

**1 septembre 2023**

***CALCUL DU CARBONE SÉQUESTRÉ DANS LE BOIS DU POLYDÔME***

**VILLE DE VARENNES**

**Rapport préliminaire**

**Présenté à :**



**Par :**



## **TABLE DES MATIÈRES**

- 1- CONTEXTE**
- 2- MANDAT**
- 3- PRESENTATION DE VRIC**
- 4- ÉCONOMIE CIRCULAIRE DANS LE CYCLE DU CARBONE**
- 5- METHODOLOGIE**
- 6- RESULTATS**
- 7- IMPACTS DE LA DECISION DE LA VILLE POUR LE DEVELOPPEMENT DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE**
- 8- RÉSUMÉ**
- 9- SUGGESTIONS**

## 1- CONTEXTE

Le *Polydôme* est un édifice construit à l'occasion du 350<sup>e</sup> anniversaire de la ville de *Varenes* en 2022. Cette construction en bois vise à démontrer l'engagement des membres du conseil municipal envers le développement durable.

L'idée de calculer le carbone séquestré dans les poutres en bois du *Polydôme* s'inscrit dans le projet de construire en bois la *Maison de l'environnement* dans un boisé propriété de la *MRC de Marguerite-D'Youville*.

Le gouvernement du *Québec* vise la carboneutralité en 2050. Cette politique s'inscrit dans l'enjeu mondial, bien ciblé par l'*Organisation des Nations Unies*, de réduire le carbone émis et contenu dans l'atmosphère responsable du réchauffement du climat.

La protection des forêts et la promotion du bois dans la construction des édifices jouent un rôle stratégique dans la lutte contre le réchauffement du climat puisque, dans le cas des arbres, ils captent le carbone de l'atmosphère et le séquestrent et, dans le cas du bois utilisé dans la construction, il prolonge la séquestration du carbone pour des dizaines voire des centaines d'années.

L'objectif de la ville de *Varenes* vise à utiliser les services de *Villes et Régions Innovantes* (VRIC) pour obtenir la *Certification de l'économie circulaire dans le cycle du carbone* pour le carbone séquestré dans le bois du *Polydôme*.

Ce contexte détermine les limites du mandat et de sa méthodologie.

## 2- MANDAT

VRIC utilisera le mode de pensée de l'économie circulaire, soit l'*analyse du cycle de vie* (ACV), tout en respectant les limites du mandat.

Dans un premier temps, le mandat consiste à calculer le carbone séquestré dans le bois du *Polydôme*, les émissions de gaz à effet de serre (GES) lors de la fabrication des poutres et le transport de l'origine, Chibougamau, à destination, *Varenes*.

Ce mandat ne tient pas compte des émissions de GES causées par l'utilisation d'une dalle et des supports en béton et en acier. Par ailleurs, dans le but de rendre justice à la ville de *Varenes* dans sa volonté de réduire son empreinte carbone, nous terminerons le rapport par une estimation des émissions des *GES évitées* par le fait que la ville n'a pas utilisé le ciment et l'acier pour construire les poutres.



Dans un deuxième temps, le mandat, s'il est accepté par le conseil municipal, consiste à accorder à la ville de Varennes la *Certification de l'économie dans le cycle du carbone* (CÉCC) à la ville Varennes pour la séquestration du carbone du Polydôme et à produire *le Guide de l'économie circulaire dans le cycle du carbone*. Cette certification prendra en compte les dix composantes de l'économie circulaire à partir de l'analyse des activités de développement durable de la ville liées au projet de construire en bois le Polydôme.

#### Composantes de l'économie circulaire

- Démarche scientifique : prise de décision basée sur des données
- Financement cohérent
- Réseaux des marchés de l'économie circulaire dans le cycle du carbone
- Mobilisation/Science
- Éducation : colonne vertébrale de l'économie circulaire
- R & D et les transferts technologiques : moteurs de l'économie circulaire
- Rayonnement international et national, Réseau
- Travail, création d'emplois créatif, innovant
- Projets de démonstration : une nécessité scientifique et pédagogique
- Gouvernance démocratique

### 3- PRESENTATION DE VILLES ET REGIONS INNOVANTES

- Fondation en 2013. Villes initiatrices : Rimouski, Amqui, Rivière-du-Loup, La Pocatière, Gaspé, Montmagny.



- Organisation à but non lucratif
- Valeurs : respect des écosystèmes, respect de la dignité des personnes, innovation, partenariat
- Sources de financement : marchés publics et privés de l'économie circulaire
- Mission : Promouvoir, implanter, développer et accompagner l'organisation de l'économie circulaire dans le cycle du carbone dans les villes et les MRC, dans le but de réduire l'empreinte carbone.
- Ambition : 0 déchet, 0 GES, 0 appauvrissement
- Projet : Favoriser la nouvelle industrialisation des villes, des MRC et des régions par des entreprises porteuses de technologies et de procédés propres afin
  - de réduire l'extraction des ressources et la production de biens neufs et des émissions de GES produits lors ces opérations;
  - d'accroître la séquestration du carbone par les forêts, les champs, les édifices en bois et la purification des rivières.



- 2) réorganiser, notamment, le système agroalimentaire en fonction des industries artères, de veines et de finalisation par la R&D;
- 3) d'aménager les forêts et les champs afin d'augmenter leur capacité à séquestrer le carbone tout en favorisant la biodiversité ;
- 4) d'augmenter la canopée à 40% des villes et des villages ;
- 5) de construire des édifices en bois ;
- 6) de maximiser la transformation des résidus de la forêt et du bois en produits à valeur ajoutée ;
- 7) de nettoyer les champs, les forêts, les rives des cours d'eau et de purifier les eaux afin que les rivières et le fleuve Saint-Laurent contribuent à améliorer la capacité de l'océan Atlantique à absorber le carbone.

## 5- MÉTHODOLOGIE

Plusieurs facteurs interviennent dans le calcul du carbone du bois séquestré par le *Polydôme* dont la variabilité inhérente à la nature même du matériau et de son origine : *Chibougamau*.

### **Propriétés du matériau**

Tout d'abord, lors de sa croissance, l'arbre développe des molécules de type glucose et des lignines qui nécessitent beaucoup de carbone. Ce contenu en carbone de l'ordre de 49.3% du poids du produit demeure dans le matériau jusqu'à sa décomposition ou sa combustion. De plus, le bois est perméable à son environnement surtout à l'humidité. Ainsi, il gonfle, son volume change donc, en s'associant avec l'eau dans l'air jusqu'à 30% d'humidité où il devient saturé et ne gonfle plus. Ainsi, son poids change puisque l'eau se greffe aux hémicelluloses. Ceci a pour effet de modifier sa densité qui est elle-même variable à cause des conditions climatiques dans lesquelles l'arbre pousse. Étant donné ce facteur, on parlera alors de densité basale, nominale ou encore anhydre. L'été, plus humide, le matériau aura 12%H et l'hiver environ 8%H. Comme les poutres ont été fabriquées à Chibougamau avec principalement de l'épinette noire nordique, la densité en humidité est particulièrement élevée. Dans ce produit, on trouve également des colles qui contiennent du carbone et de l'eau qui n'inclut pas cet élément.

### **Limite du rapport**

Il n'y a aucun calcul des gaz à effet de serre mesurés pour les parties béton et acier conformément au mandat.

### **Unité de mesure<sup>1</sup>**

L'analyse du cycle de vie (ACV) est le mode de pensée de l'économie circulaire dans le cycle du carbone. Dans le cas de la forêt et du bois, l'unité de mesure se traduit en mètre cube. Cette mesure nous permet de quantifier la séquestration du carbone présent dans le bois. Pour le carbone, l'unité de mesure est le kilogramme (kg) de CO<sub>2</sub> équivalent (éq.) Il représente le potentiel de réchauffement global des gaz à effet de serre. Afin de passer des unités de kg de Carbone à kg de CO<sub>2</sub> éq., il faut multiplier l'unité carbone par le ratio molaire de CO<sub>2</sub> sur C soit 3.664. Quant à l'unité de mesure des analyses de cycle de vie pour le bois

<sup>1</sup> Toutes les données et les calculs utilisés par la méthodologie sont contenus dans un document Excel disponible sur demande justifiée par le responsable du Service de l'environnement de la ville de Varennes.

lamellé-collé, appelé glulam, utilisé dans le bois du Polydôme est le mètre cube du produit à l'humidité de 12% environ.

### **Références**

Les analyses de cycle de vie sont des références ainsi que les documents de déclaration environnementale de produit.

### **Calcul du carbone séquestré dans le Polydôme**

À l'aide des informations remises par la ville, notamment, des plans de l'édifice et les caractéristiques des poutres, nous évaluons la quantité volumétrique des produits en bois.

Tout d'abord, nous séparons les produits le lamellé-collé (glulam) et le panneau à haute densité (HDF) en fonction de leur densité, car ils ne contiennent pas la même quantité de carbone.

Par la suite, nous déterminons le type de densité. La densité nominale, soit le kg anhydre / mètre cube à 12%H, est la plus précise dans le cas qui nous concerne. Nous géolocalisons la densité par l'étude récente du *ministère Des Forêts, De la Faune Et Des Parcs du Québec* avec la technologie de la spectroscopie. Ce facteur est important étant donné son impact sur la quantité de carbone dans les produits.

Cette étude donne également la variabilité (écart-type) de la densité ce qui nous permet d'exprimer une moyenne dans un intervalle probabiliste. Il nous permet de mesurer le carbone séquestré dans la structure de bois, par produit, ainsi que le carbone séquestré par mètre cube de produit.

Pour produire le bilan final, nous évaluons les gaz à effet de serre émis lors des étapes de fabrication et lors du transport des poutres de Chibougamau à Varennes. Les données sur la fabrication sont évaluées par les informations dans la déclaration environnementale des produits réalisée par un organisme spécialisé comme FPInnovations et Athena et mise en ligne par le manufacturier. De plus, le transport est évalué en fonction du poids des produits et de leur volume. Le diesel est le seul carburant utilisé et la distance est de 700 km. On obtient alors la quantité de CO<sub>2</sub> éq. réellement séquestré de l'usine jusqu'au client et la quantité de CO<sub>2</sub> éq. par mètre cube de produit.

## **6- RÉSULTATS**

Selon les données que le Service de l'environnement de la ville nous a transmises, nous pouvons établir deux résultats :

- Le carbone séquestré dans le Polydôme est de 320 tonnes CO<sub>2</sub> éq.;
- Le bilan est de 263 tonnes métriques de CO<sub>2</sub> éq.. Il soustrait du carbone séquestré celui émis lors de la fabrication (46 CO<sub>2</sub>) des poutres à Chibougamau et leur transport (11 CO<sub>2</sub>) jusqu'à Varennes soit 57 CO<sub>2</sub> éq..

### **Bilan final estimé incluant les GES évités**

Le Bilan traditionnel est insuffisant pour rendre justice à la décision de la ville de Varennes de construire en bois plutôt qu'en acier-béton, en d'autres mots de remplacer/substituer l'acier

et le béton par le bois. Par conséquent, il est essentiel de considérer les émissions de GES évitées par cette décision, d'où le *Bilan final estimé incluant les GES évités*.

### **Substitution**

La substitution de l'acier-béton par le bois n'est pas évaluée, car il aurait fallu avoir des données sur une éventuelle structure acier-béton qui aurait rempli la même fonction. Il n'existe pas actuellement un facteur de substitution consensuel dans la science. Plusieurs études tentent de trouver un tel facteur, mais chaque étude a sa méthodologie ce qui rend les comparaisons pratiquement impossibles. Toutefois, il existe un cas mesuré, soit le pont de Mistissini<sup>2</sup>, où il y a eu deux évaluations du carbone séquestré et émis pour ce même projet qui étonnamment ressemble beaucoup au *Polydôme* de la ville de Varennes. Le facteur de substitution est de 1.95 tonne de CO<sub>2</sub> évitée pour chaque tonne CO<sub>2</sub> séquestré.



En appliquant ce facteur, on obtient pour le Polydôme 624 tonnes de CO<sub>2</sub> éq. évitées (320 x 1.95) qui pourraient s'ajouter au bilan final. Nous ne retenons pas ce résultat dans le Bilan dû à la trop grande incertitude du facteur de substitution. Étant donné le puissant effet de substitution, VRIC se doit de le mentionner. Mais à cause de son incertitude, nous laissons à la ville de Varennes le choix de le présenter ou non.

## **7- IMPACTS DE LA DECISION DE LA VILLE POUR LE DEVELOPPEMENT DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE**

Cette partie de notre rapport n'est pas prévue au mandat. Cependant, l'importance de l'impact positif de la décision de construire en bois l'édifice mérite d'être soulignée. Cette décision de la Ville de Varennes solidifie l'organisation de *l'économie circulaire dans le cycle du carbone* dans le cycle du carbone en intégrant une ville très urbanisée avec une région forestière s'il y avait des suites.

### **Démonstration**

<sup>2</sup> Mistissini est une terre réservée crie située en Eeyou Istchee, dans la région administrative du Nord-du-Québec, au Québec. Elle comprend un milieu urbanisé et y vivent les membres de la Nation crie de Mistissini. Source. Wikipédia.

Dans un premier temps, il a fallu couper environ 8400 arbres matures **dont la capacité de séquestration était devenue nulle** ou presque pour laisser place à une régénération capable de séquestrer à nouveau pour 70 ans séquestrer 10 tonnes de CO<sub>2</sub> éq. annuellement. Comme 3500 arbres ont été destinés au *Polydôme* soit 41%, le reste 4900 arbres soit 59 % servent à fabriquer du bois d'œuvre servant à construire des maisons qui vont séquestrer du carbone pendant des dizaines voire des centaines années.

Les résidus de cette scierie serviront à faire des armoires de cuisine, des comptoirs et des moulures (MDF) qui séquestreront du carbone pour 20 à 40 ans, des copeaux qui feront du papier ou des tissus, de l'énergie pour sécher le bois déplaçant ainsi une consommation de gaz naturel émetteur de gaz à effet de serre.

Une partie de ces arbres sera aussi affectée pour faire des granules de bois qui seront vendues en Angleterre à une centrale thermique Drax déplaçant ainsi une consommation de charbon ayant un facteur de 8 pour 1 par mégawattheure électrique (MWh) de kg de CO<sub>2</sub> équivalent malgré la distance de 7000km. (voir Dashboard Futuremetrics : My Dashboard (futuremetrics.info)).

À *Chapais* près de *Chibougamau*, il existe une usine thermique utilisant les branches et les houppiers (haut de l'arbre : bois non marchand) pour produire de la chaleur à une serre de tomates *Savoura* et enfin les feuilles sont traitées par un alambic mobile pour produire des huiles essentielles par une petite compagnie de 10 employés.

L'importance de la décision de la Ville de Varennes est triple, car elle a permis

- la coupe de bois mature qui, autrement, serait resté sur place l'exposant éventuellement soit au feu, aux insectes ou au vent (chablis) laissant ainsi tout ce carbone retourner à la décomposition émettrice de CO<sub>2</sub> ;
- l'augmentation de produits à valeur ajoutée issue des arbres;
- le renforcement de la chaîne de l'économie circulaire dans le cycle du carbone d'une ville urbanisée à une région forestière.

## 8- RÉSUMÉ

- Le Polydôme séquestre : **320 tonnes CO<sub>2</sub> éq.**
- Le Bilan carbone du Polydôme : **263 tonnes de CO<sub>2</sub> éq.**
- L'estimation des GES évités par l'utilisation du bois dans le Polydôme au lieu de l'acier et du BÉTON : **624 TONNES DE CO<sub>2</sub> ÉQ.**

## 9- SUGGESTIONS

Étant donné l'efficacité dans la bataille contre le réchauffement du climat que représente *l'économie circulaire dans le cycle du carbone* par l'utilisation du bois dans la construction des édifices, il est suggéré que :

- 1) lors d'une soumission d'un futur projet de construction, la ville demande aux soumissionnaires :

- d'évaluer les avantages et les inconvénients d'utiliser le bois plutôt que des matériaux comme l'acier et le béton;
  - d'identifier les effets d'un tel projet dans la chaîne de l'économie circulaire dans le cycle du carbone;
- 2) l'administration de la municipalité développe une culture de la mesure des GES produits, évités, importés et séquestrés en élaborant des outils d'aide à la décision;
  - 3) la ville se dote d'une politique de l'économie circulaire dans le cycle du carbone pour intégrer la contribution de tous ses projets à la bataille contre le réchauffement du climat.