Document de support à la présentation :

**Empreinte carbone et coût total de propriété de passerelles   
en aluminium au Québec**

Contenu développé par :

Alban Pilard, M. Ing.

Groupe AGECO

# Introduction

Ce document sert de complément d’information à la présentation : « Empreinte carbone et coût total de propriété de passerelles en aluminium au Québec » d’Alu-Compétences. Les informations vous seront fournies pour chaque diapositive de la présentation, incluant un rappel de référence au besoin.

Le moulage est la méthode de production par excellence de pièces complexes de série. Il permet d’alléger des pièces par enlèvement direct de matière et d’ajouter des détails fonctionnels éliminant l’assemblage de pièces séparées. L’aluminium, par son point de fusion inférieur à l’acier, se prête bien au moulage en moule métallique réutilisable qui, grâce au refroidissement rapide, permet une structure métallurgique fine avec des propriétés mécaniques supérieures aptes aux utilisations structurelles dans les véhicules.

Ce module de formation est fourni dans le cadre du projet Alu-Compétences d’AluQuébec, la grappe industrielle de l’aluminium du Québec, et ses partenaires. Le projet Alu-Compétences vise à produire et à diffuser des contenus techniques et scientifiques pour l’enseignement de l’aluminium aux niveaux collégial et universitaire, notamment pour les programmes de design industriel, d’architecture et de métallurgie ainsi que pour les facultés de génie civil, mécanique et aérospatial. Alu-Compétences souhaite enrichir la formation des futurs professionnels sur les notions entourant l’aluminium. Il vise également à encourager les institutions d’enseignement à utiliser leur capacité d’adaptation des programmes de formation pour mieux répondre aux besoins des entreprises de l’industrie de l’aluminium en assurant un bassin de main-d’œuvre qualifiée.

Ce module de formation et la présentation qui lui est associée ont été préparés pour Alu Compétences par le Centre de Métallurgie du Québec. Depuis 1986, l’équipe du CMQ supporte par ses travaux les initiatives de R&D des entreprises québécoises et anime le secteur de la métallurgie par des formations sur mesure ou la tenue d’évènements avec divers partenaires.

Les partenaires du projet Alu-Compétences vous souhaitent bonne lecture.

# Mise en contexte

De nombreuses passerelles piétonnes et cyclables construites au Québec et à l’international ont été réalisées en aluminium. À cet effet, le Centre d’expertise et d’innovation sur l’aluminium d’AluQuébec (CeiAl) a mandaté le Groupe AGÉCO, une firme reconnue, spécialisée en analyse du cycle de vie (ACV) et responsabilité d’entreprise, afin d’évaluer ces bénéfices économiques et environnementaux potentiels de ce type d’infrastructure.

Pour ce faire, l’équipe de projet a sélectionné une approche basée sur le cycle de vie, qui couvre toute la chaîne de valeur allant de l’extraction des matières premières jusqu’à la gestion de la structure en fin de vie. Cette approche fournit une perspective globale afin d’évaluer les performances en matière de coûts d’un ouvrage et des émissions de gaz à effet de serre (GES) en lien avec l’utilisation de ce matériau. Plus précisément, les méthodes du coût total de possession (CTP) et de l'empreinte carbone (EC) ont été sélectionnées puisqu’elles fournissent un cadre approprié pour parvenir à comprendre les coûts et les émissions de GES sur l’ensemble de la durée de vie des structures et ouvrages d’art. Ces méthodes ont été appliquées à cinq passerelles multifonctionnelles (piétonnières et/ou cyclables et/ou carrossables).

Plus particulièrement, les objectifs de cette étude sont de :

* **Développer un modèle d’évaluation des CTP** afin de mesurer, sur l’ensemble du cycle de vie, la performance économique de la construction de passerelles multifonctionnelles en aluminium.
* **Quantifier l’empreinte carbone** de ces passerelles en aluminium.
* **Comparer les performances économique et environnementale** des passerelles en aluminium sélectionnées à celles de leur équivalent en acier.

# Utilisation

Ce document sert uniquement à:

* Faciliter l’apprentissage du contenu et appuyer la diffusion du webinaire dans le programme de formation
* Résumer les éléments clés liés à chaque notion apportée.

Les constats présentés ici restent applicables malgré la modification de certaines données dans l’étude complète qui sera publiée plus tard en 2022/2023.

# Diapositive 3

Présentation d’une étude sur des passerelles multifonctionnelles, c’est-à-dire à la fois cyclables et piétonnières.

Les données et informations présentées doivent être replacées dans un contexte précis d’étude. Plusieurs limites s’appliquent; n’hésitez pas à contacter AluQuébec pour en savoir plus.

# Diapositive 4

Il y a urgence à l’échelle planétaire de réduire les émissions de GES, dont les émissions n’ont cessé d’augmenter depuis la 1re révolution industrielle.

# Diapositive 5

Le GIEC (Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat) rapporte que tous les secteurs doivent éliminer leur dépendance aux combustibles fossiles afin de limiter le réchauffement climatique à 1,5 degrés.

# Diapositive 6

Le secteur de la construction a un important rôle à jouer, car il est responsable de 40 % des émissions planétaires. Et qu’en 40 ans, le parc immobilier mondial va doubler. Cela signifie de construire une ville de la taille de New York chaque 34 jours. Sans changements drastiques dans notre mode de fonctionnement, cette croissance consommera des quantités de ressources naturelles, augmentant considérablement l’impact climatique du secteur.

# Diapositive 7

Il importe donc de :

1) Réduire radicalement le carbone intrinsèque et opérationnel des bâtiments et infrastructures;

2) Accélérer la mise en œuvre des pratiques, vers une nouvelle vision de notre secteur de la construction;

3) Connecter les maillons de la chaîne de valeur : de la conception à l’opération;

4) Agir dans toutes les sphères du secteur telles que la production des matériaux, la conception (lien avec les architectes), les gestionnaires d’ouvrages.

# Diapositive 8

Que ce soit selon le CBDCa sur l’atteinte des cibles nationales ou le plan d’action de la ville de Vancouver, il est possible de constater qu’il y a un potentiel non négligeable de réduction des émissions GES dans les bâtiments.

# Diapositive 9

Prenons un exemple concret, tiré d’une étude de la fédération des chambres de commerce du Québec réalisé il y a quelques années par le Groupe AGÉCO.

Un bâtiment plus écologique coûte un peu plus cher (du design à la mise en service), mais devient jusqu’à 36 % moins couteux si on considère l’ensemble des coûts sur le cycle de vie. Pour l’empreinte carbone, c’est de l’ordre de 25 % de réduction sur l’empreinte carbone totale d’un bâtiment durable.

# Diapositive 10

On retrouve la notion de changement climatique dans plusieurs certifications. Les certifications abordent les GES, parfois de façon assez différente selon le type de bâtiments ou d’infrastructures étudiés ou la portée de la certification.

De manière générale, on prend en compte les émissions de GES dans une vision élargie, soit en tenant en compte plus d’une étape du cycle de vie du bâtiment ou de l’infrastructure (ex. : non seulement l’opération).

# Diapositive 11

Les constructeurs et les villes ont un rôle à jouer dans la réduction des GES et des coûts, et s’intéressant au cycle de vie complet des infrastructures, en utilisant la pensée cycle de vie.

La section suivante présente deux outils et méthodologie pour l’opérationnaliser.

# Diapositive 12

Évaluer les projets en une succession d’étapes en partant de l’extraction des matières premières jusqu’à la fin de vie de l’infrastructure. Cela amène à se poser une multitude de questions telles que : (1) quels sont les matériaux nécessaires pour fabriquer l’infrastructure ? (2) Quelles sont les distances parcourues par les matériaux ? (3) Quelle maintenance est requise pour les 75 prochaines années? (4) Qu’adviendra- t-il de la structure en fin de vie ?

# Diapositive 13

La pensée cycle de vie s’opérationnalise à travers, entre autres, deux outils.

Les outils d’ACV et de CTP sont basés sur des méthodologies reconnues et permettent d’évaluer rigoureusement deux infrastructures pour les comparer avec des indicateurs communs.

# Diapositive 14

Quelles sont les étapes d’une ACV?

1) On fait l’inventaire des matériaux et processus nécessaires à la fabrication d’une infrastructure (que l'on peut résumer comme étant des flux).

2) Pour chaque flux, on associe un impact, que l’on retrouve dans différentes méthodes d’évaluation des impacts environnementaux (ex. : IPCC ou TRACI) qui sont largement utilisées à travers l’Amérique du Nord. Ces méthodes permettent d’associer un flux à son impact sur l’environnement.

3) On peut ensuite compiler et agréger les impacts pour présenter les résultats dans des indicateurs pertinents (ex. : empreinte carbone).

# Diapositive 15

Les données proviennent de sources publiques et de bases de données internationales (ex. : ecoinvent). Différents logiciels sont disponibles pour modéliser le cycle de vie de l’infrastructure.

# Diapositive 16

L’évaluation des CTP fonctionne de manière similaire à l’ACV.

Exemple du CTP d’un véhicule tient compte de : coût d’achat, coût du gaz, coûts de permis, d’assurances, de plaques. Aussi les coûts liés à la revente, et les coûts indirects (ex. : agrandir une place de stationnement). En somme, quels sont les coûts influencés par l’achat, mais que non payé directement lors de l’achat réalisé ?

# Diapositive 17

Pour le présenter autrement, les coûts peuvent être le prix (achat), des coûts directs ou indirects, des coûts reliés à des risques (dégradation précoce, vandalisme, accident, aléas climatiques). Enfin, les coûts des externalités, qui sont assumés par la société, à travers les frais d’hôpitaux par exemple quand on pense à la pollution de l’air causé par un moteur à combustion en ville.

# Diapositive 18

Une troisième manière d’aborder les CTP, la vision de l’iceberg qui illustre la taille, parfois colossale, que peuvent représenter les coûts « cachés » au moment de l’achat.

# Diapositive 19

Une évaluation CTP, réalisée en parallèle d’une ACV, permet de définir un portrait plus complet de chaque étape du cycle de vie de l’infrastructure avant de la construire. Dès le début du projet, on réalise une projection pour anticiper les besoins, l’utilisation et les risques associés au projet.

# Diapositive 20

Tous les indicateurs environnementaux n’ont pas été évalués dans le cadre de cette étude. L’indicateur changement climatique, couplé à l’évaluation CTP ont été utilisé.

L’étude a pour but d’aiguiller les donneurs d’ordres (ex. : les municipalités) quant à l’installation ou au remplacement de certaines infrastructures.

# Diapositive 21

Avant de collecter des données, quels sont les éléments clés d’une telle étude. Par exemple, quels sont les paramètres « sensibles » et comment influencent-ils les résultats ?

L’étude porte sur 5 « duos » de passerelles installées ou en voie d’être installées au Québec. Pour chaque passerelle, le duo est composé de la version aluminium et de la version acier qui sont comparées l’une à l’autre.

# Diapositive 22

L’étude compare 5 passerelles sur la base d’une unité de comparaison (unité fonctionnelle) commune.

# Diapositive 23

Rien n'est laissé au hasard dans ce type d’étude qui inclut une large majorité des éléments qui constituent l’infrastructure. L’ossature ici est composée d’un matériau principal, en aluminium ou en acier dans le cadre de cette étude. Certains éléments ont des impacts négligeables sur l’empreinte carbone et/ou le CTP, mais dans l’ensemble, il y a peu de choses exclues.

# Diapositive 24

Les données et résultats, pour les deux indicateurs étudiés, sont agrégés selon les 4 étapes du cycle de vie considérées dans l’étude.

# Diapositive 25

Pour chaque étape et sous-étape du cycle de vie, on associe des activités réalisées qui vont correspondre à ce qu’on appelle des processus. Pour l’utilisation et la fin de vie, certaines données demeurent des hypothèses. Par exemple, le coût des traitements de surface pour la maintenance dans 25 ans n’est pas nécessairement connu à l’heure actuelle. Une attention particulière est portée aux éléments qui sont distincts dans les deux systèmes étudiés (aluminium et acier).

# Diapositive 26

Des plans de conception, des chiffriers d’estimations, des entrevues avec des professionnels du secteur, et des bases de données ont été utilisés pour compiler l’ensemble des données nécessaires à l’étude.

# Diapositive 27

L’impact d’un matériau entrant dans la fabrication du système est lui aussi issu d’un cycle de vie. Ex. : l’extrusion d’aluminium utilisée dans l’ossature a nécessité l’extrusion d’une billette d’aluminium, qui est le produit d’une électrolyse de l’alumine, elle-même raffinée de la bauxite. Pour chaque élément, il faut donc remonter à l’extraction de la matière première.

# Diapositive 28

L’approvisionnement en aluminium est un élément clé de l’étude pour la réalisation de l’empreinte carbone, car le lieu de production joue un grand rôle. Particulièrement la source d’énergie pour la production de l’électricité utilisée par l’aluminerie lors de l’électrolyse de l’aluminium primaire et le contenu recyclé dans l’extrusion finale. Le détail de l’approvisionnement est présenté dans cette diapositive.

# Diapositive 29

Le détail de l’approvisionnement en acier est basé sur les statistiques canadiennes. Il y a une différence au niveau du contenu en acier recyclé dans les profilés HSS (Hollow Structural Steel ou section « tubulaire ») par rapport aux autres profilés (sections « planes » en C, U, I, …). Le contenu en matière recyclée a une influence sur l’empreinte carbone de l’acier et donc de l’infrastructure.

# Diapositive 30

En ce qui a trait à l’assemblage, ce sont les coûts de main-d’œuvre qui sont importants à prendre en compte.

# Diapositive 31

Le transport de passerelle peut être réalisée en un seul déplacement si la passerelle est préfabriquée et préassemblée.

# Diapositive 32

La mobilisation des personnes et des machines pendant le chantier (ex. : préparation du terrain, fondation, installation de la passerelle, travaux connexes et aux approches) est prise en compte à cette étape.

# Diapositive 33

Pendant les 75 ans d’utilisation considérés dans l’étude, certains éléments vont être entretenus et parfois remplacés. Leurs coûts et impacts sont pris en compte.

# Diapositive 34

Pour l’entretien et le traitement de surface de ce type d’infrastructure, les données sont difficiles à obtenir. En plus de l’avis d’expert, on s’est appuyé sur quelques informations disponibles de travaux de maintenance qui ont eu lieu récemment (notamment dans l’État de New York et la Ville de Longueuil).

# Diapositive 35

Pour toutes dépenses qui auront lieu dans le futur, les données ont été actualisées en dollars de 2021. Ce principe de l’actualisation est composé de 2 paramètres : (1) l’évolution de la dépense et donc la prévision du coût dans X années, et (2) le taux d’actualisation nominal qui permet de traduire la valeur du dollar de 2046 en termes de valeur en 2021 (coût d’opportunité du capital).

Cette donnée est très sensible et choisir un taux d’actualisation est complexe. L’étude complète inclut différents scénarios et résultats avec un taux variant de -2% à +8%. Il est possible de résumer ainsi : plus une dépense a lieu tard, moins sa valeur en dollar d’aujourd’hui est élevée.

# Diapositive 36

Les impacts de la gestion en fin de vie sont négligeables tant pour l’empreinte carbone que pour les CTP. Mais ils sont tout de même évalués.

# Diapositive 37

Le choix de certains paramètres permet d’évaluer un impact et un CTP moyen représentatif de la réalité et d’anticiper différents scénarios au meilleur des données et connaissances disponibles. Ces paramètres ont des impacts importants sur les résultats de l’étude. Ils sont donc documentés dans l’étude complète.

# Diapositive 38

5 « duos » (aluminium et acier) de passerelles ont été étudiés. À noter que pour un « duo » de passerelles, les données de coûts n’étaient pas disponibles et n’ont donc pas été incluses dans l’étude.

En ce qui a trait aux CTP, les résultats sont favorables à l’aluminium (dans les 4 scénarios de base modélisés).

# Diapositive 39

Les conclusions détaillées seront disponibles dans l’étude complète. Les données utilisées dans l’étude sont liées à des conceptions spécifiques. Certaines données pourraient donc varier. Il est important de mentionner qu’il n’est pas pertinent de comparer un duo avec un autre. Il faut plutôt comparer les deux matériaux pour le même « duo ».

# Diapositive 40

Pour un donneur d’ordre, il faut être conscient que certains coûts inclus dans le calcul CTP sont indépendants du choix du matériau de l’ossature). Ces coûts sont quasi-identiques dans les options en aluminium et en acier. Plus de 50 % des coûts qui sont directement influencés par le choix de matériaux de l’ossature.

# Diapositive 41

Pour l’empreinte carbone, les différences entre les modèles acier et aluminium sont moins significatives que pour les CTP. Une ossature en aluminium va être deux fois plus légère que son équivalent en acier. Cependant, l’empreinte carbone, par kg de métal, est favorable à l’acier.

Cela est dans une moindre mesure pour l’acier en HSS. En bref, plus la passerelle contient de sections HSS, plus l’ossature en aluminium est pertinente sur le plan de l’empreinte carbone.

# Diapositive 43

Un fichier Excel est en cours de développement pour permettre, dès la phase de design préliminaire, d’estimer les CTP et l’empreinte carbone de passerelles. À venir dans les prochains mois.

# Diapositive 44

Les stratégies porteuses pour réduire CTP et empreinte carbone sont listées.

# Diapositive 45

À chaque étape de la chaîne de valeur de la fabrication/installation/entretien/fin de vie d’une passerelle, chacun(e) peut jouer un rôle pour documenter les coûts réels et les besoins en matériaux et en maintenance. Des exigences dans ce sens pourraient également être demandées lors des phases d’appel d’offres.