, les émissions du centre de données seront de 14 300 kg de CH4 et 851 kg de CO2. Pendant l’entièreté du cycle de vie, des quantités énormes, principalement de méthane, mais aussi de dioxyde de carbone, sont émises dans l’atmosphère.

*\*Les données en kg sont exprimées en kg équivalent de CO2*

# Évaluation des impacts sur le cycle de vie (EICV)

Comme expliqué plus haut, une unité a dû être trouvé pour pouvoir comparer les deux centres de données ensemble. Les tableaux donnés sont des tableaux de tous les problèmes que causent chaque centre de données. Pour être capable de trouver une unité qui est équivalente entre les deux centres, les valeurs doivent être transféré en dommage. Pour s’y faire des valeurs de conversion peuvent être trouvé à la page 39 des notes de cours de l’APP4 [2]. Ces valeurs permettent de mettre les données dans des unités identique. Cependant, il n’est pas possible de mettre toutes les valeurs dans des données équivalente. C’est pourquoi il y a quatre différentes sections de dommages. Santé humaine, qualité des écosystèmes, changement climatique et ressources sont les nouvelles sections qui apparaissent. Les unités de ses nouvelles sections sont DALY, PDF.m2.an, kg CO2, MJ respectivement.

Une fois ces sections trouvées il est possible des regrouper ensemble et de comparer les données pour chacun des centres par rapport à leur sections respectives. Pour s’y faire puisque l’unité fonctionnelle a été choisi il est possible de créer un graphique avec toutes les données à l’intérieur. Pour être sûr de bien comparer, il est préférable de mettre le graphique en pourcentage puisque ceci permet de mettre toutes les sections dans le même graphique malgré leur différence de valeurs. La méthode du maximum est utilisée, cette méthode consiste à faire égaler le scénario avec le plus gros impact à 100% et faire égaler l’autre scénario au % de différence avec le maximum.

Par exemple, dans le tableau 1 il est possible de voir les 4 sections pour le l’organisation des données. Par la suite, il est aussi possible de voir les deux scénarios soit le Québec ou l’Alberta.

Tableau 1 : Tableau des dommages pour les deux scénarios



Il est possible de trouver les maximums des pollueurs relativement facilement dans le tableau 1. Cependant une fois qu’ils sont mis en pourcentage (voir tableau 2), cela est beaucoup plus simple à déterminer les éléments les plus pollueurs.

Tableau 2 : Tableau des dommages pour les deux scénarios en %



Si on analyse le tableau 2, il est possible de voir que l’Alberta est beaucoup plus polluante surtout sur tous ce qui est consommation d’énergie (utilisation). Cela peut être dû à l’utilisation de pétrole comme source d’énergie pour le système électrique de l’Alberta à comparer du système hydroélectrique du Québec. Une autre façon d’interpréter les données du tableau 2 est de crée un graphique avec les données, le graphique du tableau 2 peut être retrouver à l’annexe A.

# Interprétation

Pour le Québec, la pire étape du cycle de vie pour la santé humaine est l’utilisation. Lors de l’utilisation du réseau électrique québécois, 0.00447 kg de gaz néfastes à la santé humaine sont émis dans l’environnement. Pour ce qui est de la qualité des écosystèmes, la pire étape est encore l’utilisation. En effet, 5 060 kg de gaz seront relâchés dans la nature, alors que le deuxième pire, la production, en relâchera 2050 kg. Pour la catégorie des changements climatiques, nous avons 6 930 kg lors de l’utilisation et nous avons 1 360 kg lors de la production. Pour ce qui est des ressources, nous avons 69 900 kg pendant l’utilisation et 19 500 kg pendant la production. En observant les chiffres, on peut s’apercevoir que c’est toujours la même histoire. La pire étape est toujours celle de l’utilisation et la deuxième pire est celle de la production.

En Alberta, nous retrouvons la même corrélation entre les données que dans le centre québécois. Par exemple, en observant les chiffres du changement climatique, la pire étape est définitivement celle de l’utilisation avec 1 870 000 kg de gaz néfastes émis et 40 400 kg pour la production.

En comparant les deux centres de données nous pouvons observer que celui de l’Alberta est pire en général. En effet, en prenant la catégorie de la santé humaine l’Alberta a un total de 0,127 kg de gaz émis tout au long de son cycle de vie, alors que le Québec en a 0,00859 kg. Pour la qualité des écosystèmes, le centre de données albertain va émettre 23 400 kg de gaz néfastes et le québécois 7 120 kg. Pour la catégorie des changements climatiques, on a 1 910 000 kg de gaz néfastes pour l’Alberta et seulement 7 760 kg pour le Québec. Au niveau des ressources, l’Alberta affiche un total de 3 910 000 kg et le Québec 89 500 kg.

# Options de sources énergétiques

Dans le cadre de la problématique les centre de de données peuvent être fourni par soit des panneaux solaires, des éolienne ou le réseau électrique de la province. Chacune de ces options ont leur pollution propre à eux, grâce aux données dans les fichiers de centre de données et ceux des sources d’énergie, les calculs peuvent être fait pour déterminer quelle source d’énergie est le plus écologique avec chaque centre de donnée.

Les choix possibles sont une éolienne de 2MW ou des panneaux solaire polycristallin. Dans les informations sur les centres de données l’énergie consommé par année a été indiqué soit 1 GWh/an pour le centre de donnée du Québec et 2,4 GWh/an pour le centre de donnée de l’Alberta. Il est aussi possible de savoir la production énergétique de chaque type soit 4 GWh/an pour l’éolienne et 0,000175 GWh/an pour les panneaux solaires. Puisque l’unité fonctionnelle est de 1 Po par an il est possible de savoir combien de panneau ou d’éolienne sont nécessaire pour faire fonctionner le système. Et oui, puisque nous savons que pour le Québec 1 GWh fait fonctionner 2 po, il est possible de déterminer qu’avec 0,5 GWh il sera possible de faire fonctionne la moitié donc 1 Po. Pour l’Alberta celui-ci consomme 2,4 GWh pour 6 Po, il est donc possible de déterminer qu’avec 0,6 GWh, l’utilisation de 1 Po sera fait.

Grâce à ces unités il est possible de voir que les données de production pour les panneau et l’éolienne devront être mise sur une base commune soit 1 GWh/an. Une fois mit sur cette base 1 GWh/an est l’équivalent de 0,25 éolienne ou 5714 panneaux solaires. Ces données constituent notre flux de référence. Comme dit plus haut il y aura seulement 0,6 GWh et 0,5 GWh d’utiliser pour faire fonctionner les centres sous l’unité fonctionnelle de 1 Po par an.

Finalement lors du calcul il est important de mettre toute la pollution totale de la production de l’électricité dans la section utilisation du centre de données. Le calcul comme explique plus haut dans la section 5 évaluation des impacts sur le cycle de vie, la totalité des données doivent être mise sur une base de 100 pour être bien analyser. Ce graphique se trouve à l’annexe C et inclue toutes les possibilités de sources pour les centres de données ainsi que la pollution pour les centres de données.

# Conclusion

Le principal problème que nous avons observé avec la méthodologie dans un contexte de développement durable, est que nous ne prenons pas en compte le fait que nous aurons à remplacer les sources d’énergie à la fin de leur cycle de vie. Par exemple, le centre de données québécois sera en marche pendant 40 ans alors que la durée de vie d’une éolienne, par exemple, est de 20 ans. Cela veut dire que nous aurons à remplacer ces éoliennes et donc, doubler leurs émissions de gaz néfastes pour l’environnement pour leurs étapes de production et de fin de vie. En revanche, en observant nos données, on peut s’apercevoir que la majorité de la pollution est causée durant l’étape de l’utilisation, donc même si nous omettons le remplacement des sources énergétiques, ce n’est qu’une petite partie du problème. Il faudrait plutôt se concentrer à réduire les émissions durant l’utilisation. Comme il est démontré dans le graphique de l’annexe C, l’option la plus optimale pour stocker un pétaoctet en créant le moins de pollution possible est d’utiliser le centre de données en Alberta et de choisir les éoliennes comme source énergétique.

# Références

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Alberta Electric System Operator, «AESO,» [En ligne]. Available: https://www.aeso.ca/. [Accès le 13 février 2023]. |
| [2] | B. R. e. B. Amor, «INGENIERIE DURABLE ET EVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX,» Université de Sherbrooke, Sherbrooke, 2021. |

1. Graphique de comparaison des deux centre de données avec l’électricité provinciale

Figure : Graphique de comparaison des centre de données sur électricité provinciale

1. Graphique des pollutions des gaz à effets de serre

Figure : Graphique de pollution GES pour le Québec

Figure : Graphique de pollution GES pour l'Alberta

1. Graphique incluant tous les possibilités de source d’énergie pour chaque centre de donnée

Figure : Graphique de comparaison finale