



Montréal, Québec
May 29 to June 1, 2013 / 29 mai au 1 juin 2013

Titre : Modélisation de la prédiction du coût de la machinerie lourde pour les grands projets dans le Nord du Québec.

K. Roy, A. Francis et P. Gervais

Département génie de la construction, École de Technologie Supérieure, Montréal, Québec, Canada

Résumé : Les coûts d'opération de la machinerie lourde utilisée dans les grands projets réalisés dans le Grand Nord québécois, sont dépendants des conditions particulières de cette région, à savoir : l'éloignement des grands centres urbains qui implique une utilisation réduite des équipements et de la main-d'œuvre, les longues périodes hivernales, les conditions météorologiques changeantes et de plus en plus sévères, etc. Ces conditions font en sorte que le choix des équipements et leurs utilisations sont un enjeu crucial. À ceci, nous devons ajouter les problématiques reliées à leurs logistiques, l'approvisionnement des accessoires et des pièces de rechange, la gestion des stocks et l'entretien. La gestion de ces équipements est aussi affectée par les conventions avec les compagnies locales et autochtones. La modélisation des coûts de la machinerie lourde pour les grands projets dans le Nord du Québec, présentée dans cet article, est basée notamment sur la productivité, les bris en fonction de la saison, la nature du travail effectué, le coût d'achat et l'amortissement des équipements et des accessoires, les dépenses liées à l'opération et à l'entretien, etc.

1 Mise en contexte et exposition de la problématique

Une multitude de projets sont en phase d'étude avec le Plan Nord. Celui-ci prévoit des milliards de dollars d'investissement sur vingt-cinq ans. Dans les prochaines années, les investissements seront concentrés principalement aux infrastructures, ce qui permettra d'élargir le réseau de transport de marchandises. Une fois l'accès aux ressources possible, l'exploitation pourra débuter. Les secteurs d'activités touchés sont : les ressources énergétiques, minérales, forestières, fauniques, le potentiel touristique ainsi que le potentiel bio alimentaire. Tous ces projets se déroulent dans un territoire peu familier et nécessitent l'utilisation de machinerie lourde. Il sera donc primordial de contrôler ces facteurs qui influencent le coût de la machinerie lourde pour les grands projets dans le Nord du Québec.

Une analyse, réalisée par Robinson (2006) sur plusieurs projets Albertain industriels lourds, montre que lorsque le coût du projet augmente, la précision de l'estimation budgétaire diminue et cela serait causé, entre autre, par une estimation des coûts et une planification irréaliste et par une étendue des travaux supérieure à l'estimation initiale. Étant donné que le Plan Nord nous annonce une vague de projets d'importances et en sachant qu'ils seront isolés des grands centres urbains, il sera primordial d'estimer, précisément, les coûts de construction. Les travaux civils sont une part importante des projets de construction et l'objectif de cette étude est d'améliorer le degré de précision des techniques utilisées à l'heure actuelle.

Un nombre considérable de recherches et d'ouvrages abordent les frais liés aux équipements lourds et ceux-ci sont souvent pensés pour des conditions d'exécution normales. Il n'y a aucune étude spécifique reliée au Grand Nord québécois. Il existe par contre un document de référence québécois, de la *Direction générale des acquisitions du Centre de services partagés du Québec (2011)*, qui énumère des taux de location pour plusieurs types d'engins. Cet ouvrage permet d'avoir une valeur moyenne des taux de location. Par contre, il ne peut s'adapter à une situation précise, où les contraintes sont spécifiques à la région ou au projet, étant donné que la méthode de définition des coûts n'est pas expliquée en détails. Une publication américaine du, *US Army Corps of Engineers (2011)*, présente les particularités de chaque secteur du territoire américain et élabore une méthode de calcul du coût de fonctionnement et de possession d'équipements basée sur le *Caterpillar performance handbook (2010)*. La résultante est la détermination de deux taux horaires, un pour l'opération de l'équipement et l'autre pour l'attente. Ces taux considèrent l'intensité du travail, les conditions du terrain et plusieurs facteurs, qui changent en fonction de la région tel le taux de taxation, les coûts d'énergie, les salaires et le nombre d'heures travaillées annuellement. Ce sont deux excellents ouvrages, mais ils ne représentent pas précisément la réalité du Nunavik. Celle-ci est différente et se distingue principalement par la logistique nécessaire au transport de marchandises et par les effets des conditions météorologiques sur l'utilisation d'engins lourds.

Cet article présente la démarche méthodologique proposée, par les auteurs, dans le cadre d'un projet de recherche en cours sur la modélisation de la prédiction du coût de la machinerie lourde pour les grands projets dans le Nord du Québec. L'objectif est d'identifier les facteurs qui influencent la détermination du coût de la machinerie en régions nordiques. Le but est de trouver une manière de quantifier et d'établir une estimation réaliste. Pour ce faire, les conditions particulières du Grand Nord, la gestion financière des équipements et l'opération de la machinerie lourde sont analysées. L'étude se limite aux contraintes majeures et ne tient pas compte des coûts particuliers aux entreprises, à la conjoncture économique et des particularités relatives aux contrats. Le projet de recherche prévoit la validation des résultats par les entrepreneurs dans ce domaine.

2 Conditions particulières de la région du Grand Nord québécois

2.1 Conditions météorologiques

Environnement Canada cumule une multitude de données climatiques, pour la plupart des villes canadiennes. On y retrouve de l'information sur la température, les précipitations, les vents, les degrés-jours, l'humidité, le refroidissement éolien, la pression atmosphérique, le rayonnement, la visibilité et la nébulosité. Ces facteurs affectent les machineries, chacun d'eux avec un impact différent et l'étude traitera deux de ces variables, soit la température et la visibilité.

La température a un impact sur le temps de préchauffage des fluides et des pièces mécaniques. Avant que le travail débute, le moteur, la transmission et le système hydraulique doivent atteindre une certaine température. C'est pourquoi l'opérateur doit procéder à un cycle de réchauffement de sa machine avant de l'opérer. Il doit premièrement démarrer le moteur. Une fois celui-ci en marche, il peut faire les exercices de réchauffement. Il doit augmenter la température du système hydraulique, en remuant les articulations de sa machine. Une fois le système hydraulique réchauffé, l'opérateur doit engager la première vitesse, puis la marche arrière et répéter ce cycle à quelques reprises afin de réactiver la transmission. La durée de ce cycle dépend aussi de la configuration motrice de l'équipement. Par exemple, une pelle mécanique se déplace à l'aide de son système hydraulique, tandis qu'un camion verseur possède une transmission, un moteur et un système hydraulique. Le temps de dégel varie surtout en fonction de la température extérieure et des équipements de préchauffage installés.

Il existe quelques moyens pour amoindrir cette perte de temps. Il est possible de bloquer l'entrée d'air du radiateur, cela contribue à accélérer l'élévation de la température de fonctionnement du moteur en

réduisant l'impact éolien. Il existe aussi de l'huile pour les conditions arctiques et son utilisation peut être optimisée en isolant les réservoirs et en ajoutant des appareils de chauffage électrique sous l'isolation.

Prenons par exemple la ville de Kuujjuaq, qui est située au 58e parallèle. Cette ville se trouve entre les barrages hydro-électriques de la rivière La Grande au 54e et Baie-Déception au 62e. Le tableau ci-dessous montre la moyenne de température minimale mensuelle. Celle-ci donne une bonne approximation des conditions extérieures, au début de la journée de travail. Il est important de noter que la température ressentie ne s'applique pas aux matériaux. En effet, c'est la température perçue par le corps humain en présence de vent. Le seul impact lié au vent est qu'il dissipe plus rapidement la chaleur.

Tableau I. Moyenne des températures minimales quotidiennes à Kuujjuaq

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aou	Sep	Oct.	Nov	Déc	AN
Moyenne des minimums quotidiens (°C)	-29	-28	-24	-14	-4	2	6	6	2	-4	-12	-24	-10

Il devient donc nécessaire de préchauffer l'équipement à partir d'une certaine température. De celle-ci, il faut soustraire la température moyenne mensuelle des mois travaillés et la multiplier par une combinaison de facteurs associés aux composantes à réchauffer. Ces facteurs correspondent au temps nécessaire pour augmenter la température d'une composante de 1°C. Lorsque la machine ne possède pas une certaine composante, le facteur associé à celle-ci doit être nul. La relation pourrait donc être illustrée comme suit :

$$\text{Eq [1] } PC = (FM + FH + FT) \times (TT - T) \times FP$$

Où :

PC : Temps de préchauffage journalier moyen (h)

FH : Facteur hydraulique (h/°C)

FM : Facteur moteur (h/°C)

FT : Facteur transmission (h/°C)

T : Température mensuelle moyenne lors de l'exécution des travaux (°C)

TT : Température transitoire à laquelle le préchauffage devient nécessaire (°C)

FP : Facteur concernant l'installation préchauffage (%)

Le temps de préchauffage a un effet direct sur la production journalière et sur le coût associé à une tâche. Ainsi, si nous prenons un travail qui est estimé à 100 heures, à raison de 10 heures travaillées par jour, et une perte moyenne d'une heure pour le préchauffage, celui-ci s'échelonne réellement sur 111 heures.

La visibilité est la deuxième condition météorologique qui influence l'opération des équipements. Compte tenu de l'emplacement des travaux, les blizzards, la poudrière ou le brouillard peuvent y être propices. Ces conditions peuvent empêcher totalement tout travail étant donné les risques sur la santé et sécurité des travailleurs.

Il est difficile de quantifier l'impact réel puisque Environnement Canada ne tient aucunes données précises à ce sujet. L'information disponible donne un simple aperçu du nombre d'heures moyen, par mois, où la visibilité est inférieure à un kilomètre. Il serait intéressant de récolter des données mensuelles quant au nombre moyen d'heures où la clarté nuit réellement aux opérations.

Dans ce modèle, le nombre d'heures par mois où la visibilité est de moins d'un kilomètre sera considéré. Un facteur statistique doit s'y greffer, puisqu'une faible visibilité n'empêche pas nécessairement le travail, car elle peut se produire durant la nuit ou par des intervalles courts. Voilà un tableau qui présente la situation à Kuujuaq.

Tableau II. Nombre d'heures où la visibilité est <1 km à Kuujuaq

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aou	Sep	Oct.	Nov	Déc	AN
Visibilité <1 km (h)	19	15	14	8	6	5	5	6	5	5	6	15	108

La fonction ci-dessous calcul une moyenne d'heures mensuelles où la visibilité est faible et la multiplie par un facteur statistique.

$$\text{Eq [2]} \quad VN = \frac{\sum (M1+M2+Mn...)}{\text{DUR}} \times \text{FV}$$

Où :

VN : Période journalière moyenne où la visibilité est nulle (h/j)

M1, M2, Mn : Nombre d'heures mensuelles des mois travaillés où la visibilité est <1 km (h).

DUR : Durée des travaux (j)

FV : Facteur statistique où la visibilité <1 km empêche l'opération (%)

La faible visibilité a le même effet que le temps consacré au préchauffage, elle correspond à une perte de temps journalière. En fonction des mois et de l'endroit où se déroulent les travaux, cela peut se traduire à une incapacité de travailler l'équivalent de quelques jours par mois.

Le coût associé aux conditions météorologiques se traduit donc par une perte de temps journalière qui équivaut à un coût journalier fixe.

$$\text{Eq [3]} \quad \text{MET/j} = (\text{VN} + \text{PC}) \times (\text{Cfon} - \text{Cpneu})$$

Où :

MET/j : Le temps journalier moyen perdu en raison de la météorologie (h/j)

PC : Temps de préchauffage journalier moyen (h)

VN : Période journalière moyenne où la visibilité est nulle (h/j)

Cpneu : Coût horaire des pneus (\$/h)

Cfon : Coût de fonctionnement (\$/h)

2.2 Distance des grands centres

Un deuxième élément, qui affecte les coûts de construction dans le Nord du Québec, est la distance des grands centres. Certains projets, comme ceux de la Baie-James, profiteront de plus de souplesse, tandis que ceux situés plus au Nord, devront se contenter du transport maritime et aérien jusqu'à la complétion

du réseau routier prévu, dans le Plan Nord. Même s'il est possible de transporter de la marchandise durant l'hiver, la livraison estivale est à prioriser.

En ce qui concerne le transport par camion, la Figure 1 montre la partie nord du Québec qui est couverte par des routes. Il y a aussi une route se rendant à Natashquan qui a été omise. Le transport est possible tout au long de l'année, de ce fait la mobilisation par route est la plus avantageuse, puisque la durée de transport est très courte. Par contre, il ne faut pas négliger les conditions routières hivernales qui peuvent compliquer le transport.

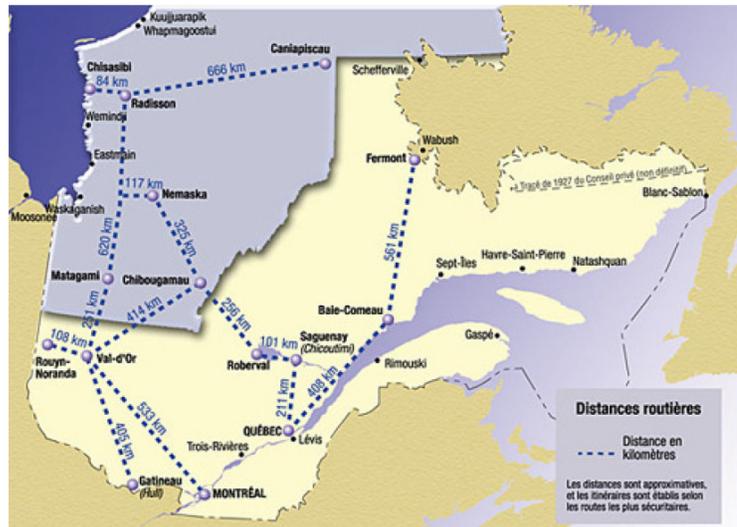


Figure 1. Réseau routier québécois
(Tiré de: Transport Québec

2013)

Pour ce qui est du réseau de chemins de fer, celui-ci offre la possibilité de transporter des équipements lourds. Par contre, le délai de transport est plus long et le réseau est moins vaste, comparativement au réseau routier. Il s'est développé jusqu'aux municipalités minières du Québec, telles que Mont Wright, Schefferville et Val-d'Or. Il y a aussi un lien vers la ville de Moosonee qui a un port donnant accès à la Baie-d'Hudson.

Pour ce qui est du transport maritime, il est divisé en 2 sections. Le secteur du Nunavik et celui de la Baie-d'Hudson. Il y a deux transporteurs publics pour le Nunavik, soit *Nunavut Eastern Arctic Shipping* et le *Groupe Desgagnés*. Il faut considérer le coût de transport aller-retour et celui-ci se chiffre approximativement à 360 \$ la tonne métrique pour l'aller et 235 \$ la tonne métrique pour le retour. Il y a aussi possibilité d'expédier à partir du port de Moosonee, au nord de l'Ontario. Cette voie maritime est desservie par quelques compagnies telle que : Moosonee Transportation Limited.

Le Nunavik est contraint par la période de transport qui se situe normalement entre juin et octobre. Il est possible de s'y rendre un peu plus tard dans l'année, mais ce doit être par bateau, adapté aux glaces. Il y a aussi des régions où il peut y avoir des conventions avec les premières nations qui ne permettent pas la navigation durant une certaine période de l'année en raison de la chasse. Finalement, le transport maritime est très important et la mobilisation d'équipements doit être planifiée, puisque de multiples contraintes sont à prévoir.

L'équation Eq [4] se rapporte au transport routier ou par train et donne un coût fixe, pour chaque livraison. L'équation Eq [5] est liée au transport maritime et l'unité de poids et de volume est la tonne métrique. Celle-ci compare le volume en m³ et le poids en tonne puis utilise la plus élevée. Ces deux fonctions tiennent compte des frais de livraison ainsi que du coût d'intérêt qui sera expliqué dans la prochaine section. Notons que le coût de démobilisation est souvent plus faible que celui de mobilisation.

$$\text{Eq [4]} \quad CM = (CA + CR) + ((DM + DD) \times C_{int})$$

$$\text{Eq [5]} \quad CM = (TM \times (CA + CR)) + ((DM + DD) \times C_{int})$$

Où :

CM : Coût de mobilisation/démobilisation (\$)

CA : Coût unitaire de mobilisation (\$/tonne métrique) ou (\$/livraison)

CR : Coût unitaire de démobilisation (\$/tonne métrique) ou (\$/livraison)

TM : Tonne métrique

DM : Durée de mobilisation (mois)

DD : Durée de la démobilisation (mois)

Cint : Coût d'intérêt mensuel (\$/m)

Il est important de considérer qu'il peut s'écouler plusieurs mois entre la fin du mandat et le prochain bateau. Enfin, le coût de transport est ponctuel et selon la méthode développée, n'est pas réparti sur le taux horaire de l'équipement ni sur les frais mensuels.

2.3 Choix des équipements.

Le coût de mobilisation et de démobilisation est important et influencera, grandement, la stratégie de gestion d'équipements. Celle-ci devrait avoir un horizon à moyen terme, afin de minimiser le va-et-vient. Dans le but standardiser les procédures de maintenance, la machinerie lourde pourrait être du même constructeur. Du même coup, cela optimiserait la gestion des stocks et éviterait le maintien d'une trop grande quantité de pièces de rechange. L'inventaire de pièces peut signifier un investissement significatif qui aura certainement un impact sur les frais de fonctionnement. La prochaine phase de la recherche se concentrera d'avantage sur les impacts reliés aux choix des équipements.

3 Gestion financière des équipements

Il est impératif de connaître les conditions dans lesquelles l'équipement opérera ainsi que le nombre d'heures travaillées annuellement. Les effets du froid extrême combiné aux différents types de terrains devront être simulés, afin de connaître les impacts sur la durée de vie de l'équipement. Cette dernière est la base du calcul financier. Avec ces informations, une estimation réaliste pourra être développée et permettra de bien répartir les frais.

La gestion financière comprend deux éléments majeurs, à savoir: la dépréciation et le coût de l'emprunt. Bien entendu, il y a d'autres frais tels : l'entreposage, les assurances, les plaques, les permis, les frais d'administration, etc. Ceux-ci seront évalués lors de la prochaine phase de la recherche.

3.1 La dépréciation

La dépréciation est la dévaluation d'un investissement selon son utilisation. Il y a certainement une moins-value en fonction du vieillissement de l'équipement, mais c'est majoritairement le nombre d'heure d'utilisation qui influence la dépréciation. Celle-ci est répartie sur une base horaire. La fonction Eq [6] adapté de, (Robert L. Peurifoy, 2011, page 44), divise la valeur réelle de l'équipement par sa durée de vie utile et distribue le coût sur une base horaire. Il est important de noter qu'il y a d'autres méthodes d'amortissement de type comptable. Cependant, l'utilisation des heures normalement travaillées est privilégiée, puisque cette approche reflète d'avantage la réalité.

$$\text{Eq [6]} \quad \text{DEP} = \frac{\text{VAEQ-VR-VP}}{\text{VIE}}$$

Où

DEP : Dépréciation horaire (\$/h)
 VAEQ : Valeur à l'achat de l'équipement (\$)
 VR : Valeur résiduelle (\$)
 VP : Valeur des pneus (\$)
 VIE : Durée de vie utile en conditions arctiques(h)

3.2 L'emprunt

L'emprunt est considéré comme une dépense fixe mensuelle qui doit être acquittée, peu importe l'opération de l'engin. Il est important de noter que la formule ci-dessous ne tient pas compte d'un cas où le propriétaire a acquitté une partie ou la totalité du prêt. Si c'est le cas, le propriétaire peut choisir entre baisser son taux de possession, pour être plus compétitif, ou il peut simplement le voir comme un placement.

$$\text{Eq [7] } C_{\text{int}} = \left(\frac{\left(\text{VAEQ} \times (1+i)^{\frac{\text{VIE}}{\text{UA}}} \right) - \text{VAEQ}}{12 \times \frac{\text{VIE}}{\text{UA}}} \right)$$

C_{int} : Coût d'intérêt mensuel (\$/m)
 VAEQ : Valeur à l'achat de l'équipement (\$)
 UA : Utilisation moyenne annuelle (h)
 I : Taux d'intérêt (%)
 VIE : Durée de vie utile en conditions arctiques(h)

4 Opération de la machinerie

Les frais de fonctionnement comprennent quatre éléments soit : le carburant, la maintenance, les pneus et l'opérateur. La somme de ceux-ci correspond au coût horaire de fonctionnement de l'équipement, lorsqu'il est en service.

Pour le carburant, il est parfois fourni par le client. Si ce n'est pas le cas, il faut trouver son coût qui est normalement plus cher que dans les grands centres. Au moment où cet article est en rédaction, l'essence est 35 % plus cher au Nunavik et 3 % plus cher sur la Côte-Nord, comparativement à Montréal. Le coût unitaire du carburant doit être associé à un facteur qui tient compte des fluctuations et de l'inflation du coût d'énergie. Il faut également connaître la consommation, horaire moyenne, de l'équipement. Cette information se retrouve normalement dans les données du fabricant. La fonction ci-dessous correspond au coût horaire du carburant.

$$\text{Eq [8] } C_{\text{Diesel}} = C_{\text{DH}} \times C_{\text{D}} \times \text{FF}$$

Où :
 C_{Diesel} : Coût horaire de carburant (\$/h)
 C_{DH} : Consommation horaire de carburant (l/h)
 C_D : Coût du carburant (\$/l)
 FF : Facteur de fluctuation

L'entretien se divise en deux parties, soit la maintenance planifiée et la maintenance corrective. Les coûts de réparation sont bas au début de la vie de l'équipement, puis augmente avec les années. Le coût d'entretien est une variable complexe. Il y a plusieurs constructeurs, et chacun d'eux offre grande variété de machineries, qui ont leur propre entretien. La méthode préconisée ici sera de déterminer le coût de maintenance sur la durée de vie de l'équipement selon l'historique des réparations, une analyse de risques et une modélisation. Ce coût sera ensuite réparti sur la durée de vie de l'équipement en conditions arctiques et sera considéré comme un frais horaire.

$$\text{Eq [9]} \quad \text{Ent} = \text{Epre} + \text{Ecor}$$

Où :

Ent : Coût total d'entretien horaire (\$/h)

Epre : Coût horaire d'entretien préventif (\$/h)

Ecor : Coût horaire d'entretien correctif (\$/h)

L'équation Eq [10] adapté de (U.S. Army Corps of Engineers, 2011, page 2-11) décrit le calcul du taux horaire d'usure des pneus. La formule ci-dessous tient compte de la valeur des pneus et la divise par leur durée de vie en conditions arctiques. Elle multiplie ce taux par un facteur calculé selon la résistance qu'offre le terrain, le poids du chargement, la vitesse moyenne, etc.

$$\text{Eq [10]} \quad \text{CPneu/h} = \frac{\text{VAP} \times \text{FUP}}{\text{Pvie}}$$

Où :

Cpneu : Coût horaire des pneus (\$/h)

VAP : Valeur des pneus à l'achat (\$)

FUP : Facteur usure selon le type de terrain (%)

Pvie : Durée de vie utile des pneus en conditions arctiques(h)

Il faut tenir compte du coût de l'opérateur qui est assez complexe. La Commission de la Construction du Québec publie la convention collective avec les travailleurs de la construction du secteur génie civil et voirie du Québec. Celle-ci explique toutes les primes pour chaque corps de métiers ainsi que les salaires en vigueur pour les travaux de la Baie-James et au nord du 55e parallèle. La formule Eq [11], adapté de (APCHQ, 2012), présente les frais à inclure dans la contribution de l'employeur. Chaque coût se calcul avec un pourcentage du salaire hebdomadaire de l'employé ou selon une dépense fixe par heure travaillée.

$$\text{Eq [11]} \quad \begin{aligned} \text{Cop} = & \text{ Salaire brut} + \text{Indemnité de vacances} + \text{Indemnité équipement sécurité} + \\ & \text{RRQ} + \text{AE} + \text{RQAP} + \text{FSS} + \text{CCQ} + \text{Avantages sociaux} + \text{Taxes sur assurances} + \text{AECQ} + \text{CSST} \\ & + \text{Fonds indemnisation} + \text{Fonds de formation} + \text{Fonds de qualification} + \text{Contribution Sectorielle} \\ & + \text{Primes} \end{aligned}$$

Où :

Cop : Coût horaire de l'opérateur

Le taux horaire final pour l'opération de la machinerie est la somme des coûts liés au carburant, à l'entretien, aux pneus et à l'opérateur. Il peut se traduire comme suit :

$$\text{Eq [12]} \quad C_{\text{Fon}} = C_{\text{diesel}} + \text{Ent} + C_{\text{pneu}} + C_{\text{op}}$$

Où :

C_{fon} : Coût de fonctionnement (\$/h)

C_{diesel} : Coût horaire de diesel (\$/h)

Ent : Coût total d'entretien horaire (\$/h)

C_{pneu} : Coût horaire des pneus (\$/h)

C_{op} : Coût horaire de l'opérateur (\$/h)

5 Résultats limites et validation

Cet article présente la démarche méthodologique sur la modélisation de la prédiction du coût de la machinerie lourde, pour les grands projets, dans le Nord-du-Québec. L'article identifie et analyse les facteurs qui influencent la détermination du coût de la machinerie, dans le cadre des travaux, dans les régions nordiques. La figure 2, montre le résumé des différents facteurs qui influencent le coût d'utilisation de la machinerie.

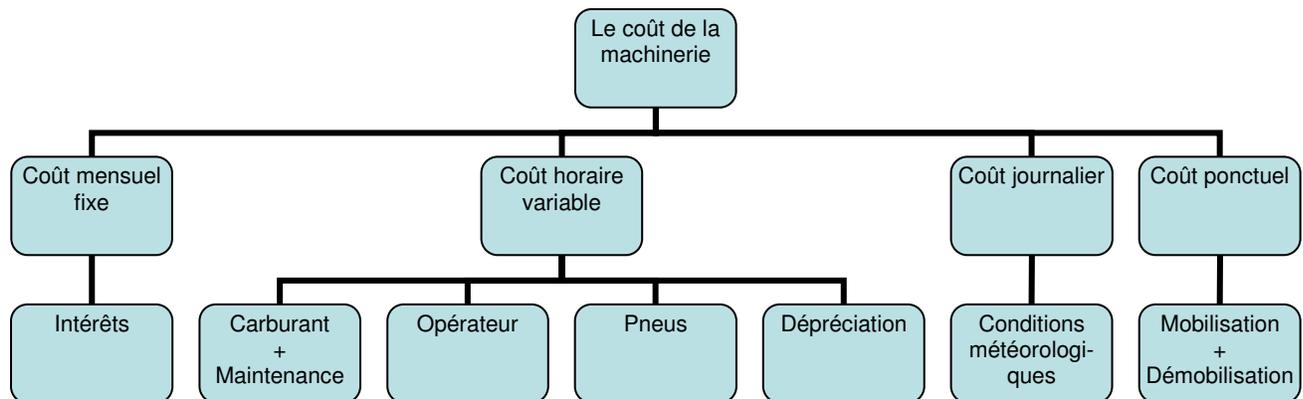


Figure 2. Les différents facteurs qui influencent le coût d'utilisation de machinerie

L'étude se limite aux contraintes majeures et ne tient pas compte des coûts particuliers aux entreprises, à la conjoncture économique ou relatifs aux contrats. Les formules décrites dans l'article seront utilisées pour identifier le coût spécifique de chaque type d'équipement. Lors d'une phase ultérieure, les résultats obtenus seront comparés avec les données historiques afin de démontrer l'adéquation du modèle proposé.

6 Conclusion

L'estimation des coûts d'opération des équipements mécaniques dans le Nord du Québec est affectée, en plus des facteurs normalement considérés, par une multitude de facteurs particuliers à cette zone. Notamment, les effets du froid et de la visibilité sur la productivité journalière, l'éloignement, la complexité

reliée à la mobilisation et aux frais d'opération et de maintenance, et les aspects financiers dus aux taux de production, de bris particuliers et à une gestion de stock peu flexible. Ces éléments constituent la base du projet de recherche, qui vise à raffiner la prédiction du coût de la machinerie lourde pour les grands projets dans le Nord du Québec. Les résultats obtenus seront comparés avec les données historiques afin de démontrer l'adéquation du modèle proposé. Ces résultats permettront d'établir des relations entre les données et d'identifier les constantes d'une manière plus précises, tout en réduisant les risques financiers pour les entreprises désirant opérer dans cette région.

7 Référence

A. Robinson, F et al.. 2006. Relating key factors to the performance of industrial construction mega projects. *1st International Construction Specialty Conference*, CSCE, Calgary, Alberta, Canada, 1-9.

APCHQ.2012. «Exemple type d'une paie hebdomadaire du secteur résidentiel lourd». In *Préparation de la paie*. En ligne. <http://www.apchq.com/cotenord/fr/rerelations-du-travail-gestion-main-oeuvre-preparation-paie.html_exemple-type-d-une-paie-hebdomadaire-du-secteur-residentiel-lour_9.html>. Consulté le 29 novembre 2012.

Caterpillar. 2010. *Caterpillar performance handbook*. 40th ed., Caterpillar Inc, Peoria, Illinois, USA.

Caterpillar. 2007. *Cold weather recommendations for all caterpillar machines*. Caterpillar Inc.

Direction générale des acquisitions du Centre de services partagés du Québec. 2011. *Taux de location de machinerie lourde*, Gouvernement du Québec, Québec, QC, Canada.

Environnement Canada. 2012. «Normales climatiques au Canada 1971-2000 ». In *Résultats de station : Archives climatiques nationales du Canada*. En ligne. <http://climate.weatheroffice.gc.ca/climate_normals>. Consulté le 29 novembre 2012.

Gouvernement du Québec. 2011. *Faire le Nord ensemble. Le chantier d'une génération*.

L. Peurifoy, R. et al.. 2011. *Construction planning, equipment and methods*. 8th ed., McGraw Hill, New York, NY, USA.

Transport Québec. «Transport». In *Transport Québec : Transport*. En ligne. <http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/plans_transport/nord_quebec/transport>. Consulté le 29 novembre 2012.

US_Army_Corps_of_Engineers. 2011. *Construction Equipment Ownership and Operating Expense Schedule, region IX*. Department of the army, Washington, DC, USA.