TABLE DES MATIÈRES

Page

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 1 PROBLÉMATIQUE 3
1.1 Mise en contexte 3
1.2 Problématique 4
1.3 Mandat 5
1.4 Hypothèse 6

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE 9
2.1 Coût lié à la possession 10
2.1.1 Le coût d'immobilisation du capital 10
2.1.2 La valeur résiduelle 12
2.1.3 La dépréciation 16
2.1.4 La durée de vie 21
2.2 Coût lié à l'opération 24
2.2.1 Le carburant (consommation et coût) 24
2.2.2 L'entretien mécanique 26
2.2.3 Les lubrifiants 28
2.2.4 Les pneus et trains de roulement 30
2.2.5 Le salaire de l'opérateur 32
2.2.6 Pièces accessoires 33
2.3 Coûts indirects 33
2.3.1 Frais généraux d'entreprise 34
2.3.2 Frais généraux de chantier 34
2.4 Facteurs influençant la productivité 35
2.4.1 Les conditions météorologiques 35
2.4.2 Les conditions de travail 38
2.5 Progiciels existants 39
2.5.1 Progiciel Volvo 39
2.5.2 Progiciel Equipment Watch 40

CHAPITRE 3 CHOIX DES PARAMÈTRES À CONSIDÉRER 43
3.1 Les paramètres du non-usage 43
3.1.1 Dépréciation temporelle 43
3.1.2 Le coût d'immobilisation du capital 43
3.1.3 Les assurances 44
3.1.4 Entretien lors du non-usage prolongé 44
3.1.5 Le coût d'immobilisation du capital de l'inventaire 44
3.2 Les paramètres de l'opération 45
3.2.1 La dépréciation d'usure 45

3.2.2 Le carburant 45
3.2.3 Les pneus et trains de roulement 45
3.2.4 Les pièces accessoires 45
3.2.5 Le préchauffage 45
3.2.6 L'entretien 46
3.3 Les paramètres indirects 46
3.4 Mobilisation et démobilisation au projet et au site 46
3.4.1 L'administration de l'équipement 46
3.5 Les paramètres non considérés 47
3.5.1 L'immatriculation 47
3.5.2 Le reconditionnement 47
3.5.3 Les taxes 47
3.5.4 L'opérateur 47
3.5.5 L'inspection de sécurité 47
3.6 Conditions de chantier affectant le taux de location 48
3.6.1 Conditions climatiques 48
3.6.2 Conditions de terrain 48
3.6.3 Distance des centres urbains 48
3.6.4 Durée de location 48

CHAPITRE 4 DÉFINITION ET CHOIX DES MÉTHODES DE CALCUL 49
4.1 Les termes de location utilisés 49
4.2 La dépréciation 49
4.3 Le non-usage 50
4.3.1 Dépréciation temporelle 51
4.3.2 Le coût d'immobilisation du capital de l'équipement 51
4.3.3 L'assurance 52
4.3.4 Le coût d'immobilisation du capital de l'inventaire des pièces 53
4.3.5 Le taux de non-usage 54
4.4 L'opération 54
4.4.1 La dépréciation totale 55
4.4.2 Le carburant 56
4.4.3 Les pneus ou trains de roulement 57
4.4.4 Les pièces accessoires 59
4.4.5 L'entretien 60
4.4.6 Le taux d'opération 62
4.5 Le préchauffage 62

CHAPITRE 5 ÉTABLISSEMENT DES INTRANTS ET DE LA PROVENANCE DES DONNÉES 65
5.1 Constantes ou variables du non-usage 65
5.1.1 Taux d'intérêt (I%) 65
5.1.2 Durée de vie de l'équipement (Dv) 66
5.1.3 Prix de détail suggéré de l'équipement (Vs) 66

5.1.4 Rabais à l'achat 67
5.1.5 Coût de mobilisation initiale (Mb) 67
5.1.6 Valeur des pneus ou trains de roulement (Pn) 68
5.1.7 Facteur d'assurance de biens (Fab) 68
5.1.8 Facteur d'assurance responsabilité (Far) 68
5.1.9 Valeur de l'inventaire (Vi) 69
5.2 Constantes ou variables de l'opération 69
5.2.1 Valeur résiduelle (Vr) 69
5.2.2 Coût unitaire du carburant (Cc) 70
5.2.3 Facteur de consommation de carburant pendant le préchauffage (Fcp) 70
5.2.4 Consommation horaire de diesel (Cd) 71
5.2.5 Facteur pour la distribution du carburant (Fdc) 71
5.2.6 Durée de vie des pneus ou trains de roulement (Pv) 72
5.2.7 Facteur de réparation des pneus ou trains de roulement (Fr) 73
5.2.8 Valeur des pièces accessoires (Vp) 73
5.2.9 Durée de vie des pièces accessoires (Dp) 74
5.2.10 Durée du préchauffage selon la température moyenne (Pd) 75
5.2.11 Facteur affectant la dépréciation d'usure lors du préchauffage (Fop) 75
5.2.12 Facteur de réparation de l'équipement (Fre) 75
5.3 Constantes ou variables des éléments affectant le taux de location 75
5.3.1 Facteur affectant la consommation de carburant en fonction des conditions climatiques (Ffc) 75
5.3.2 Facteur affectant le coût d'entretien en fonction des conditions climatiques (Fec) 76
5.3.3 Facteur affectant la durée de vie des pneus en fonction des conditions climatiques (Fvpt) 77
5.3.4 Facteur affectant la durée de vie des pièces accessoires en fonction des conditions de terrain (Fvat) 77
5.3.5 Facteur affectant le coût d'entretien en fonction de la distance des centres urbains (Fte) 77
5.3.6 Facteur affectant le coût des pièces accessoires en fonction de la distance des centres urbains (Fca) 78
5.3.7 Facteur affectant le taux de non-usage en fonction de la durée de location (Fnu) 78

CHAPITRE 6 INTERFACE GRAPHIQUE 79
6.1 Les fenêtres d'accueil 79
6.1.1 L'ouverture de session 79
6.1.2 Le choix et la création d'un projet 80
6.2 L'interface graphique 81
6.2.1 Onglet équipement 81

6.2.2 Onglet opération 82
6.2.3 Onglet non-usage 83
6.2.4 Onglet température 84
6.2.5 Onglet facteurs 85
6.2.6 Onglet résumé 86
6.2.7 Les autres fenêtres du prototype 87
6.3 La programmation 89
6.3.1 L'accès à l'interface 89
6.3.2 Le choix de l'équipement 89
6.3.3 L'affichage des données 89

CHAPITRE 7 VALIDATION ET RECHERCHE FUTURE 91
7.1 Validation 91
7.1.1 Processus de validation continue 91
7.2 Recherche future 92

CONCLUSION 93

ANNEXE I COÛT MENSUEL MOYEN DU DIESEL EN 2013, PAR RÉGION ADMINISTRATIVE, SELON LA RÉGIE DE L'ÉNERGIE (2013) 97

BIBLIOGRAPHIE 99

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 101

LISTE DES TABLEAUX

Page

Tableau 2.1 Coût d'acquisition de l'équipement 11

Tableau 2.2 Composition de la valeur résiduelle 13

Tableau 2.3 Comparaison des méthodes de dépréciation 16

Tableau 2.4 Comparaison de la consommation de carburant 25

Tableau 2.5 Comparaison du coût d'entretien 27

Tableau 2.6 Comparaison du coût des lubrifiants 29

Tableau 2.7 Comparaison du coût des pneus et trains de roulement 31

Tableau 5.1 Données concernant le taux d'intérêt 65

Tableau 5.2 Données concernant la durée de vie de l'équipement 66

Tableau 5.3 Données concernant le prix de détail suggéré de l'équipement 67

Tableau 5.4 Données concernant le pourcentage de rabais à l'achat 67

Tableau 5.5 Données concernant le coût de mobilisation initial 68

Tableau 5.6 Données concernant la valeur des pneus ou trains de roulement 68

Tableau 5.7 Facteur d'assurance de biens 69

Tableau 5.8 Données concernant la valeur résiduelle 70

Tableau 5.9 Données concernant le coût unitaire du carburant 70

Tableau 5.10 Facteurs de consommation de carburant pendant le préchauffage 71

Tableau 5.11 Données concernant la consommation horaire de diesel 71

Tableau 5.12 Données concernant la durée de vie des pneus 72

Tableau 5.13 Données concernant la durée de vie des trains de roulement 72

Tableau 5.14 Facteurs de réparation des pneus ou trains de roulement 73

Tableau 5.15 Données concernant la valeur des pièces accessoires 74

Tableau 5.16 Données concernant la durée de vie des pièces accessoires 74

Tableau 5.17 Facteurs de réparation de l'équipement 76

Tableau 5.18 Facteurs affectant la durée de vie des pièces accessoires en fonction des conditions de terrain 77

LISTE DES FIGURES

Page

Figure 1.1 Organisation du taux de location dans la littérature 4

Figure 2.1 Valeur des équipements Tirée de US Army Corps of Engineers (2011) 11

Figure 2.2 Variables à évaluer pour le calcul de la valeur résiduelle Tirée de Lucko (2003) 14

Figure 2.3 Valeur résiduelle Tirée de Lucko (2003) 15

Figure 2.4 Exemple de dépréciation selon la méthode linéaire Tirée de Lagacé (2010) 17

Figure 2.5 Exemple de dépréciation selon la somme des nombres Tirée de Lagacé (2010) 18

Figure 2.6 Exemple de dépréciation avec solde dégressif Tirée de Lagacé (2010) 19

Figure 2.7 Différentes méthodes de dépréciation Tirée de Nunnally (2000) 19

Figure 2.8 Fonction de dépréciation horaire linéaire Tirée de US Army Corps of Engineers (2011) 20

Figure 2.9 Durée de vie économique d'un équipement Tirée de Nunnally (2000) 22

Figure 2.10 Guide de sélection des durées de vie Tirée de Caterpillar (1998) 23

Figure 2.11 Durée de vie selon US Army Corps of Engineers Tirée de US Army Corps of Engineers (2011) 23

Figure 2.12 Consommation de carburant Tirée de Caterpillar (2010) 26

Figure 2.13 Exemple de coût d'entretien Tirée de Caterpillar (1998) 28

Figure 2.14 Coût horaire du train de roulement Tirée de John Deere (2012) 32

Figure 2.15 Coût horaire de la main-d'œuvre Tirée de Association des Constructeurs de Routes et Grands Travaux du Québec (ACRGTQ) (2010) 32

Rapport-Gratuit.com

Figure 2.16 Durée de vie moyenne des pièces accessoires Tirée de John Deere (2012) 33

Figure 2.17 Coût siège social en proportion du chiffre d'affaires Tirée de Means (2011) 34

Figure 2.18 Considération pour température de catégorie 4 Tirée de Caterpillar (2007) 36

Figure 2.19 Effet de la température sur les tâches manuelles et d'équipement Tirée de International Association of Engineers Insurers (IMIA) (2012) 37

Figure 2.20 Effet des chutes de neige sur les tâches manuelles et les équipements Tirée de International Association of Engineers Insurers (IMIA) (2012) 38

Figure 2.21 Effet cumulatif des heures supplémentaires sur la productivité Tirée de Schwartzkopf (2004) 39

Figure 2.22 Progiciel interactif Tirée de Volvo (2013) 40

Figure 6.1 Fenêtre d'accueil 79

Figure 6.2 Choix du projet et définition de ses particularités 80

Figure 6.3 Entête et diagrammes à bandes 81

Figure 6.4 Onglet Équipement 82

Figure 6.5 Onglet Opération 83

Figure 6.6 Onglet Non-usage 84

Figure 6.7 Onglet Température 85

Figure 6.8 Onglet Facteurs 86

Figure 6.9 Onglet Résumé 87

Figure 6.10 Autres fenêtres du prototype 88

Figure 7.1 Concept d'organisation du taux de location 94

INTRODUCTION

La Direction Ingénierie de Production d'Hydro-Québec à Montréal souhaite établir un répertoire de taux de location des équipements lourds utilisés sur leurs projets. Ce répertoire servira à la fois pour les estimations des projets effectuées par Hydro Québec et à établir les taux alloués aux entrepreneurs dans leurs contrats.

L'objectif principal de cette recherche est de développer une méthode de calcul permettant de déterminer le taux de location le plus près possible de la réalité. La méthode de calcul doit être représentative des particularités rencontrées sur les chantiers d'Hydro-Québec, notamment en terme de type d'équipement utilisé, de condition climatique, condition de terrain, etc.

Il existe une multitude de publications qui proposent des taux de location ou des méthodologies de calcul du taux de location pour les équipements de construction. La pluspart des publications ne sont pas utilisées par Hydro-Québec puisqu'elles ne sont pas informatisées, sont incomplètes ou ne sont pas supportées par des données. Les deux principales références utilisées par Hydro-Québec sont la Direction générale des acquisitions du Centre de services partagés du Québec (DGACSPQ) (2011) et Equipment Watch (2013). Ces deux publications ne satisfont pas entièrement les besoins d'Hydro-Québec. La DGACSPQ (2011) n'inclut pas les équipements de grande puissance utilisés sur les chantiers d'Hydro-Québec. Equipment Watch (2013) est un logiciel américain dont la détermination de plusieurs intrants est basée sur la moyenne de données récoltées par sondage auprès des entrepreneurs. En raison de l'utilisation de moyennes pour les intrants, il n'est pas possible de déterminer un taux de location pour une condition d'utilisation particulière, par exemple pour le travail sur un sol abrasif ou pour des travaux dans le Nord-du-Québec. De plus, d'autres intrants peuvent être influencés par les différences entre le Canada et les États-Unies, entres autre le taux de change, le prix du carburant, les taux d'intérêt, le pouvoir d'achat, etc. Il est donc difficile de s'assurer que les taux de location proposés reflètent précisément le coût d'utilisation réel de l'équipement.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Pour satisfaire les besoins d'Hydro-Québec, nous avons élaboré une méthodologie standardisée qui permettra d'établir plus précisément le taux de location des équipements de construction. Pour en arriver là, nous avons effectué une revue des paramètres, méthodologies, équations et sources de données disponibles dans la littérature et avons proposé des améliorations à ceux-ci. Un prototype a également été élaboré, afin de mettre en application les améliorations proposées.

Le présent mémoire est subdivisé ainsi :

- le chapitre 1 met en contexte et présente la problématique du projet de recherche ;
- le chapitre 2 dresse un portrait de la connaissance actuelle, tel que présenté dans la littérature ;
- le chapitre 3 présente la méthodologie et les paramètres que nous avons considérés pour cette étude ;
- le chapitre 4 détaille pour chaque paramètre, les méthodes de calcul existantes, le choix de la méthode préconisée et les améliorations possibles dans les méthodes de calcul ;
- le chapitre 5 explique la provenance de chacun des intrants nécessaire à l'estimation de chaque paramètre ;
- le chapitre 6 explique les interfaces et le fonctionnement du prototype développé ;
- le chapitre 7 discute de la validation, des limites de la méthodologie et de l'intelligence artificielle.

CHAPITRE 1

PROBLÉMATIQUE

Le présent chapitre a pour objectifs de présenter le projet de recherche ainsi que le mandat confié à l'équipe de recherche.

1.1 Mise en contexte

L'estimation du taux de location pour les équipements de construction comporte plusieurs complexités. Les nombreux paramètres à considérer lors de l'estimation du taux de location, les nombreuses méthodes utilisées pour calculer chaque paramètre, la difficulté de trouver des données valides pour chaque intrant ainsi que l'impact des facteurs externes ne sont que quelques exemples. Sachant que le coût de location des équipements de construction est une portion importante de tout projet de construction, une simple amélioration des méthodes utilisées peut avoir un impact financier important.

Il existe plusieurs façons d'évaluer le taux de location des équipements de construction. Dans la littérature, les principales références sont Caterpillar (2010), Gransberg (2006), John Deere (2012), Nunnally (2000), Peurifoy (2011) et US Army Corps of Engineers (2011). Bien que la majorité des paramètres à considérer dans le taux de location soit communs, les méthodes de calculs utilisées s'avèrent différentes.

La plupart des auteurs s'entendent sur la décomposition du taux de location tel que présenté à la Figure 1.1. Le taux de location horaire équivaut à la somme de deux taux, soit le taux d'opération et le taux de possession. Le taux d'opération regroupe les paramètres liés au coût de fonctionnement de l'équipement, tel que la dépréciation totale, le carburant, les pneumatiques, etc. Le taux de possession regroupe les paramètres liés à la possession de l'équipement, tel que le coût d'immobilisation du capital et les assurances.

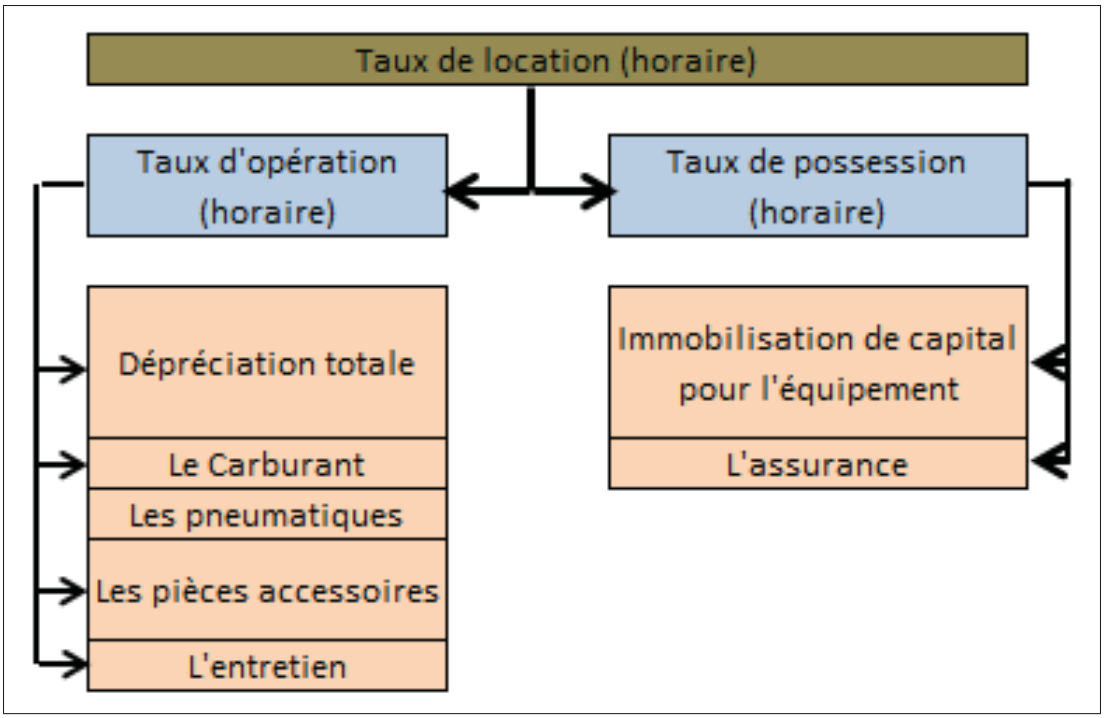

Figure 1.1 Organisation du taux de location dans la littérature

1.2 Problématique

Pour le moment, Hydro-Québec utilise les données américaines d'Equipment Watch (2013) ainsi que la publication de Direction générale des acquisitions du Centre de services partagés du Québec (2011). Ces références ne satisfont pas entièrement les besoins Hydro-Québec pour plusieurs raisons.

Equipment Watch (2013) est un site internet américain où l'on retrouve énormément d'informations permettant d'établir le taux de location des équipements de construction. Cette base de données a trois principales lacunes.

La première est que le prix des équipements, des pneus, des pièces accessoires, des pièces mécaniques, etc. sont ceux des États-Unis. Le coût américain est souvent inférieur au coût canadien, sans oublier les fluctuations du taux de change. La deuxième problématique d'Equipment Watch est que la plupart des intrants sont une moyenne des sondages effectués

chez les entrepreneurs. La troisième problématique est qu'il n'est pas possible de choisir les conditions spécifiques dans lesquelles l'équipement opère.

La publication de la Direction générale des acquisitions du Centre de services partagés du Québec (2011) est un livre de référence produit par le gouvernement du Québec. Cet ouvrage présente le taux de location standard pour plusieurs équipements de construction. Cette référence a trois principales lacunes :

- le taux de location d'équipements de plus grande taille, souvent requis pour les projets d'Hydro-Québec, n'est pas publié ;
- les équations utilisées ne sont pas présentées ;
- les taux présentés sont des moyennes.

Les publications actuelles ne répondent pas totalement aux besoins de La Direction Ingénierie de Production d'Hydro-Québec à Montréal, qui souhaite établir un répertoire de taux de location des équipements lourds utilisés sur leurs projets. Pour ce faire, elle a mandaté les professeurs Adel Francis et Paul Gervais, respectivement directeur et codirecteur du présent mémoire, afin de développer une méthode d'estimation et de proposer une interface graphique, afin de déterminer et d'augmenter le degré précision des taux de location actuellement utilisés. Ce mémoire reflète les résultats de la recherche effectuée par l'auteur du présent document.

1.3 Mandat

La proposition initiale du projet comportait initialement trois phases. La première phase consiste en une recherche documentaire et bibliographique, afin de constituer une synthèse des différentes études, recherches, méthodes, procédures et techniques pertinentes pour établir les taux de location des équipements lourds. La deuxième phase consiste au développement d'une méthodologie de calcul standardisée et à proposer une interface graphique. La troisième phase devait développer un progiciel incluant la base de données. Les deux premières furent effectuées et la troisième a été faite par Hydro-Québec.

1.4 Hypothèse

Suite au constat fait à la section précédente, mise en contexte, et afin de répondre adéquatement au mandat reçu, certaines hypothèses furent élaborées. Nous croyons que l'amélioration des méthodes de calcul passe notamment par de nouveaux types d'usage, une adaptation des termes de location, la considération de nouveaux paramètres et éléments affectant les intrants et l'amélioration de certaines équations utilisées.

La première amélioration consiste à préciser les distinctions entre les types d'usage et à préciser le taux d'attente. Dans la littérature, le taux d'opération et le taux de possession sont seulement applicables lorsque l'équipement opère. De plus, seul le US Army Corps of Engineers (2011) considère un coût lors de l'attente.

La deuxième amélioration consiste à préciser l'utilisation des différents termes de location pour chacun des types d'usage. Dans la littérature, le terme horaire est quasi le seul abordé, tandis que d'autres termes de location reflètent davantage la réalité, tels le terme mensuel ou le terme journalier.

La troisième amélioration consiste à préciser et ajouter certains paramètres à considérer, afin d'apporter davantage de précision au taux de location.

La quatrième amélioration consiste à définir et à inclure les éléments affectant les intrants. Tout d'abord, définissons le terme intrant : un intrant est une constante ou une variable d'une équation permettant le calcul d'un paramètre. Les éléments affectant les intrants sont peu discutés dans la littérature. En effet, on considère seulement l'effet des conditions de terrain et de l'altitude. D'autres éléments affectant seront expliqués et inclus dans le prototype.

La cinquième amélioration se situe au niveau des méthodes de calcul utilisées. Dans la littérature consultée, il existe plusieurs méthodes pour calculer un même paramètre. Lors

de nos recherches, nous avons préconisé les méthodes de calcul à utiliser, proposé et validé certaines améliorations.

CHAPITRE 2

REVUE DE LITTÉRATURE

Dans le domaine de la construction, deux méthodes sont principalement utilisées pour déterminer le coût en ressources d'une tâche, constituée de plusieurs unités. La première méthode est celle du coût horaire. Celle-ci consiste à la compilation du nombre d'heures de travail nécessaire à l'accomplissement d'une tâche. Pour ce faire, l'estimateur doit connaître la productivité de ses ressources, matérielles ou humaines, afin d'être en mesure de déterminer le nombre d'heures de travail nécessaire à l'accomplissement d'une tâche. Il doit également connaître le coût horaire d'utilisation de chacune de ses ressources. Ainsi, en multipliant le nombre d'heures de travail nécessaire de chaque ressource par son coût horaire d'utilisation, l'estimateur pourra déterminer le coût en ressources d'une tâche.

La deuxième méthode est celle du coût unitaire, qui consiste à déterminer le coût d'une unité de travail. Cette méthode est très semblable à la première et diffère seulement par le fait que le coût d'une unité est déterminé en divisant le coût total d'une tâche par son nombre d'unités.

De ces deux méthodes, il en ressort trois éléments qui doivent être considérés pour calculer le coût d'une tâche, soit le coût d'utilisation de la ressource, la productivité de la ressource et le nombre d'unités constituant la tâche.

Le taux de location d'un équipement de construction est composé d'une multitude de paramètres qui peuvent être évalués par plus d'une méthode. Ceux-ci ont été regroupés sous le coût de possession, d'opération et les coûts indirects. Quant à la productivité, la revue de littérature traite des conditions météorologiques et des conditions de travail.

Rapport-Gratuit.com

2.1 Coût lié à la possession

L'achat d'un équipement est considéré comme un investissement important pour une entreprise. Plusieurs auteurs discutent de l'importance de la politique d'investissement d'une entreprise quant à l'évaluation des décisions d'achat ou de location d'équipements (Mitchell Jr (1998) et Russell (1985)). Les alternatives d'achat ou de location doivent être étudiées en fonction de la stratégie d'investissement de l'entreprise et de l'utilisation projetée de l'équipement. La rentabilité d'un achat peut être mesurée par divers calculs financiers, notamment le facteur du retour sur l'investissement (RSI), la valeur actuelle nette de l'investissement (VAN), le taux de rentabilité interne (TRI) ou la durée de recouvrement du capital investi. Dans la décision d'investissement, l'entrepreneur devrait donc comparer la valeur actualisée de tous les revenus et de tous les décaissements avec le taux de location actuel et ultérieur de l'équipement.

Pour déterminer le coût total lié à la possession d'un équipement, les paramètres suivants sont identifiés et leur méthode d'estimation est comparée : le coût d'immobilisation du capital, la valeur résiduelle et la dépréciation. Un survol des facteurs influençant la durée de vie de l'équipement est également fait.

2.1.1 Le coût d'immobilisation du capital

Le coût d'immobilisation du capital représente le coût d'utilisation du capital pour l'acquisition d'un équipement. Le coût d'acquisition d'un équipement englobe la valeur de l'équipement et, dépendamment des publications, on y inclut les pneus, la livraison, le montage, les taxes, etc. Le Tableau 2.1 présente la composition du coût d'acquisition selon les publications.

L'information la plus détaillée se retrouve dans la publication de US Army Corps of Engineers (2011). À titre d'exemple, dans la Figure 2.1, on constate que le coût d'acquisition d'un camion de la compagnie Deere modèle 300D, en 2011, est de 435 870 $.

Tableau 2.1 Coût d'acquisition de l'équipement

Publication	**Méthode utilisée**
Caterpillar (2010), John Deere (2012), US Army Corps of Engineers (2011)	Incluent dans la valeur de l'équipement les taxes et le transport, mais soustraient la valeur des pneus.
Gransberg *et al.* (2006)	Inclut le plus grand nombre d'éléments, soit le coût initial, les taxes, la livraison ainsi que le montage de l'équipement.
Letocha (1982)	Utilise le prix de la machine livrée et en soustraient les pneus. Le prix livré comprend certainement la livraison, mais il n'y a pas d'information quant aux taxes et du montage.
Peurifoy *et al.* (2011)	Utilise le prix d'achat et en soustraient les pneus. Il ne semble pas considérer la livraison, les taxes et le montage.
Equipment Watch (2013)	Le prix de vente du manufacturier selon l'année de fabrication, n'indique pas ce qu'il contient.

	REGION 9			ENGINE HORSEPOWER AND FUEL TYPE		VALUE (TEV)	TOTAL HOURLY RATES ($/HR)		ADJUSTABLE ELEMENTS			
CAT	ID.NO.	MODEL	EQUIPMENT DESCRIPTION	MAIN	CARRIER	2008 ($)	AVERAGE	STANDBY	DEPR	FCCM	FUEL	CWT
T55			*CATERPILLAR INC. (MACHINE DIVISION) (continued)*									
	T55CA009	D30D	TRUCK, OFF-HIGHWAY, ARTICULATED FRAME, 22 CY, 30 TON, 4X4, REAR DUMP	285 HP D-off		$572,883	126.21	24.38	35.33	6.71	26.27	473
	T55CA010	D250D SERIES II	TRUCK, OFF-HIGHWAY, ARTICULATED FRAME, 18 CY, 25 TON, 6X6, REAR DUMP	214 HP D-off		$482,691	100.69	20.88	30.45	5.65	19.72	424
	T55CA011	D300E SERIES II	TRUCK, OFF-HIGHWAY, ARTICULATED FRAME, 22 CY, 30 TON, 6X6, REAR DUMP	260 HP D-off		$570,212	118.84	24.75	36.14	6.68	23.96	488
	T55CA012	D350E SERIES II	TRUCK, OFF-HIGHWAY, ARTICULATED FRAME, 25 CY, 35 TON, 6X6, REAR DUMP	355 HP D-off		$699,426	153.80	29.91	43.43	8.19	32.72	666
	T55CA013	D400E SERIES II	TRUCK, OFF-HIGHWAY, ARTICULATED FRAME, 28 CY, 40 TON, 6X6, REAR DUMP	405 HP D-off		$769,346	172.54	32.72	47.41	9.01	37.32	698
			DEERE & COMPANY									
	T55JD001	250D	TRUCK, OFF-HIGHWAY, ARTICULATED FRAME, 18 CY, 25 TON, 6X6, REAR DUMP	265 HP D-off		$376,526	89.76	16.15	23.48	4.41	24.42	355
	T55JD002	300D	TRUCK, OFF-HIGHWAY, ARTICULATED FRAME, 22 CY, 29 TON, 6X6, REAR DUMP	285 HP D-off		$435,870	100.85	18.78	27.36	5.10	26.27	401
	T55JD003	350D	TRUCK, OFF-HIGHWAY, ARTICULATED FRAME, 25 CY, 35 TON, 6X6, REAR DUMP	380 HP D-off		$561,686	139.97	23.31	33.46	6.58	35.02	571
	T55JD004	400D	TRUCK, OFF-HIGHWAY, ARTICULATED FRAME, 29 CY, 40 TON, 6X6, REAR DUMP	413 HP D-off		$630,282	152.36	26.50	38.23	7.38	38.06	635

Figure 2.1 Valeur des équipements
Tirée de US Army Corps of Engineers (2011)

En plus du coût d'acquisition, il faut considérer le coût du financement. Le financement, ou en d'autres termes la répartition entre le montant apporté par l'entreprise et l'emprunt, est en

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

fonction de la politique financière de l'entreprise, du niveau d'endettement et de la liquidité disponible. Le coût de financement devrait inclure le coût de renoncement du capital investi et le coût d'emprunt.

Le coût de renoncement du capital investi, plus connu sur le terme «coût d'opportunité», désigne la perte de biens ou de rendement auxquels on renonce, lorsqu'on affecte les ressources monétaires disponibles à un usage donné au détriment d'un autre. En décidant d'investir dans un équipement, l'entrepreneur renonce au capital, en acceptant un certain risque, pour accroître ses revenus futurs. Ce niveau de risque pourrait être considéré dans le coût d'immobilisation du capital.

Le coût d'emprunt dépend du taux directeur. À celui-ci, une indexation est normalement ajoutée, selon le niveau de risque et selon les conditions économiques et commerciales. La Banque du Canada (2013) publie un historique du taux d'intérêt commercial de base.

Le coût d'emprunt combiné (capital investi et dette) influence la rentabilité de l'entreprise. Notons qu'un coût de financement moins élevé que le retour sur l'investissement favorise l'endettement. Ainsi, la rentabilité de l'entreprise s'accroit corrélativement dans ce cas avec l'augmentation du pourcentage d'endettement.

2.1.2 La valeur résiduelle

La valeur résiduelle est la valeur future d'un équipement, au moment où l'entrepreneur prévoit de s'en départir. L'entrepreneur peut adopter une stratégie où certains équipements indispensables sont renouvelés régulièrement, tandis que d'autres seront utilisés jusqu'à la fin de leur durée de vie utile. Le Tableau 2.2 présente la composition de la valeur résiduelle selon les publications.

Nous constatons qu'il y a quelques facteurs qui influencent la valeur résiduelle dans la méthode présentée par Equipment Watch (2013). En effet, la valeur résiduelle est dépendante de plusieurs facteurs, dont la condition générale de l'équipement, du nombre d'heures

d'opération et de l'année de fabrication. Lucko (2003) indique, voir la Figure 2.2, dix facteurs ayant une influence sur la valeur résiduelle qu'il regroupe en trois catégories soient les paramètres d'achat, de vente et les conditions économiques au moment de la vente. Nous pouvons constater que ces facteurs sont classés en ordre décroissant selon leurs impacts sur la valeur résiduelle. Tous ces facteurs furent modélisés par Lucko (2003) et implémentés dans un fichier Excel. Un exemple, pour une excavatrice de marque Caterpillar, est tiré de ce fichier et est présenté à la Figure 2.3. Dans la section «Diagram of RV Percent over time », nous pouvons constater que la valeur résiduelle prévue diminue avec l'âge de l'équipement, pour se stabiliser à 20% après 10 ans d'utilisation.

Tableau 2.2 Composition de la valeur résiduelle

Publication	**Méthode utilisée**
Equipment Watch (2013)	Présente le prix de revente approximatif selon l'année d'achat. Il est possible de modifier quelques paramètres, telles la localisation et la condition de l'équipement, afin d'avoir un prix de vente mieux adapté.
Nichols (1976)	La valeur résiduelle représente environ 5-20 % de la valeur originale.
US Army Corps of Engineers (2011)	La valeur résiduelle est un pourcentage de la valeur originale, selon le type d'équipement. L'auteur mentionne que ses données sont basées sur plusieurs sources telles le Green Guide, Equipment Watch et sur les prix de vente montrés dans des périodiques du domaine de l'ingénierie et de la construction.

Nous constatons que la méthode utilisée par Lucko (2003) considère plusieurs facteurs et possède probablement une plus grande précision que celle de Nichols (1976) qui propose une valeur générale située entre 5 et 20 pour cent de la valeur originale. Nous pouvons également constater que la diminution de la valeur de l'équipement, jusqu'à l'atteinte de la valeur résiduelle, est principalement liée au model d'équipement et aux paramètres de vente. Cette diminution de valeur se nomme la dépréciation.

Section	Number	Input	Options	
Purchase	1	Type and Size Class	Track Excavators	0-24,999 lbs
				25,000-49,999 lbs
				50,000-74,999 lbs
				75,000-99,999 lbs
				100,000+ lbs
			Wheel Excavators	All Sizes
			Wheel Loaders	0-1.9 CY
				2-3.9 CY
				4-5.9 CY
				6+ CY
			Track Loaders	0-1.9 CY
				2+ CY
			Backhoe Loaders	0-0.9 CY
				1+ CY
			Integrated Toolcarriers	All Sizes
			Rigid-Frame Trucks	0-99,999 lbs
				100,000+ lbs
			Articulated Trucks	0-49,999 lbs
				50,000+ lbs
			Track Dozers	0-99 HP
				100-199 HP
				200-299 HP
				300-399 HP
				400+ HP
			Motor Graders	0-149 HP
				150+ HP
			Wheel Tractor Scrapers	0-74,999 lbs
				75,000+ lbs
	2	Manufacturer	Caterpillar, Deere, Komatsu, Volvo [availability depending on Input 1]	
	3	List Price (MSRP)	U.S. $	
Sale	4	Date	Month / Year	
	5	Condition Rating	New, Excellent, Very Good, Good, Fair, Poor	
	6	Auction Region	Northeast, South, Midwest, West, Canada	
	7	Age	1 to 15 Years	
Economy at Sale	8	Inflation Index	[PPI Value]	
	9 and 10	Economic Indicators e_1 and e_2	[Indicator Values]	

Figure 2.2 Variables à évaluer pour le calcul de la valeur résiduelle
Tirée de Lucko (2003)

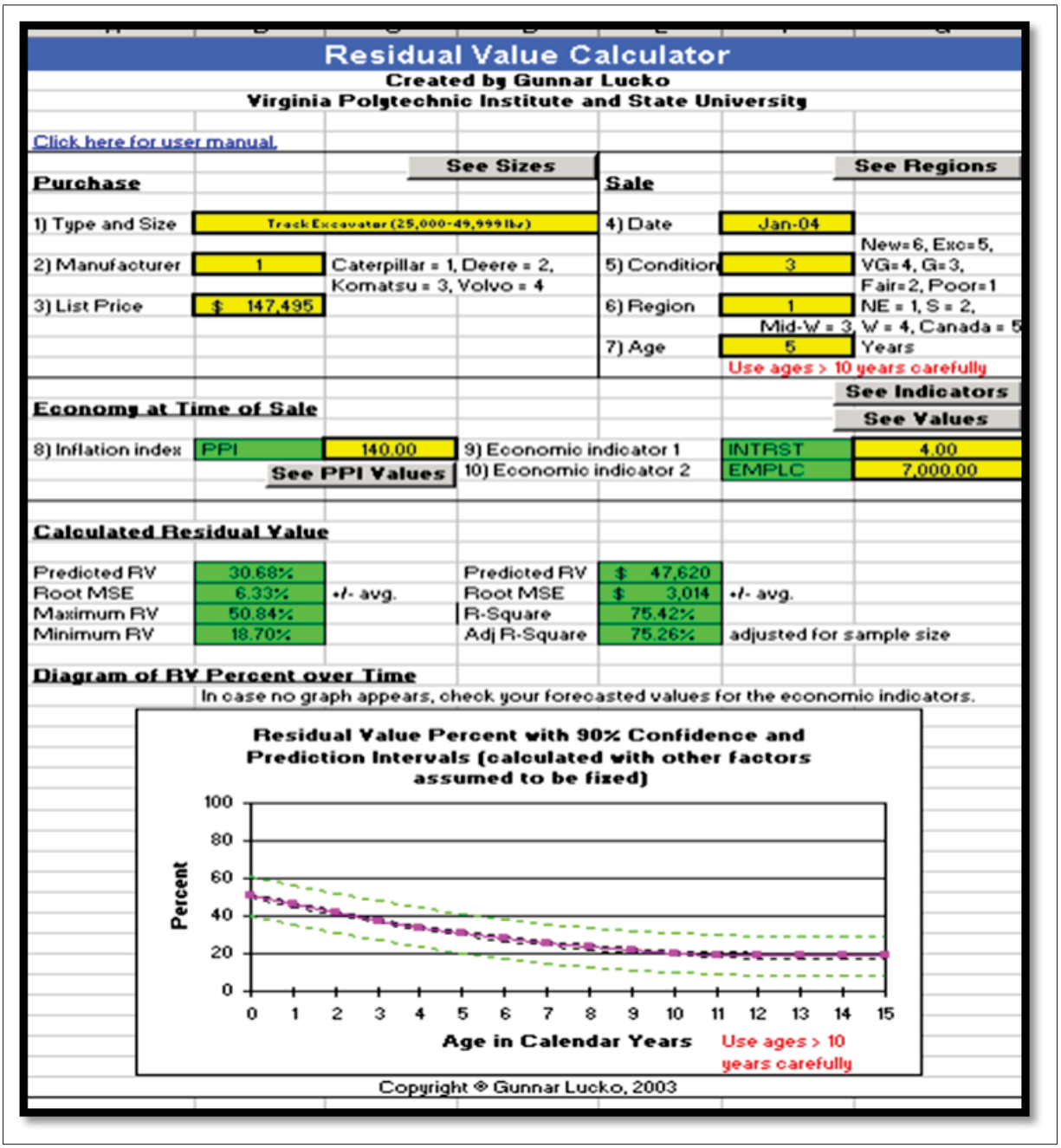

Figure 2.3 Valeur résiduelle
Tirée de Lucko (2003)

2.1.3 La dépréciation

Tout équipement a une durée de vie utile déterminée en fonction, notamment, des conditions dans lesquelles il opère. Passé cette durée, il devient plus économique de le remplacer que de le réparer.

L'équipement subit une perte de valeur en raison de plusieurs facteurs, tels que l'obsolescence technologique et l'usure générale qui peut entrainer une moindre productivité en raison de temps d'arrêt plus fréquents.

Il faut différencier la politique de dépréciation de l'entreprise et la politique de dépréciation fiscale de l'état. Dans le premier cas, le calcul de la dépréciation est en fonction de la politique d'investissement de l'entreprise et utilisée seulement dans sa comptabilité interne pour la prise des décisions et le calcul du coût d'utilisation et de soumission. Dans le deuxième cas, il s'agit d'une règlementation fiscale. L'entreprise doit donc s'y conformer afin de produire ses déclarations fiscales.

La littérature mentionne plusieurs méthodes pour calculer la dépréciation d'un équipement. Les plus usuelles sont la dépréciation linéaire, la dépréciation dégressive et la dépréciation proportionnelle à ordre numérique inversé aux années (Nunnally, 2000). Le Tableau 2.3 présente la méthode de dépréciation proposée selon les publications.

Tableau 2.3 Comparaison des méthodes de dépréciation

Publication	**Méthode utilisée**
Gransberg *et al.* (2006), Lagacé (2010), Nichols (1976)	Les auteurs proposent d'utiliser la méthode linéaire, dégressive ou la somme des nombres.
Equipment Watch (2013), US Army Corps of Engineers (2011), Caterpillar (2010)	Ces publications proposent une dépréciation constante pour chaque heure d'utilisation, où la valeur résiduelle et le coût des pneus sont soustraits du montant à amortir.

La méthode linéaire repose sur une diminution constante de la valeur de l'équipement en fonction de sa durée de vie utile. La diminution est donc constante pour toutes les années de service. La Figure 2.4 montre un exemple de la méthode linéaire (Lagacé, 2010). Cet exemple

P_0 = 12 000,00 $ F = 2 000,00 $ n = 10 ans

Approche économique				Approche fiscale			
Année	VL_n	d_n	D_n	Année	VL_n	d_n	D_n
0	12 000,00 $			0	12 000,00 $		
1	11 000,00 $	1 000,00 $	1 000,00 $	1	11 500,00 $	500,00 $	500,00 $
2	10 000,00 $	1 000,00 $	2 000,00 $	2	10 500,00 $	1 000,00 $	1 500,00 $
3	9 000,00 $	1 000,00 $	3 000,00 $	3	9 500,00 $	1 000,00 $	2 500,00 $
4	8 000,00 $	1 000,00 $	4 000,00 $	4	8 500,00 $	1 000,00 $	3 500,00 $
5	7 000,00 $	1 000,00 $	5 000,00 $	5	7 500,00 $	1 000,00 $	4 500,00 $
6	6 000,00 $	1 000,00 $	6 000,00 $	6	6 500,00 $	1 000,00 $	5 500,00 $
7	5 000,00 $	1 000,00 $	7 000,00 $	7	5 500,00 $	1 000,00 $	6 500,00 $
8	4 000,00 $	1 000,00 $	8 000,00 $	8	4 500,00 $	1 000,00 $	7 500,00 $
9	3 000,00 $	1 000,00 $	9 000,00 $	9	3 500,00 $	1 000,00 $	8 500,00 $
10	2 000,00 $	1 000,00 $	10 000,00 $	10	2 500,00 $	1 000,00 $	9 500,00 $

$$d_n = \frac{P_0 - F}{N}$$

Figure 2.4 Exemple de dépréciation selon la méthode linéaire
Tirée de Lagacé (2010)

est basé sur les paramètres suivants : la valeur initiale est de 12 000 $, la valeur résiduelle est de 2 000 $ et la durée d'utilisation est de 10 ans. Dans ce tableau, nous constatons qu'il y a une dépréciation annuelle de 1 000 $ sur toute la durée de vie. L'approche fiscale sera négligée, puisqu'elle est davantage adaptée aux règles comptables qui tiennent compte de la notion de demi-année.

La Figure 2.5 présente un exemple de la méthode de la somme des nombres et les paramètres sont les mêmes qu'à l'exemple précédent. Cette méthode se base sur la notion du nombre d'années d'utilisation restante. La dépréciation annuelle se traduit par la division du nombre d'années d'utilisation restant à l'année en cours, par la somme de toutes les années restantes. Dans ce cas-ci, la somme de toutes les années restantes est 55.

P_0 = 12 000,00 $ F = 2 000,00 $ n = 10 ans

Année	(1) P_0 - F	(2) Années restantes N - n + 1	(3) Facteur d'amortissement	(4) Amortissement annuel d_n (1) x (3)	(5) Amortissement cumulé D_n	(6) Valeur aux livres VL_n
0						12 000,00 $
1	10 000,00 $	10	10/55	1 818,18 $	1 818,18 $	10 181,82 $
2	10 000,00 $	9	9/55	1 636,36 $	3 454,55 $	8 545,45 $
3	10 000,00 $	8	8/55	1 454,55 $	4 909,09 $	7 090,91 $
4	10 000,00 $	7	7/55	1 272,73 $	6 181,82 $	5 818,18 $
5	10 000,00 $	6	6/55	1 090,91 $	7 272,73 $	4 727,27 $
6	10 000,00 $	5	5/55	909,09 $	8 181,82 $	3 818,18 $
7	10 000,00 $	4	4/55	727,27 $	8 909,09 $	3 090,91 $
8	10 000,00 $	3	3/55	545,45 $	9 454,55 $	2 545,45 $
9	10 000,00 $	2	2/55	363,64 $	9 818,18 $	2 181,82 $
10	10 000,00 $	1	1/55	181,82 $	10 000,00 $	2 000,00 $
	Σ	55	1	10 000,00 $		

Figure 2.5 Exemple de dépréciation selon la somme des nombres
Tirée de Lagacé (2010)

Nous pouvons constater que la dépréciation annuelle diminue avec les années. Cette situation représente davantage la réalité pour un équipement de construction, que la méthode linéaire.

La Figure 2.6 présente un exemple de la méthode du solde dégressif, qui utilise un taux de dépréciation identique pour chaque année. Celui-ci est nommé « facteur K » et il est déterminé en utilisant la relation entre la valeur initiale, la valeur finale ainsi que le nombre d'années d'utilisation. Dans ce cas-ci, le taux de dépréciation est de 16.4 %.

La Figure 2.7, tirée de Nunnally (2000), présente sous forme graphique quatre méthodes d'amortissement, dont la méthode linéaire, la somme des nombres et le solde dégressif discuté précédemment par Lagacé (2010), ainsi que la valeur marchande.

Calcul du taux d'amortissement (facteur k) pour l'utilisation du solde dégressif (seulement s'il n'est pas donné)

$$k = 1 - \left[\frac{F}{P_0}\right]^{1/N} = 1 - \left[\frac{2\,000}{12\,000}\right]^{1/10} = 0.164 = 16.4\ \%$$

Tableau des résultats selon les deux approches

P_0 = 12 000,00 $ F = 2 000,00 $ n = 10 ans k = 16,40%

Approche économique				Approche fiscale			
Année	VL_n	d_n	D_n	Année	VL_n	d_n	D_n
0	12 000,00 $			0	12 000,00 $		
1	10 031,51 $	1 968,49 $	1 968,49 $	1	11 015,75 $	984,25 $	984,25 $
2	8 385,93 $	1 645,58 $	3 614,07 $	2	9 208,72 $	1 807,04 $	2 791,28 $
3	7 010,29 $	1 375,64 $	4 989,71 $	3	7 698,11 $	1 510,61 $	4 301,89 $
4	5 860,31 $	1 149,98 $	6 139,69 $	4	6 435,30 $	1 262,81 $	5 564,70 $
5	4 898,98 $	961,33 $	7 101,02 $	5	5 379,65 $	1 055,65 $	6 620,35 $
6	4 095,35 $	803,63 $	7 904,65 $	6	4 497,16 $	882,48 $	7 502,84 $
7	3 423,54 $	671,81 $	8 576,46 $	7	3 759,44 $	737,72 $	8 240,56 $
8	2 861,94 $	561,60 $	9 138,06 $	8	3 142,74 $	616,70 $	8 857,26 $
9	2 392,46 $	469,48 $	9 607,54 $	9	2 627,20 $	515,54 $	9 372,80 $
10	2 000,00 $	392,46 $	10 000,00 $	10	2 196,23 $	430,97 $	9 803,77 $

$$d_n = k\ VL_{n-1}$$

Figure 2.6 Exemple de dépréciation avec solde dégressif
Tirée de Lagacé (2010)

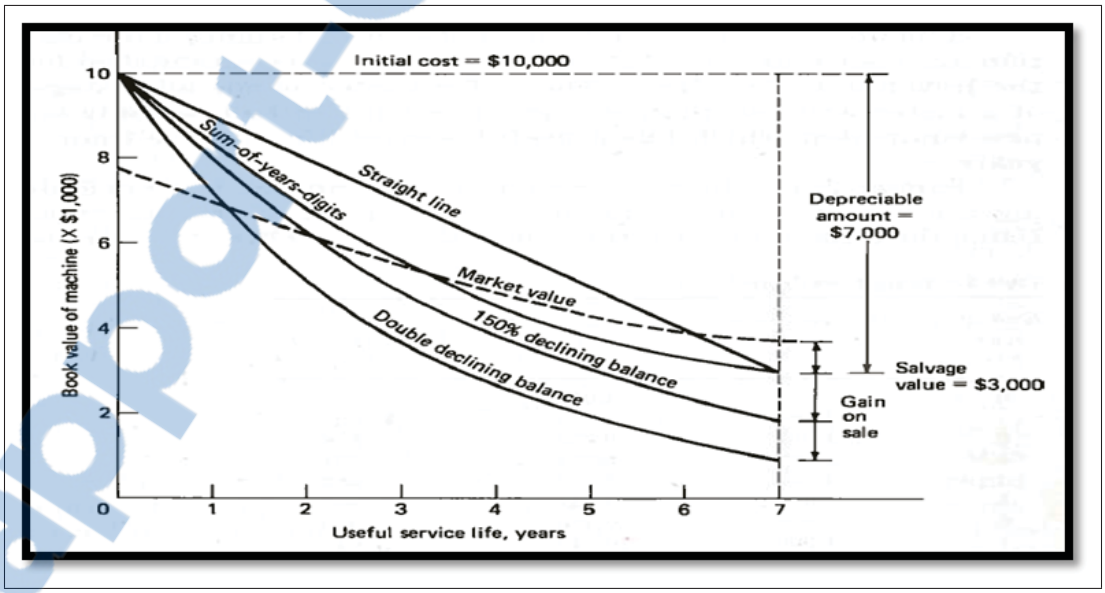

Figure 2.7 Différentes méthodes de dépréciation
Tirée de Nunnally (2000)

D'après la Figure 2.7, nous pouvons constater que la méthode de dépréciation la plus lente est la méthode linéaire (straight line). Les méthodes de dépréciation tentent de représenter la

Rapport-Gratuit.com

valeur marchande (market value), mais nous pouvons voir qu'il y a une différence importante, principalement au début et à la fin de la durée de vie de l'équipement, entre la valeur marchande et la valeur dépréciée. Notons que la valeur marchande peut varier grandement entre deux types d'équipements.

La Figure 2.8 présente l'équation utilisée par le US Army Corps of Engineers (2011) pour calculer la dépréciation sur une base horaire. Elle consiste à la division de la valeur de l'équipement, diminué de la valeur des pneus et de la valeur résiduelle, par la durée de vie estimée.

2.20 Depreciation. The straight-line method is used to compute depreciation.

a. For rubber-tired equipment, the tire cost index (TCI) must first be calculated to complete the depreciation formula.

b. Hourly depreciation is calculated by dividing the "depreciable" value (TEV less estimated salvage and tire cost) by the expected economic life of the unit of equipment in hours. Expressed by formula, depreciation cost equals the following:

$$\text{DEPR/hr} = \frac{[[(\text{TEV})(1-\text{SLV})]-[(\text{TCI})(\text{Tire Cost})]]}{\text{LIFE}}$$

Where:
(1) TEV is the total equipment value found in table 2-1.
(2) SLV is the salvage value from appendix D.
(3) TCI is the tire cost index, which is determined by dividing the year of manufacture tire index by the present-year tire index. For table 2-1, the present year is 2011 and the year of manufacture is 2008 (3 years old). These indexes are listed as part of appendix E [see Economic Key (EK) 100, All Tires and Tubes].
(4) Tire cost is the total tire and/or conveyor belt cost. The total tire cost is the sum of the cost of all front, drive, and trailing tires. The tire cost for rubber-tired equipment is based on tire values at the time the equipment was manufactured.
(5) The LIFE is the economic life, which is based on the number of operating hours throughout the economic life of the equipment (see paragraph 2.15). Hours for LIFE are provided in appendix D.

Figure 2.8 Fonction de dépréciation horaire linéaire
Tirée de US Army Corps of Engineers (2011)

Nous pouvons constater que la résultante de cette équation est une dépréciation horaire constante.

2.1.4 La durée de vie

La durée de vie équivaut à la quantité de travail, calculé en nombre d'heures, que peut accomplir un équipement, tout en étant rentable pour son propriétaire. La durée de vie peut varier en fonction d'une multitude de facteurs, notamment les conditions d'opération, l'entretien et le type d'équipement.

En ce qui concerne l'entretien, les références le considèrent comme un coût d'opération. Qu'il soit considéré comme un coût de possession ou comme un coût d'opération, l'entretien devrait être vu comme un investissement. L'entretien de l'équipement est essentiel à la rentabilité de l'entreprise, en prolongeant l'espérance de vie économique de l'équipement et en retardant le moment du temps de remplacement. L'entretien assure une disponibilité de la machine en diminuant les temps d'arrêt. Il est aussi une exigence pour répondre aux normes de santé et sécurité au chantier.

Certains auteurs ne considèrent que la durée de vie d'un équipement. L'exemple à la Figure 2.9 montre la profitabilité d'un équipement en fonction de la fréquence de remplacement (age at replacement). La profitabilité maximum de l'équipement est atteinte lorsque la fréquence de remplacement est approximativement de 5 ans. La profitabilité diminue jusqu'à l'atteinte de la fréquence de remplacement d'approximativement 10 ans. Passé cette fréquence de remplacement, il n'est plus profitable d'utiliser l'équipement.

D'autres auteurs présentent la durée de vie des équipements en fonction de la sévérité de l'opération, du type d'équipement et du modèle, tel que montré à la Figure 2.10. Nous pouvons constater qu'une niveleuse de modèle 16 h opérant en conditions difficiles a une durée de vie économique de 12 000 heures, tandis qu'une niveleuse de modèle 24 h a une durée de vie économique de 30 000 heures. Nous pouvons également constater que les niveleuses ont une durée de vie plus élevée que les tracteurs.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

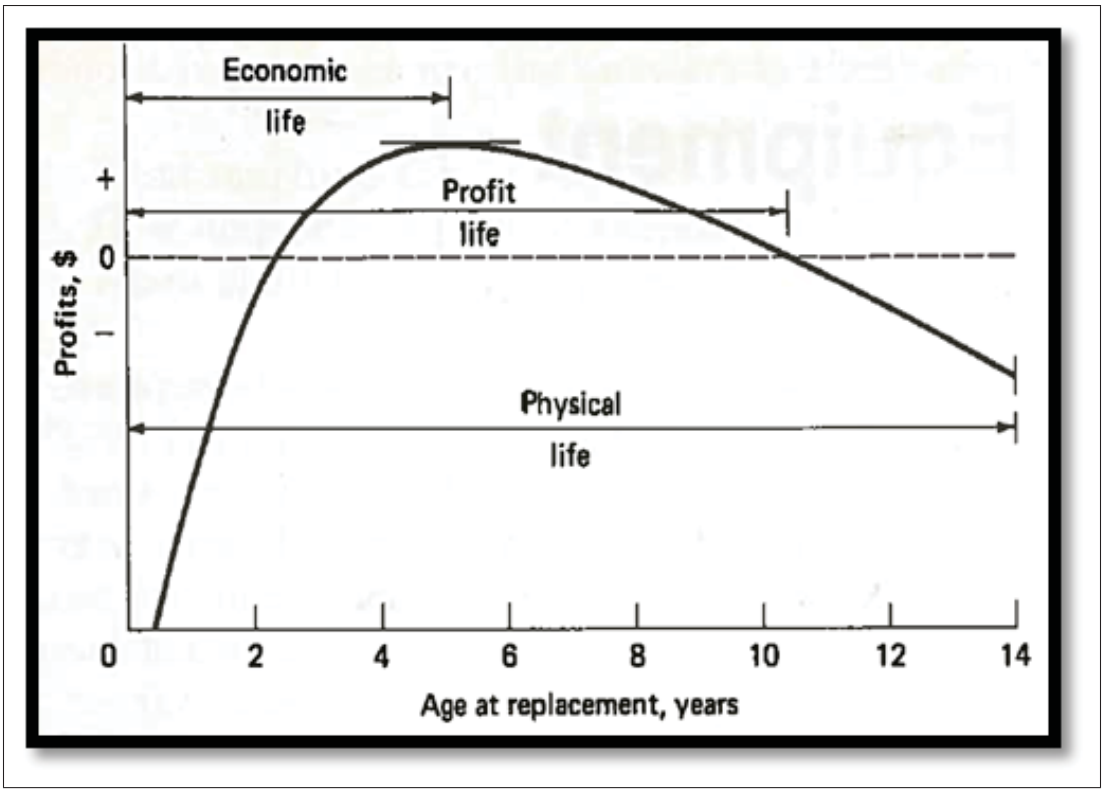

Figure 2.9 Durée de vie économique d'un équipement
Tirée de Nunnally (2000)

La Figure 2.11, présente la durée de vie de certaines catégories d'équipements, sans distinction de manufacturier. Nous pouvons constater que les durées de vie présentées dans cette référence sont moins précises qu'à la Figure 2.10 puisqu'elles ne considèrent seulement que les conditions difficile («severe») et moyenne («average»), tel que montré dans la colonne nommée «C». À titre d'exemple, en comparant la durée de vie d'une niveleuse (graders, motor) opérant dans des conditions difficiles, nous pouvons constater que sa durée de vie selon la Figure 2.11 est de 13 500 heures, tandis qu'à la Figure 2.10 la durée de vie peut être de 1 500 heures inférieures ou de 16 500 heures additionnelles selon le modèle.

Une portion de la différence entre les deux publications peut être causée par l'amélioration technologique, puisque la publication de Caterpillar date de 1998 tandis que celle du US Army Corps of Engineers date de 2011. Par contre, une publication présentant la durée de vie de

GUIDE FOR SELECTING OWNERSHIP PERIOD BASED ON APPLICATION AND OPERATING CONDITIONS

	ZONE A Moderate	ZONE B Average	ZONE C Severe
TRACK-TYPE TRACTORS	Pulling scrapers, most agricultural drawbar, stockpile, coalpile. No impact. Intermittent full throttle operation.	Production dozing in clays, sands, gravels. Pushloading scrapers, borrow pit ripping, most landclearing applications. Medium impact conditions. Production landfill work.	Heavy rock ripping. Pushloading and dozing in hard rock. Work on rock surfaces. Continuous high impact conditions.
D3-D7R	12,000 Hr	10,000 Hr	8,000 Hr
D8R/D9R	45,000 Hr	35,000 Hr	25,000 Hr
D10R/D11R	50,000 Hr	40,000 Hr	30,000 Hr
AGRICULTURAL TRACTORS	Pulling combines, grain wagons and grain carts.	Pulling field cultivators, moldboard plows, chisel plows, discing, primary and finishing tillage.	Pulling layer scrapers, used in construction applications, ripping, dozing.
CHALLENGER 35, 45 & 55	10,000 Hr	8,000 Hr	N/A
CHALLENGER 65E-95E	12,000 Hr	10,000 Hr	8,000 Hr
'SR' TRACTORS	14,000 Hr	12,000 Hr	10,000 Hr
MOTOR GRADERS	Light road maintenance. Finishing. Plant and road mix work. Light snowplowing. Large amounts of traveling.	Haul road maintenance. Road construction, ditching. Loose fill spreading. Landforming, landleveling. Summer road maintenance with medium to heavy winter snow removal. Elevating grader use.	Maintenance of hard packed roads with embedded rock. Heavy fill spreading. Ripping-scarifying of asphalt or concrete. Continuous high load factor. High impact.
120H Thru 16H	20,000 Hr	15,000 Hr	12,000 Hr
24H	40,000 Hr	35,000 Hr	30,000 Hr

Figure 2.10 Guide de sélection des durées de vie
Tirée de Caterpillar (1998)

CATEGORY	SUB	DESCRIPTION	EK	C	DC	LIFE	SLV	HPF	EQUIPMENT FUEL FACTORS E	G	D	HPF	CARRIER FUEL FACTORS E	G	D	FOG FACTORS E	G	D	TIRE WEAR FACTORS FT	DT	TT	RCF
D15	0.20	DRILLS, HORIZONTAL & DIRECTIONAL (Add cost for drill steel and bit wear)	25	A	B	10,000	0.25	80	.800	.072	.038	0	.000	.000	.000	.477	.136	.119	0.00	0.00	0.00	0.90
D20	**0.00**	DRILLS, CORE, COLUMN MOUNTED (Add cost for drill steel and bit wear)	25	A	B	8,000	0.25	80	.800	.072	.038	0	.000	.000	.000	.477	.068	.102	0.00	0.00	0.00	0.85
D25	**0.00**	DRILLS, CORE & DOWELLING (Add cost for drill steel and bit wear)	25	A	B	10,000	0.25	80	.800	.072	.038	0	.000	.000	.000	.477	.068	.102	0.00	0.00	0.92	1.00
D30	**0.00**	DRILLS, EARTH / AUGER (Add cost for drill steel and cutting edge wear)	25	A	B	10,000	0.25	80	.800	.072	.038	10	.100	.009	.005	.477	.136	.119	0.96	0.86	1.07	1.00
D35	**0.00**	DRILLS, ROTARY BLASTHOLE (Add cost for drill steel and bit wear)	1																			
D35	0.11	DIESEL, 4.5" THRU 9.875" DIAMETER HOLE (Add cost for drill steel and bit wear)	25	A	B	14,000	0.20	80	.800	.072	.038	10	.100	.009	.005	.005	.161	.161	0.00	0.00	0.00	1.00
D35	0.12	DIESEL, OVER 9.875" DIAMETER (Add cost for drill steel and bit wear)	25	A	B	18,000	0.20	80	.800	.072	.038	10	.100	.009	.005	.011	.136	.136	0.96	0.86	1.07	1.00
D35	0.21	ELECTRIC, 4.5" THRU 9.875" DIAMETER HOLE (Add cost for drill steel and bit wear)	25	A	B	14,000	0.20	70	.700	.063	.034	10	.100	.009	.005	.530	.000	.000	0.00	0.00	0.00	0.55
D35	0.22	ELECTRIC, OVER 9.875" DIAMETER (Add cost for drill steel and bit wear)	25	A	B	18,000	0.20	70	.700	.063	.034	10	.100	.009	.005	.530	.000	.000	0.00	0.00	0.00	0.55
F10	**0.00**	FORK LIFTS	95	A	B	10,000	0.20	65	.650	.059	.031	0	.000	.000	.000	.477	.102	.102	0.83	0.46	0.92	0.75
G10	**0.00**	GENERATOR SETS	1																			
G10	0.10	PORTABLE	30	A	B	8,000	0.10	65	.650	.059	.031	0	.000	.000	.000	.000	.102	.102	0.00	0.00	0.73	0.60
G10	0.10	PORTABLE	30	S	B	7,000	0.10	85	.850	.077	.041	0	.000	.000	.000	.000	.102	.102	0.00	0.00	0.20	0.70
G10	0.20	SKID MOUNTED	30	A	B	10,000	0.10	65	.650	.059	.031	0	.000	.000	.000	.000	.102	.102	0.00	0.00	0.00	0.70
G10	0.20	SKID MOUNTED	30	S	B	8,000	0.10	85	.850	.077	.041	0	.000	.000	.000	.000	.102	.102	0.00	0.00	0.00	0.80
G15	**0.00**	GRADERS, MOTOR	35	A	B	14,500	0.25	60	.600	.054	.029	0	.000	.000	.000	.000	.085	.144	0.83	0.54	0.92	0.75
G15	**0.00**	GRADERS, MOTOR	35	S	B	13,500	0.25	78	.780	.070	.037	0	.000	.000	.000	.000	.085	.144	0.27	0.16	0.30	0.85

EK=Economic Key (Appendix E)
C=Operating Conditions (A=average, S=severe)
DC=Discount Code (B=basic 7.5%, S=special 15%)
RCF=Repair Cost Factor
LIFE=Economic Life
SLV=Salvage Value
HPF=Horsepower Factor
E=Electric Powered
G=Gas Powered
D=Diesel Powered
FT=Front Tire
DT=Drive Tire
TT=Trailing Tire

Figure 2.11 Durée de vie selon US Army Corps of Engineers
Tirée de US Army Corps of Engineers (2011)

chaque modèle d'équipement sera plus utile pour mettre en place une base de données, plutôt qu'une publication plus générale.

2.2 Coût lié à l'opération

Le coût d'opération est considéré comme un élément majeur dans le coût de location d'un équipement. Pour déterminer le coût total lié à l'opération d'un équipement, les paramètres suivants sont identifiés et leur méthode d'estimation est comparée : le carburant, l'entretien, les lubrifiants, les pneus, l'opérateur et les pièces accessoires.

Notons que l'entretien mécanique peut avoir un impact sur deux éléments du coût de possession, soit la durée de vie et la valeur résiduelle, selon Monga et Zuo (2001) et Lucko (2003). De plus, la gestion de la maintenance devrait être étudiée, afin de diminuer les temps d'arrêt, selon Nepal et Park (2004).

2.2.1 Le carburant (consommation et coût)

Les frais afférents à la consommation de carburant représentent une fraction importante des coûts d'opération. Il existe notamment deux façons d'obtenir la consommation de carburant d'un équipement de construction. La première est une équation montrant la relation entre la consommation et la puissance motrice d'un équipement, tandis que la deuxième est d'utiliser les données des manufacturiers. Le Tableau 2.4 présente la méthode proposée selon les publications.

Nous pouvons constater que la plupart des références utilisent la puissance motrice du moteur pour déterminer la consommation de carburant. Il y a certes un lien entre ces deux éléments, mais la technologie des moteurs s'améliore avec les années et il est probablement plus pertinent d'utiliser les données des manufacturiers. À titre d'exemple, la Figure 2.12 présente la consommation horaire selon le modèle exact d'équipement et de l'intensité de l'utilisation.

Tableau 2.4 Comparaison de la consommation de carburant

Publication	**Méthode utilisée**
Gransberg *et al.* (2006)	Présente un tableau de constantes où la consommation horaire par « HP » dépend du type d'équipement et de l'intensité du travail.
Letocha (1982)	Présente une fonction où la consommation horaire dépend de la puissance en kilowattheures du moteur, du type de carburant et de l'intensité du travail.
Nichols (1976)	Présente une fonction où la consommation horaire dépend de la puissance en «HP» du moteur, du type de carburant et de l'intensité du travail. Il s'agit du même principe que Letocha (1982), mais en utilisant une puissance motrice en «HP».
Peurifoy *et al.* (2011)	Utilise une constante de consommation selon le type de carburant. La consommation horaire de diesel est de 0.04 gallon par «HP» et celle de l'essence est de 0.06 gallon par «HP».
US Army Corps of Engineers (2011)	Présente un tableau de constantes où la consommation horaire par « HP » dépend des caractéristiques de l'équipement et du type de carburant.
Caterpillar (2010), John Deere (2012), Komatsu (2009)	Présentent un tableau de consommation horaire selon le modèle exact de l'équipement et l'intensité de son utilisation.

Nous pouvons constater à la Figure 2.12 que la consommation de carburant varie grandement entre les modèles de niveleuses et entre l'intensité de l'utilisation. À titre d'exemple, le modèle 12M consomme 15.7 à 20.4 litres par heure, tandis que le modèle 24M consomme 49.2 à 68.1 litres par heure, tous deux dans des conditions d'opération normales.

Quant au prix unitaire du carburant, la Régie de l'énergie (2009-2013), publie les données hebdomadaires, selon la région administrative, notamment la Côte-Nord et le Nord-du-Québec (excluant le Nunavik). Pour ce qui est du Nunavik, la Régie de l'énergie nous a fourni les données présentées à l'Annexe I.

MOTOR GRADERS

Model	Low		Medium		High	
	liter	U.S. gal	liter	U.S. gal	liter	U.S. gal
120K	9.0-12.9	**2.4-3.4**	12.9-16.7	**3.4-4.4**	16.7-20.6	**4.4-5.4**
120M	10.2-14.6	**2.7-3.9**	14.6-19.0	**3.9-5.0**	19.0-23.3	**5.0-6.2**
12M	11.0-15.7	**2.9-4.2**	15.7-20.4	**4.2-5.4**	20.4-25.1	**5.4-6.6**
140K	12.3-17.6	**3.3-4.7**	17.6-23.0	**4.7-6.1**	23.0-28.2	**6.1-7.5**
140M	13.5-16.4	**3.6-4.3**	16.4-21.3	**4.3-5.6**	21.3-30.9	**5.6-8.2**
160K	14.0-20.0	**3.7-5.3**	20.0-26.0	**5.3-6.9**	26.0-32.0	**6.9-8.5**
160M	14.6-17.8	**3.9-4.7**	17.8-23.1	**4.7-6.1**	23.1-33.5	**6.1-8.8**
14M	15.7-22.4	**4.1-5.9**	22.4-29.1	**5.9-7.7**	29.1-39.8	**7.7-10.5**
16M	20.4-29.1	**5.4-7.7**	29.1-37.9	**7.7-10.0**	37.9-46.6	**10.0-12.3**
24M	36.0-49.2	**9.5-13.0**	49.2-68.1	**13.0-18.0**	68.1-83.3	**18.0-22.0**

Typical Application Description
(relative to work application)

Low — Light road maintenance. Finish grading. Plant and road mix work. Large amounts of traveling. Light snow plowing.

Medium — Haul road maintenance. Average road maintenance, road mix work, scarifying. Road construction, ditching, loose fill spreading. Land forming, land leveling and elevating grader use. Medium to heavy snow removal.

High — Heavy maintenance of hard packed roads with embedded rock. Heavy fill spreading, base material spreading and ditching. Ripping/scarifying of asphalt or concrete. Continuous high load factor. High impact. Heavy snow plowing.

Load Factor Guide
(average engine load factor based on application description for each range)

Low 35%-50%
Medium 50%-65%
High 65%-80%

Figure 2.12 Consommation de carburant
Tirée de Caterpillar (2010)

2.2.2 L'entretien mécanique

L'entretien mécanique contient deux parties, soit l'entretien préventif et l'entretien correctif. À cela peuvent s'ajouter des programmes de prévention qui permettent de retarder le remplacement de l'équipement et d'éviter les temps d'arrêt non planifiés. Dans la documentation consultée, l'entretien préventif et correctif sont regroupé sous un seul paramètre. Le coût d'entretien mécanique est normalement bas au début de la vie utile de l'équipement, puis augmente avec les années. Le Tableau 2.5 présente les caractéristiques des publications consultées. Nous pouvons constater que la majorité des publications consultées optent pour un coût horaire constant tout au long de la durée de vie de l'équipement, plutôt qu'un coût progressif qui reflète davantage la réalité. Un coût constant permet d'épargner une portion des coûts d'entretien dans les premières années, afin d'être en mesure d'absorber les coûts plus importants plus tard, tout en conservant le même coût horaire d'entretien.

Tableau 2.5 Comparaison du coût d'entretien

Publication	**Méthode utilisée**
Caterpillar (2010)	Présente le coût d'entretien selon le modèle de l'équipement et le nombre d'heures d'utilisation projetée.
Gransberg *et al.* (2006)	Présente le coût d'entretien comme étant un pourcentage du coût total de l'équipement, en fonction de la sévérité de l'opération. Le coût d'entretien est ensuite réparti sur une base horaire qui varie en fonction de l'année d'utilisation. Donc, plus l'équipement viellit, plus le coût d'entretien sera élevé.
Letocha (1982)	Présente le coût d'entretien comme étant une portion de la valeur totale dépréciable selon le type d'équipement. Celle-ci est par la suite divisée par le nombre d'heures d'utilisation prévues.
Nichols (1976)	Identifie 11 facteurs influençant le coût d'entretien et ceux-ci doivent être multipliés ensemble par un dix millième de la valeur d'achat, excluant les pneus. La valeur obtenue est le coût horaire d'entretien.
US Army Corps of Engineers (2011)	Présente le coût d'entretien comme étant fonction de la relation entre la valeur à neuf de l'équipement, excluant les pneus, et un facteur de réparation. Ce facteur est un pourcentage de la valeur initiale de l'équipement ajusté en fonction d'un indice économique et d'un indice du coût de la main-d'œuvre.

Plusieurs facteurs influencent le coût d'entretien, notamment les conditions d'opération, l'opérateur, le type d'équipement, le fabricant, la localisation, etc. De ce fait, on peut expliquer la variance des coûts d'entretien mécanique trouvée. À titre d'exemple, la Figure 2.13 montre que le coût horaire d'entretien pour un « D8R » peut varier entre 4.75 $ et 10.50 $. La variance de la sévérité des conditions d'utilisation est représentée par les extrémités des lignes horizontales du graphique.

Nous pouvons constater que la variance selon chaque modèle de bouteur est différente. Lorsqu'on compare le coût horaire d'entretien le plus élevé du bouteur D8R, pour 10 000 heures d'utilisation, cela se traduit par une différence significative de l'ordre d'environ

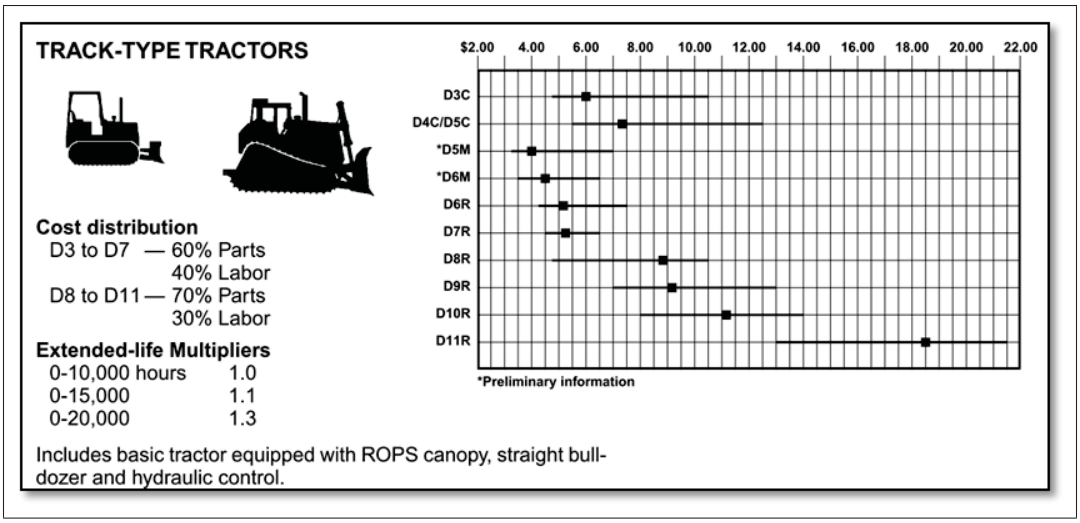

Figure 2.13 Exemple de coût d'entretien
Tirée de Caterpillar (1998)

57 000 $. De là l'importance de connaître précisément l'impact des conditions d'utilisation de l'équipement sur le coût d'entretien mécanique. De plus, si l'on prévoit utiliser l'équipement plus de 10 000 heures, le coût d'entretien doit être augmenté par un facteur multiplicatif.

2.2.3 Les lubrifiants

L'entretien de l'équipement passe aussi par le remplacement de ses divers lubrifiants. Ceux-ci doivent être changés selon une fréquence propre à chaque équipement. Le coût des lubrifiants inclues la main-d'oeuvre nécessaire pour effectuer le travail et les lubrifiants eux-mêmes. Cette portion du coût est relativement faible comparée aux autres frais d'exploitation. Le Tableau 2.6 présente les caractéristiques des publications consultées.

Nous pouvons constater que le coût des lubrifiants semble difficile à estimer avec précision dans la plupart des références. Seule la Direction générale des acquisitions du Centre de services partagés du Québec (2011) propose une approximation du coût des lubrifiants.

L'équation 2.1, tiré de Peurifoy *et al.* (2011), montre une fonction qui évalue la consommation horaire d'huile à moteur.

Tableau 2.6 Comparaison du coût des lubrifiants

Caterpillar (1998)	Présente une consommation horaire d'huile, selon le modèle d'équipement, ainsi que la quantité de raccords à lubrifier sur une période de 2000 heures, mais sans indiquer le coût horaire de ces éléments. Par contre, on retrouve le coût horaire des filtres pour chaque modèle d'équipement.
Direction générale des acquisitions du Centre de services partagés du Québec (2011)	Le coût lié aux lubrifiants et aux filtres équivaut à 25 % du coût de carburant, peu importe l'équipement.
Gransberg *et al.* (2006), Peurifoy *et al.* (2011)	Les deux publications suggèrent d'utiliser une fonction qui considère le nombre de « HP », un facteur lié à l'opérateur, la capacité du carter moteur et la fréquence des vidanges d'huile, pour trouver la consommation horaire de lubrifiant.
John Deere (2012)	Présente le coût des lubrifiants dans un tableau où le coût horaire des pièces et de la main-d'œuvre est en fonction du modèle d'équipement.
Komatsu (2009)	Présente, pour chacun de ses équipements, une consommation horaire de chaque type de lubrifiant.
US Army Corps of Engineers (2011)	Présente la proportion du coût des huiles, filtres et graisses pour chaque type d'engin. L'auteur propose une fonction pour calculer le coût horaire qui est une relation entre la localisation, le coût de carburant et la proportion liée aux lubrifiants.

$$Q = \frac{hp \cdot f \cdot 0.006}{7.4} + \frac{c}{t} \tag{2.1}$$

Où :

Q Quantité consommée (gallons/heure)

hp Puissance moteur (hp)

f Facteur d'opération (%)

c Capacité du carter moteur (gallons)

t Nombre d'heures entre les changements d'huile (h)

Nous pouvons calculer qu'un équipement ayant une puissance motrice de 158 «HP», une capacité du carter moteur de 30 litres, soit approximativement 8 gallons, un facteur d'opération négligeable et une fréquence de vidange d'huile de 400 heures, consommerait

Rapport-Gratuit.com

0.32 gallon d'huile par heure. Il peut être intéressant de connaître la consommation d'huile, mais cela ne résulte pas en un coût horaire spécifique aux lubrifiants.

2.2.4 Les pneus et trains de roulement

Les pneus et trains de roulement des équipements s'usent avec l'utilisation et peuvent subir des crevaisons ou des bris. Il faudra donc les remplacer à l'occasion et les réparer au besoin. La fréquence de remplacement dépendra entre autres des conditions du terrain, de la pression des pneus et de leurs positions, de la charge transportée par l'équipement, etc. Les manufacturiers d'équipements, ainsi que les fabricants de pneus, publient normalement leur durée de vie, mais celle-ci varie considérablement en fonction des conditions d'utilisation. Le Tableau 2.7 présente les caractéristiques des publications consultées.

Nous pouvons constater que le pourcentage du coût lié aux réparations est souvent égal à 15% de la valeur des pneus. La seule méthode qui considère le coût d'emprunt est l'équation de Peurifoy (2011), telle que montrée à l'équation 2.2, tiré de Peurifoy *et al.* (2011).

$$A = P \cdot \left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right) \tag{2.2}$$

Où :

A	Annuité ($/année)
P	Valeur actuelle ($)
i	Taux d'intérêt (%)
n	Nombre d'années

L'équation représente l'annuité correspondant à une valeur actuelle (P), distribuée sur un certain nombre d'années (n) et à un taux d'intérêt (i). L'équation 2.3 reprend cette équation et divise l'annuité obtenue par un nombre d'heures d'utilisation, afin d'obtenir un coût horaire. Nous pouvons constater, à l'équation 2.3, que lorsque le coût des pneus est de 38 580 $, la durée de vie de 4 ans et le taux d'intérêt est de 8 %, on obtient un coût de 4.66 $ par heure d'utilisation.

$$A = 38580\$ \cdot \left(\frac{0.08(1+0.08)^4}{(1+0.08)^4 - 1} \right) \Rightarrow 4.66\$/h \tag{2.3}$$

Tableau 2.7 Comparaison du coût des pneus et trains de roulement

Caterpillar (2010), Komatsu (2009)	La durée de vie des pneus est présentée selon le type d'équipement et la sévérité de l'opération. Le coût horaire est défini en divisant le montant d'achat des pneus par la durée de vie des pneus. Pour le train de roulement, seulement Caterpillar(2010) présente une méthode de calcul qui considère le modèle de l'équipement et les conditions d'opération.
Gransberg *et al.* (2006)	Présente la durée de vie moyenne des pneus selon le type d'équipement et la sévérité de l'utilisation. Il divise le coût des pneus par la durée de vie trouvée et multiplie ce coût par 15%, afin d'inclure les réparations.
John Deere (2012)	Se concentre davantage sur le coût horaire des trains de roulement. Il présente un coût horaire pour chaque modèle d'équipement dépendamment de la sévérité de l'opération.
Letocha (1982)	Propose un coût horaire en divisant le coût des pneus par la durée de vie, située entre 1000 et 8000 heures, et ajoute 15% pour les frais de réparation.
Peurifoy *et al.* (2011)	Intègre la durée de vie des pneus et le coût d'intérêt de l'emprunt.
US Army Corps of Engineers (2011)	Divise le coût des pneus par leur durée de vie en heures et considère la position du pneu, le type d'équipement, la sévérité des conditions d'utilisation, les réparations (15% du coût des pneus), la zone d'utilisation et que 50% des pneus sont réusinés. Il inclut l'usure du train de roulement dans l'entretien mécanique.

Pour ce qui est des composantes du train de roulement, celles-ci s'usent différemment selon les conditions d'utilisation. Il y a plusieurs facteurs influençant l'usure, notamment les conditions de sol, la pente où les travaux sont effectués et la qualification de l'opérateur. La Figure 2.14 présente le coût horaire pour des modèles de bouteurs, selon la sévérité de l'opération.

Nous pouvons constater qu'un bouteur 450J opérant dans des conditions normales aurait un coût horaire, pour l'usure de son train de roulement, de 4.40 $.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Undercarriage (US $/hour)			
MODEL	LOW	AVERAGE	SEVERE
Crawler Dozers			
450J	2.64	4.40	7.91
450J (LGP)	2.59	5.18	8.81
550K (Extra Long Track)	3.21	5.34	9.62
550K (LGP)	3.09	6.19	10.52
650K (Extra Long Track)	2.84	4.74	8.53
650K (LGP)	3.12	6.25	11.24
700K (Extra Long Track)	3.54	5.90	10.62
700K (LGP)	3.76	7.53	13.55
750K (Standard / Long Track)	4.17	6.94	12.50

Figure 2.14 Coût horaire du train de roulement
Tirée de John Deere (2012)

2.2.5 Le salaire de l'opérateur

Pour le Québec, il existe une convention collective qui décrit les conditions de travail des opérateurs. Tel que montré à la Figure 2.15, le taux horaire total comprend le salaire, les vacances, le coût des associations, les avantages sociaux, etc. À titre d'exemple, le coût horaire total d'un opérateur de grues est de 54,40 $.

COÛT HORAIRE DE LA MAIN-D'OEUVRE DANS L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION AU QUÉBEC AU 1ER JANVIER 2013 SECTEUR GÉNIE CIVIL ET VOIRIE - ANNEXE "E-4" (LIGNES ET POSTES D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE, TOURS ET RÉSEAUX DE COMMUNICATION ET CATÉNAIRES)

	(1) Taux de salaire	(2) Vac.	(3) Sal. brut	(4) As. emp.	(5) RQAP	(6) R.R.Q.	(7) F.S.S.	(8) Av. soc.	(9) Taxe sur ass.	(10) Cot. CCQ	(11) Cot. AECQ	(12) Fonds divers	(13) Autres contrib.	(14) Cot. ACRGTQ	(15) Total	AUTRES COÛTS			
																CSST	Adm.	Autres	Grand total
ANNEXE "E-4" DE LA CONVENTION COLLECTIVE SECTEUR GÉNIE CIVIL ET VOIRIE - Métiers et spécialités																			
Mécanicien de machines lourdes	35,57	4,62	40,19	0,86	0,31	2,07	1,81	6,575	0,225	0,30	0,03	0,22	0,60	0,03	53,23				
Monteur 1re classe	38,16	4,96	43,12	0,92	0,34	2,22	1,93	6,575	0,225	0,32	0,03	0,22	0,55	0,03	56,48				
Monteur 2e classe	36,55	4,75	41,30	0,88	0,32	2,13	1,86	6,575	0,225	0,31	0,03	0,22	0,55	0,03	54,43				
Monteur 3e classe	32,33	4,20	36,53	0,78	0,29	1,88	1,65	6,575	0,225	0,27	0,03	0,22	0,55	0,03	49,04				
Monteur 4e classe	31,49	4,09	35,58	0,76	0,28	1,84	1,61	6,575	0,225	0,27	0,03	0,22	0,55	0,03	47,96				
Monteur "T"	36,07	4,69	40,76	0,87	0,32	2,10	1,83	6,575	0,225	0,31	0,03	0,22	0,55	0,03	53,81				
Opérateur de compresseurs	32,74	4,26	37,00	0,79	0,29	1,91	1,67	6,575	0,225	0,28	0,03	0,22	0,55	0,03	49,56				
Opérateur de grue	36,53	4,75	41,28	0,88	0,32	2,13	1,85	6,575	0,225	0,31	0,03	0,22	0,55	0,03	54,40				

Figure 2.15 Coût horaire de la main-d'œuvre
Tirée de Association des Constructeurs de Routes et Grands Travaux du Québec (ACRGTQ) (2010)

2.2.6 Pièces accessoires

Les pièces accessoires s'érodent lors de leur contact avec le sol. Selon Caterpillar (2010), ce sont des composantes telles que les bords tranchants (cutting edges), dents défonceuses (ripper teeth), dents du godet (bucket teeth), lame racleuse (router bits), etc. qui s'usent. D'après les références consultées, ce coût est normalement dissocié du coût d'opération et seulement John Deere (2012) et Komatsu (2009) proposent une durée de vie pour ces composantes. Les durées de vie montrées à la Figure 2.16 sont pour des conditions normales.

Nous pouvons constater que les dents du godet d'une chargeuse de modèle 310SK ont une durée de vie de 1000 heures, dans des conditions normales.

Ground-Engaging Tools (hours)

MODEL	EXC. B/L MG CUTTING EDGE STD.	LOADER BUCKET CUTTING EDGE	BOLT-ON EDGE	BUCKET TEETH	JAGZ™ CUTTING EDGE	RIPPER SHANKS	25% USE FACTOR RIPPER TEETH	25% USE FACTOR SCARIFIER TIPS	STINGERS™ (CARBIDE)	DURA-MAX™ EDGE	SIDE CUTTERS
Tractor Loaders											
210K EP/210K	4,000	5,000	1,000	—	—	—	—	—	—	—	—
Backhoe Loaders											
310K EP/310K	4,000	5,000	1,000	1,000	—	—	—	—	—	—	—
310SK	4,000	5,000	1,000	1,000	—	—	—	—	—	—	—
310SK TMC	4,000	5,000	1,000	1,000	—	—	—	—	—	—	—
410K	4,000	5,000	1,000	1,000	—	—	—	—	—	—	—
410SK TMC	4,000	5,000	1,000	1,000	—	—	—	—	—	—	—
710K	4,000	5,000	1,000	1,000	—	—	—	—	—	—	—

Figure 2.16 Durée de vie moyenne des pièces accessoires
Tirée de John Deere (2012)

2.3 Coûts indirects

Les coûts indirects sont généralement divisés en deux catégories, soit les frais généraux d'entreprise et les frais généraux de chantier. L'industrie utilise souvent un pourcentage du coût total du projet pour estimer les frais d'administration. Ce pourcentage est approximatif et souvent sous-estimé, selon Assaf et al. (2001). Les coûts indirects sont difficiles à prévoir étant donné la quantité et la complexité des intrants. Le type d'information trouvé est souvent

superficiel et exprimé par une fourchette de pourcentages. Dans cette section, nous avons dressé un portrait grossier des composantes des frais généraux d'entreprise et de chantier.

2.3.1 Frais généraux d'entreprise

Les frais généraux d'entreprise ont pour but le maintien des immobilisations et l'administration de l'entreprise. Ces frais peuvent inclure notamment les diverses allocation pour l'exploitation du siège social, du matériel de bureau, des cadres, des employés de soutien, du financement, des assurances, de l'entretien, la dépréciation des actifs, la publicité, les services juridiques, etc. selon le Lowe *et al.* (2003). La publication de Means (2011) présente également une multitude d'informations sur les frais généraux d'entreprise. La Figure 2.17 montre la proportion du coût lié au siège social en proportion du chiffre d'affaires. Nous pouvons constater que pour un

01 31 13.40 Main Office Expense		Crew	Daily Output	Labor-Hours	Unit	Material	2012 Bare Costs Labor	Equipment	Total	Inc
0080	To $1,000,000, minimum				% Vol.				16%	
0090	Maximum								19%	
0110	To $3,000,000, minimum								14%	
0120	Maximum								16%	
0125	Annual volume under 1 million dollars								17.50%	
0130	To $5,000,000, minimum								8%	
0140	Maximum								10%	
0150	Up to 4.0 million dollars								6.80%	
0200	Up to 7.0 million dollars								5.60%	
0250	Up to 10 million dollars								5.10%	
0300	Over 10 million dollars								3.90%	

Figure 2.17 Coût siège social en proportion du chiffre d'affaires
Tirée de Means (2011)

chiffre d'affaires de 10 millions, le coût de fonctionnement du siège social serait d'environ 5.1 %. Il serait intéressant de définir les frais généraux d'entreprise plus précisément et de les imputer aux coûts de location des équipements.

2.3.2 Frais généraux de chantier

Les frais généraux de chantier représentent les coûts liés à la gestion et au support des activités de chantier. Les frais généraux de chantier sont davantage variables, à l'opposé des frais généraux d'entreprise, qui sont relativement constants, selon Halpin (1985). Les frais généraux

de chantier peuvent inclure la mobilisation, la supervision, les assurances, le contrôle qualité, les installations temporaires, etc. (Sami et Abdul-Malak (2008) et Means (2011)).

Quant au coût de mobilisation et de démobilisation, il consiste au transport aller-retour de l'équipement et à son assemblage et désassemblage, s'il y a lieu. Les variables à considérer pour le transport sont évidemment le poids et les dimensions. Ceux-ci sont disponibles dans les publications des manufacturiers et dans Equipment Watch (2013). Gransberg *et al.* (2006) apporte une précision intéressante, soit que le coût de mobilisation et de démobilisation doit inclure les frais de douanes et les permis spéciaux de transport, le cas échéant. Enfin, il serait intéressant de définir plus précisément les frais généraux de chantier et de les imputer aux coût de location des équipements.

2.4 Facteurs influençant la productivité

La productivité d'un équipement peut varier grandement en fonction d'une multitude de facteurs. Dans le cas où Hydro-Québec souhaiterait estimer le coût de certaines tâches ou projets avec le progiciel, il serait intéressant que le progiciel puisse fournir des coûts unitaires. Pour déterminer les coûts unitaires, il faut connaître la productivité des équipements dans chaque situation où ils peuvent opérer. Pour le moment, nous ferons seulement un survol de l'effet des conditions météorologiques et des conditions de travail sur la productivité.

2.4.1 Les conditions météorologiques

Le froid, les blizzards et l'hiver ont un impact certain sur le coût d'utilisation et sur la productivité des équipements. Dès que le mercure atteint un certain niveau, il devient essentiel de préchauffer les pièces mécaniques et les fluides avant l'opération. Caterpillar (2007) propose un guide qui décrit les étapes à suivre lors d'un démarrage par temps froid, ainsi que les types de préchauffage et la concentration d'antigel à utiliser. L'opérateur doit procéder à un cycle de réchauffement de sa machine avant de l'opérer qui consistera à augmenter la température du système hydraulique et à réactiver la transmission. Caterpillar (2007) catégorise les conditions climatiques hivernales sur une échelle comptant 4 niveaux, soit entre 9 °C à -40 °C.

La Figure 2.18 montre la catégorie numéro quatre.Nous pouvons constater que pour une température extérieure de -30 °C à -40 °C, on recommande d'installer un équipement de chauffage pour le liquide de refroidissement, un démarreur, une batterie robuste et un système d'injection continu d'éther, qui aide au démarrage. On suggère également l'installation d'équipements de chauffage pour l'huile, le carburant et la batterie. Pour chaque catégorie de condition climatique, on recommande le mélange d'antigel à utiliser, l'ajustement de la pression des pneus ainsi que le type d'huile à favoriser. Il est possible de déterminer la catégorie de température grâce aux données relatives aux conditions météorologiques qui sont publiées pour plusieurs villes et régions éloignées du Québec par Environnement Canada (2013).

Category 4

−30 to −40 °C (−22 to −40 °F)

Table 5

Category 3 Starting Aids			
Altitude	**Engine Model**	**Recommended**	**Optional**
All Altitudes	All Models	Continuous Flow Ether	Oil Heater
		Coolant Heater	Fuel Heater
		Heavy Duty Battery and Starter(1)	Battery Warmer

(1) Contact your Caterpillar dealer for availability for your machine model.

Use only SAE 0W-40 or a lower viscosity multigrade oil. Do not use any SAE 15W, SAE 10W or 5W multigrade oils in category 3 temperatures. Refer to the machine Operation and Maintenance Manual and Special Publication, SEBU6251 for more information.

Figure 2.18 Considération pour température de catégorie 4
Tirée de Caterpillar (2007)

Selon l'International Association of Engineers Insurers (2012), le froid cause une baisse de productivité de l'équipement. À titre d'exemple, la Figure 2.19 montre qu'à température de 0°F, soit l'équivalente de -18 °C, les tâches effectuées par les équipements subissent une perte de productivité de l'ordre de 10 à 20 pourcent.

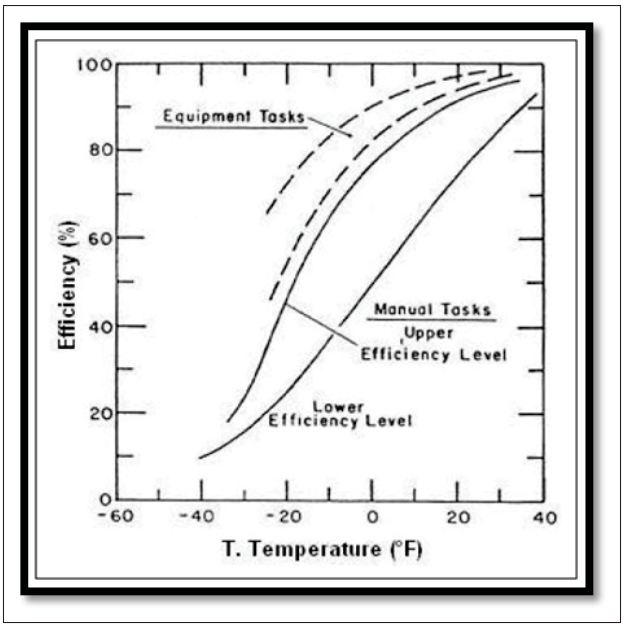

Figure 2.19 Effet de la température sur les tâches manuelles et d'équipement
Tirée de International Association of Engineers Insurers (IMIA) (2012)

De plus, toujours selon l'International Association of Engineers Insurers (2012), lorsqu'il y a précipitation de neige, la productivité des tâches effectuées par les équipements diminue. À titre d'exemple, la Figure 2.20 montre qu'une faible précipitation de neige résulte en une perte de productivité d'environ 5 %.

Nous pouvons constater que les conditions météorologiques peuvent avoir un impact considérable sur la productivité des équipements, puisque la visibilité et le froid peuvent réduire ou empêcher l'opération. Lors d'un blizzard, la distance visible est tellement courte, que les travaux peuvent être arrêtés pour des raisons de santé et sécurité.

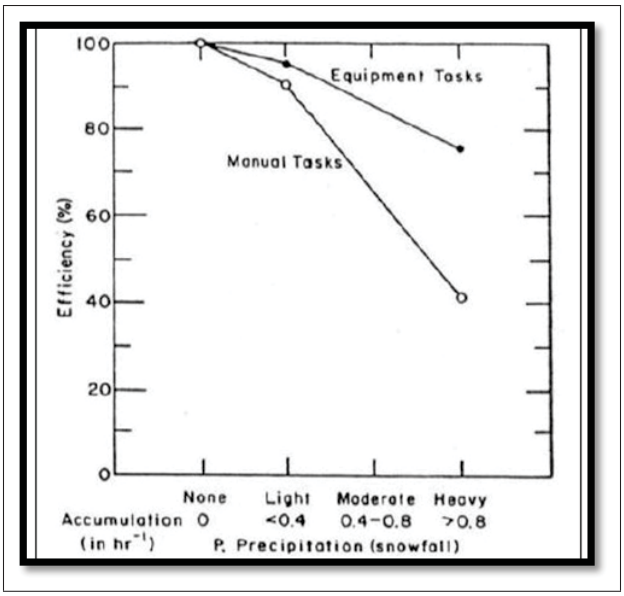

Figure 2.20 Effet des chutes de neige sur les tâches manuelles et les équipements
Tirée de International Association of Engineers Insurers (IMIA) (2012)

2.4.2 Les conditions de travail

Pour l'effet des conditions de travail, les guides de performance des manufacturiers, tels Caterpillar (2010), Komatsu (2009) ou John Deere (2012), publient les performances de leurs équipements, selon les conditions d'opérations. Ces données sont propres à chaque équipement et ne considèrent pas les facteurs externes qui affectent l'opération. Selon Schwartzkopf (2004), la quantité de travail hebdomadaire ainsi que la périodicité a un effet sur la productivité. À titre d'exemple, la Figure 2.21 montre qu'après la quatrième semaine de 50 heures, la productivité du travailleur est diminuée de 10 %. Nous pouvons constater que même les conditions de travail ont un impact sur la productivité des travailleurs. Cependant, l'effet sur la productivité d'un travailleur opérant un équipement n'est pas clairement défini.

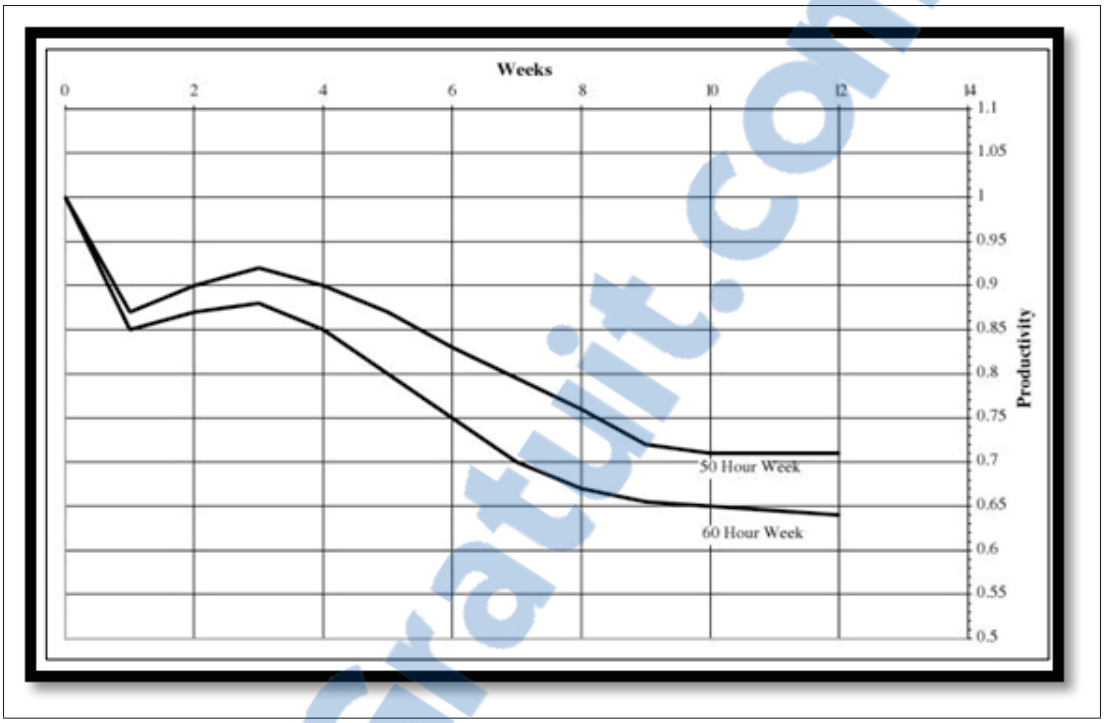

Figure 2.21 Effet cumulatif des heures supplémentaires sur la productivité
Tirée de Schwartzkopf (2004)

2.5 Progiciels existants

Il est important de vérifier ce qui existe sur le marché en terme de progiciel, afin de déterminer s'il y a réellement un besoin de développer un nouveau progiciel. Deux principaux progiciels sont analysés, celui de Volvo (2013) et celui de Equipment Watch (2013).

2.5.1 Progiciel Volvo

Il existe un programme interactif très intéressant, développé par Volvo. Celui-ci offre à l'utilisateur la possibilité de modifier plusieurs intrants du taux de location. La Figure 2.22 montre le tableau de bord du manufacturier, qui est disponible sur son site Internet. La colonne de gauche contient les intrants qui peuvent être modifiées, entre autres le coût unitaire de carburant, la consommation de carburant, le coût et la durée de vie des pneus, le coût d'achat, le nombre d'années de dépréciation, la valeur résiduelle, etc. La modification de ces intrants a un effet immédiat sur les trois tableaux centraux représentant le coût de possession, d'opération et le coût total. Dans la partie droite de la figure, Volvo présente deux graphiques circulaires

Rapport-Gratuit.com

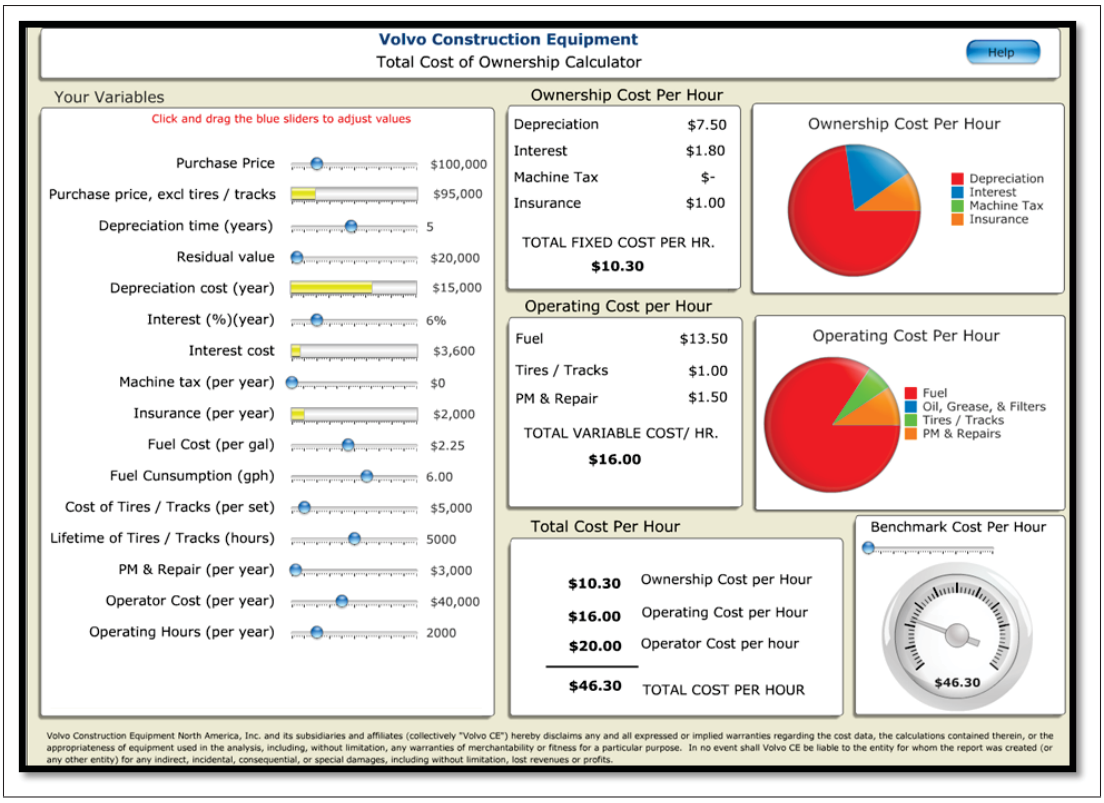

Figure 2.22 Progiciel interactif
Tirée de Volvo (2013)

montrant la proportion de chacun des paramètres du coût de possession et du coût d'opération. Ce programme est un point de départ intéressant, en ce sens qu'un prototype semblable à celui-ci pourrait être développé et lié à une base de données, afin d'augmenter la précision du taux de location.

2.5.2 Progiciel Equipment Watch

Le site internet d'Equipment Watch(2013) propose plusieurs progiciels qui sont très intéressants. Le plus adapté à nos recherches est nommé «Custom Cost Evaluator». Le fonctionnement du progiciel est fort simple, la première étape est de choisir quel modèle d'équipement, l'utilisateur souhaite déterminer le taux de location. Une page présentant les coûts normaux apparait ensuite et l'utilisateur peut, s'il le juge nécessaire, ajuster les intrants, notamment le coût du carburant, la durée de vie des pneus, le taux horaire du mécanicien, la consommation de carburant de l'équipement, le taux d'intérêt, etc.

Ce progiciel est d'apparence extrêmement intéressante. Par contre, il n'est pas possible, pour la plupart des paramètres, de connaître l'équation utilisée. De plus, il est difficile de déterminer un taux de location en fonction de conditions spécifiques.

Ce progiciel est largement utilisé, principalement aux États-Unis, mais rien ne nous assure que les estimations sont précises et que ses données peuvent être appliquées à un marché bien différent qu'est celui du Québec.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

CHAPITRE 3

CHOIX DES PARAMÈTRES À CONSIDÉRER

La revue de la littérature a permis de constater que le taux de location est constitué d'une multitude de paramètres et que plusieurs méthodes sont disponibles pour calculer chacun d'eux. Dans ce chapitre, les paramètres sélectionnés pour le calcul du taux de location sont présentés et expliqués. Après avoir sélectionné les paramètres de calcul, le prochain chapitre présentera les méthodes de calcul existantes pour chacun des paramètres et la méthode préconisée.

3.1 Les paramètres du non-usage

Les paramètres de la catégorie du non-usage représentent les coûts périodiques associés au temps. Dans cette section, les paramètres suivants sont expliqués : la dépréciation temporelle, le coût d'immobilisation du capital, les frais d'administration, les assurances, l'entretien lors du non-usage prolongé et le coût pour l'inventaire des pièces.

3.1.1 Dépréciation temporelle

La dépréciation temporelle est la perte de valeur de l'équipement causée, entre autres, par l'obsolescence technologique et par le vieillissement des différentes composantes. Elle doit être incluse dans le coût de non-usage, car peu importe si l'équipement opère ou non, il subit une diminution de valeur lorsque le temps passe. Il s'agit du même phénomène pour les autres types de véhicules, le modèle de l'année précédente aura certainement une valeur moindre pour une même usure.

Plusieurs facteurs peuvent avoir un impact sur la rapidité avec laquelle un équipement se déprécie. Par exemple, les caractéristiques de l'équipement tel la marque et le modèle ont un impact sur la dépréciation temporelle, puisqu'un équipement de plus grande taille et technologiquement avancé risque d'être conçu pour durer plus longtemps.

3.1.2 Le coût d'immobilisation du capital

Le coût d'immobilisation du capital représente les frais liés à l'investissement pour l'acquisition d'un équipement. Il englobe le coût d'opportunité de l'entrepreneur sur la mise

de fonds, ainsi que les intérêts sur l'emprunt bancaire. Le terme « coût d'opportunité » est interprété comme étant le retour anticipé sur investissement (mise de fond). Puisque le montant de la mise de fonds dépend de la politique d'investissement de l'entreprise, le coût d'opportunité sera négligé dans le projet. Ainsi, nous considérerons que la totalité du coût de l'équipement est financée.

3.1.3 Les assurances

Il existe deux types d'assurances pour les équipements. L'assurance de biens est applicable à chaque équipement et protège le propriétaire contre les méfaits, vols ou dommages subis lors d'un incident. L'assurance responsabilité civile est applicable à la flotte d'équipements et protège le propriétaire contre les préjudices à autrui.

Le coût de non-usage devra inclure l'assurance de bien de l'équipement et une portion de l'assurance responsabilité civile de la flotte. La pratique dans le domaine veut que la prime d'assurance de biens soit principalement dépendante de la valeur de l'équipement, tandis que la prime pour la responsabilité civile est principalement dépendante du chiffre d'affaires, du type de travaux et des habitudes de l'entrepreneur.

3.1.4 Entretien lors du non-usage prolongé

Au chantier, lorsque l'équipement n'opère pas, il doit être remisé dans un entrepôt ou à l'extérieur. Peu importe l'endroit, il y a des coûts liés à la détérioration des composantes tels les huiles, les lubrifiants, les filtres, les courroies, la batterie, etc. De plus, dépendamment de la qualité de l'entreposage de l'équipement, les composantes s'usent plus ou moins rapidement. Certains métaux se corrodent tandis que les caoutchoucs se dégradent continuellement. Selon Eliane (2010), les conditions climatiques auxquelles les métaux sont exposés ont un impact sur la corrosion.

3.1.5 Le coût d'immobilisation du capital de l'inventaire

Les pièces normalement incluses dans l'inventaire sont celles qui doivent être remplacées régulièrement comme les pièces accessoires, l'huile, les filtres, les freins, etc. Dépendamment de leurs délais de livraison habituels et de la vétusté de l'équipement, la taille de l'inventaire

peut varier. Cet inventaire nécessite la mobilisation de capitaux, il génère donc des coûts. Ainsi, nous considérons que la valeur totale de l'inventaire sera financée.

3.2 Les paramètres de l'opération

Les paramètres pour cette catégorie sont liés au fonctionnement de l'équipement. Les coûts sont applicables pour chaque heure d'opération et représentent le coût d'utilisation de l'équipement. Les paramètres considérés dans cette catégorie sont la dépréciation d'usure, le carburant, les pneus et les trains de roulement, les pièces accessoires, l'opérateur, le préchauffage et l'inspection de sécurité.

3.2.1 La dépréciation d'usure

La dépréciation d'usure est la diminution de la valeur de l'équipement en raison de l'usure liée à son utilisation. L'équipement a une certaine durée de vie d'utilisation, normalement exprimée en heures d'opération, et certains abaques prennent en compte les conditions d'utilisation qui sont communément séparées en trois catégories, soit modérées, moyennes ou sévères.

3.2.2 Le carburant

Le coût du carburant est composé du prix du carburant lui-même et des frais liés à sa distribution, tels que la livraison au chantier et les stations de remplissage.

3.2.3 Les pneus et trains de roulement

Le paramètre pneus et trains de roulement permet d'inclure l'usure et les diverses réparations des composantes de roulement pour chaque heure d'opération.

3.2.4 Les pièces accessoires

Les pièces accessoires sont les pièces métalliques qui s'usent au contact du sol, telles les dents défonceuse, la lame racleuse, etc. Ce paramètre doit inclure le coût des pièces, du personnel d'installation, du camion de service et l'utilisation du garage lorsque la température l'oblige.

3.2.5 Le préchauffage

Lors des périodes hivernales, l'équipement doit être préchauffé avant d'être opérationnel. Le préchauffage consiste à faire tourner le moteur jusqu'à l'atteinte de la température

désirée. Durant cette période, la consommation de carburant et l'usure de l'équipement, bien qu'inférieur à l'opération, doivent être considérées dans le paramètre préchauffage.

3.2.6 L'entretien

Il y a trois types d'entretien, soit le préventif qui a comme objectif la prévention des bris, le périodique qui vise à s'assurer que l'équipement fonctionne correctement et le correctif qui est la réparation du bris au moment où il survient. Ce paramètre inclut notamment la lubrification des pièces mobiles, le remplacement des lubrifiants, les inspections mécaniques, le personnel d'entretien, le nettoyage de l'équipement, les pièces, le camion de service, le coût lié à l'utilisation du garage lorsque la température l'oblige, etc.

3.3 Les paramètres indirects

Les paramètres indirects sont des coûts distincts de ceux de possession et d'opération, mais qui sont nécessaires à l'utilisation de l'équipement. Les paramètres considérés ici sont la mobilisation et démobilisation au projet et sur le site, l'inspection de sécurité et l'administration de l'équipement.

3.4 Mobilisation et démobilisation au projet et au site

La mobilisation et démobilisation au projet consiste au transport de l'équipement à partir du site d'entreposage de l'entrepreneur jusqu'à la zone d'entreposage du projet et vice-versa. La mobilisation et démobilisation au site consiste au transport à partir de la zone d'entreposage du projet jusqu'à l'endroit où se déroulent les travaux. Ces deux types de mobilisation sont déjà inclus dans les contrats d'Hydro-Québec, donc ils ne sont pas considérés dans le présent projet. Rappelons que le type d'usage mobilisation et démobilisation ne sera pas inclus dans le prototype et que pendant le déplacement de l'équipement, il faudra considérer le taux de non-usage.

3.4.1 L'administration de l'équipement

Le coût d'administration permet de dédommager l'entrepreneur pour les frais administratifs attribuables directement à l'équipement. Nous ne tiendrons pas compte de ce paramètre

puisqu'il n'y a pas de personnel administratif spécifiquement attribué à un équipement et qu'il est normalement inclus dans les coûts indirects.

3.5 Les paramètres non considérés

Les paramètres non considérés sont ceux qui ont un impact peu significatif sur le taux de location ou sont déjà considérés dans la productivité.

3.5.1 L'immatriculation

L'immatriculation sera négligée pour les équipements lourds étant donné qu'ils n'ont pas à circuler sur les routes et que le coût de l'immatriculation est de l'ordre de cinquante dollars annuellement.

3.5.2 Le reconditionnement

Le reconditionnement de l'équipement ne sera pas considéré, puisque c'est le risque que l'entrepreneur prend lorsque l'équipement est rendu à la fin de sa vie utile et qu'il décide de le reconditionner.

3.5.3 Les taxes

Quoique les taxes, TPS et TVQ, soient appréciables, le taux de location ne comprendra aucune de ces taxes pour quelques composantes que ce soient.

3.5.4 L'opérateur

Le paramètre opérateur doit inclure le salaire, les différentes cotisations de l'employé et de l'employeur, les frais de déplacement, les indemnités, les primes, les heures supplémentaires, etc. Ce paramètre peut être inclus ou non dans le taux d'opération en fonction des besoins d'Hydro-Québec.

3.5.5 L'inspection de sécurité

L'inspection de sécurité consiste en la vérification des niveaux de lubrifiants et à l'inspection générale de l'équipement. Celle-ci est nécessaire avant chaque quart de travail et occupe l'opérateur pendant un certain temps. Nous considérons que ce paramètre est inclus dans la productivité de l'opérateur, qui n'est pas considéré dans ce projet.

3.6 Conditions de chantier affectant le taux de location

Les éléments sous la catégorie conditions de chantier sont majoritairement liés à la localisation du chantier et aux conditions du site. Ils affectent la productivité, la durée de vie des équipements et doivent être considérés dans l'établissement du taux de location.

3.6.1 Conditions climatiques

Les conditions climatiques peuvent avoir un impact sur certains paramètres d'opération. Les températures extrêmes, autant l'abondance que la rareté de chaleur ont probablement un impact sur les paramètres suivants : la durée de vie de l'équipement, la consommation de diesel, le coût d'entretien, la durée du préchauffage et l'usure des pneus et trains de roulement.

3.6.2 Conditions de terrain

Les conditions de terrain, telle l'abrasivité du sol, peuvent affecter la durée de vie de certaines composantes et du même coup affectent le coût de certains paramètres d'opérations, telles la durée de vie des pièces accessoires et la durée de vie des pneus ou trains de roulement.

3.6.3 Distance des centres urbains

La distance des centres urbains affecte le coût du transport. Le coût de transport des équipements de construction est déjà inclus dans les documents contractuels d'Hydro-Québec. La distance des centres urbains a également un effet sur le coût des pièces accessoires et des pièces mécaniques.

3.6.4 Durée de location

La durée de location d'un équipement a également un impact sur le coût de location. Lorsque la période de location est courte, l'entrepreneur doit être sans cesse à l'affut d'un nouveau contrat de location. Dans ce cas, le taux de location doit être majoré en raison d'un risque plus élevé de désoccupation de l'équipement. Par contre, pour une location de longue durée, le risque de désoccupation de l'équipement est plus faible. Un facteur dégressif en fonction de la durée de location devrait être appliqué au taux de location, afin de compenser le risque de désoccupation de l'équipement.

CHAPITRE 4

DÉFINITION ET CHOIX DES MÉTHODES DE CALCUL

Au chapitre précédent, les paramètres à calculer furent définis. Ce chapitre présente les méthodes utilisées dans la littérature pour calculer chacun des paramètres sélectionnés au chapitre précédent, décrit leurs avantages et inconvénients et explique le choix de la méthode préconisée. Ceux-ci sont classés en fonction du type d'usage, soit le non-usage et l'opération. Avant d'amorcer l'explication des diverses méthodes, il nous apparaît nécessaire de présenter les termes de location utilisés, ainsi que de rappeler la notion de dépréciation.

4.1 Les termes de location utilisés

Les taux de location peuvent être basés sur différents termes : annuel, mensuel, hebdomadaire, journalier et horaire. Dans ce projet de recherche, nous proposons l'utilisation d'un terme horaire pour le taux d'opération, d'un terme journalier pour le préchauffage et d'un terme mensuelle pour le taux de non-usage. Les termes journalier et mensuel peuvent facilement être transformés en terme horaire, à la convenance d'Hydro-Québec.

4.2 La dépréciation

Tel que mentionné dans le chapitre précédent, la dépréciation se définit comme étant la « perte de valeur subie par un bien, attribuable à des phénomènes purement techniques (dépréciation physique ou usure) consécutifs, à l'utilisation du bien ou à l'action du milieu, ou à ses phénomènes d'origine économique (dépréciation fonctionnelle ou obsolescence) comme le progrès technique et les changements » (OQLF, 2013). Il se dégage donc de cette définition deux types de dépréciation soit « la dépréciation temporelle » et « la dépréciation d'usure ». Leur somme serait équivalente à la dépréciation totale telle que présentée à l'équation 4.1.

$$D_{tot} = D_t + D_u \tag{4.1}$$

Rapport-Gratuit.com

Où :

D_{tot}	Dépréciation totale
D_t	Dépréciation temporelle
D_u	Dépréciation d'usure

Plusieurs équations existent pour calculer la dépréciation d'un équipement, mais la majorité des auteurs ne font pas la distinction entre les types de dépréciation. Bien souvent, la dépréciation totale est calculée en divisant la valeur de l'équipement, intérêt inclus, par sa durée de vie d'utilisation, sans distinguer la dépréciation temporelle et la dépréciation d'usure. Cette façon de faire ne représente pas avec précision la véritable dépréciation d'un équipement, puisqu'on considère que l'équipement déprécie seulement lorsqu'il opère. En réalité, la dépréciation temporelle se manifeste, peu importe si l'équipement est utilisé ou non. La dépréciation d'usure est simplement la diminution de la valeur de l'équipement uniquement liée à son utilisation en conditions plus ou moins sévères.

Pour cette phase du projet, nous utiliserons la dépréciation totale pour le calcul du taux d'opération. Nous ferons néanmoins la distinction entre la dépréciation temporelle et la dépréciation d'usure, afin qu'éventuellement nous puissions approfondir ce concept et l'intégrer dans le prototype.

4.3 Le non-usage

Les paramètres de la catégorie du non-usage sont des coûts périodiques fixes, représentant le coût du temps, tel que :

- la dépréciation temporelle ;
- le coût d'immobilisation du capital de l'équipement ;
- l'assurance ;
- le coût d'immobilisation du capital de l'inventaire des pièces.

Pour chacun des paramètres du non-usage, les méthodes existantes, leurs avantages et inconvénients sont présentés et le choix de la méthode préconisée est expliquée.

4.3.1 Dépréciation temporelle

La dépréciation temporelle est la perte de valeur de l'équipement causée entre autres par l'obsolescence technologique et par le vieillissement des différentes composantes. Dans la littérature, les auteurs abordent le « taux d'attente » qui peut être confondu avec le terme dépréciation temporelle. Le taux d'attente inclut non seulement l'obsolescence technologique et de vieillissement des différentes composantes, mais aussi tous les paramètres du taux de non-usage et une fraction du coût d'entretien de l'équipement.

La dépréciation temporelle devrait être incluse dans le coût de non-usage, puisque l'équipement subit une diminution de valeur lorsque le temps passe, peu importe s'il opère ou non.

Cette dépréciation temporelle est d'autant plus importante à considérer lorsque l'équipement est peu utilisé. Pour le moment, il n'est pas possible de déterminer avec précision la dépréciation temporelle, malgré que nous puissions présumer que la marque et le modèle ont probablement un impact sur celle-ci. Étant donné la nécessité d'une base de données et d'une analyse plus approfondie, ce paramètre sera exclu du présent projet.

4.3.2 Le coût d'immobilisation du capital de l'équipement

Le coût d'immobilisation du capital représente les frais liés à l'investissement pour l'acquisition d'un équipement. Ce coût sera considéré à travers les paramètres de dépréciation. Selon la littérature consultée, le coût d'immobilisation du capital est réparti pour chaque heure d'opération. Les auteurs déterminent le coût d'immobilisation du capital en multipliant le taux d'intérêt par la valeur moyenne de l'équipement divisé par l'utilisation annuelle estimée. Les méthodes de calcul menant à la valeur moyenne sont peu précises et excluent parfois la valeur résiduelle qui doit être considérée dans le coût d'immobilisation du capital.

Il serait possible de répartir le coût d'immobilisation du capital sur une base mensuelle, afin d'assurer un coût constant. Pour ce faire, nous utiliserons une équation modifiée de remboursement d'emprunt. La méthode, développée par l'équipe de recherche, qui est

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

préconisée pour calculer le coût mensuel d'immobilisation du capital est montrée à l'équation ci-dessous.

$$C_{ic} = V_n \cdot \frac{\frac{I_{\%}}{12} \cdot (1 + \frac{I_{\%}}{12})^{D_v \cdot 12}}{(1 + \frac{I_{\%}}{12})^{D_v \cdot 12} - 1} \tag{4.2}$$

Où :

C_{ic}	Coût d'immobilisation du capital ($/mois)
D_v	Durée de vie de l'équipement (années)
$I_{\%}$	Taux d'intérêt annuel effectif (%)
V_n	Valeur nette ($)

Pour utiliser l'équation précédente, il est nécessaire de calculer la valeur nette de l'équipement. Nous croyons que la valeur nette de l'équipement doit inclure la mobilisation initiale, le prix de détail suggéré, le rabais à l'achat et soustraire la valeur des pneus, puisqu'ils sont déjà considérés dans l'opération. L'équation 4.3 présente l'équation, développée par l'équipe de recherche, qui est préconisée pour la définition de la valeur nette.

$$V_n = [V_s \cdot (1 - R_a)] + M_b - P_n \tag{4.3}$$

Où :

M_b	Frais de mobilisation initiale ($)
P_n	Valeur des pneus ou trains de roulement ($)
R_a	Rabais à l'achat (%)
V_n	Valeur nette ($)
V_s	Prix de détail suggéré ($)

4.3.3 L'assurance

Selon la littérature consultée, le coût d'assurance annuel est une fraction de la valeur de l'équipement. On n'y distingue pas les types d'assurance. Or, la pratique dans le domaine veut que la prime d'assurance de biens soit optionnelle et principalement dépendante de la valeur de l'équipement. La prime d'assurance de biens est habituellement une fraction de la valeur nette de l'équipement, dont nous avons exclu les frais de mobilisation initiaux et ajouté la valeur

des pneus ou trains de roulement. Nous préconisons l'équation 4.4, développée par l'équipe de recherche, pour le calcul du coût de l'assurance de biens.

$$A_b = \frac{F_{ab} \cdot (V_n - M_b + P_n)}{12} \tag{4.4}$$

Où :

A_b	Coût d'assurance de biens ($/mois)
F_{ab}	Facteur d'assurance de biens
M_b	Frais de mobilisation initiale ($)
P_n	Valeur des pneus ou trains de roulement ($)
V_n	Valeur nette ($)

La prime pour la responsabilité civile est principalement dépendante du chiffre d'affaires, du type de travaux et des habitudes de l'entrepreneur. Pour ces raisons, la prime d'assurance pour la responsabilité civile sera un montant fixe mensuel, incluse dans les coûts indirects.

4.3.4 Le coût d'immobilisation du capital de l'inventaire des pièces

Les pièces normalement incluses dans l'inventaire sont celles qui doivent être remplacées régulièrement comme les pièces accessoires, l'huile, les filtres, les freins, etc. Dans la littérature, il y a peu d'information quant aux méthodes utilisées pour calculer le coût de l'inventaire. Nous préconisons l'équation 4.5, développée par l'équipe de recherche, pour calculer le coût d'immobilisation du capital de l'inventaire, dont la valeur est constante.

$$C_{ip} = V_i \cdot \frac{I_{\%}}{12} \tag{4.5}$$

Où :

C_{ip}	Coût d'immobilisation du capital des pièces accessoires ($/mois)
$I_{\%}$	Taux d'intérêt annuel effectif (%)
V_i	Valeur de l'inventaire ($)

4.3.5 Le taux de non-usage

Le taux de non-usage est le coût mensuel payable à l'entrepreneur pour la location d'un équipement, peu importe si l'équipement opère ou non. Dans le logiciel, le terme de location par défaut sera mensuel, mais l'utilisateur aura la possibilité de répartir le coût sur une base horaire, en fonction du nombre d'heures d'opération. L'équation 4.6 effectue la sommation des différents facteurs abordés dans cette section, afin d'obtenir le taux de non-usage.

$$T_{nu} = A_b + A_r + C_{ic} + C_{ip} \tag{4.6}$$

Où :

A_b	Coût d'assurance de biens (\$/mois)
A_r	Coût d'assurance responsabilité (\$/mois)
C_{ic}	Coût d'immobilisation (\$/mois)
C_{ip}	Coût d'immobilisation du capital des pièces accessoires (\$/mois)
T_{nu}	Taux de non-usage (\$/mois)

4.4 L'opération

Les paramètres pour cette catégorie sont liés au fonctionnement de l'équipement. Les coûts sont applicables pour chaque heure d'opération et représentent le coût d'utilisation de l'équipement. Pour chacun des paramètres de l'opération, les méthodes existantes sont présentées et la méthode préconisée est expliquée. Les paramètres considérés dans cette catégorie sont :

- la dépréciation totale ;
- le carburant ;
- les pneus ou trains de roulement ;
- les pièces accessoires ;
- l'entretien.

4.4.1 La dépréciation totale

Dans la littérature, il existe une multitude de méthodes pour évaluer la dépréciation. Ces méthodes visent à évaluer la dépréciation totale plutôt que la dépréciation d'usure. Pour le moment, il n'est pas possible de déterminer la dépréciation strictement liée à l'usure, nous utiliserons donc la dépréciation totale. Les méthodes existantes sont montrées aux équations 4.7 et 4.8 :

$$D_t = \frac{V_n - V_r}{D_v} \tag{4.7}$$

Où :

D_t	Dépréciation totale ($/h)
D_v	Durée de vie de l'équipement (h)
V_n	Valeur nette ($)
V_r	Valeur résiduelle ($)

$$D_t = V_n - V_r \cdot F_d \tag{4.8}$$

Où :

D_t	Dépréciation totale ($/h)
F_d	Facteur de dépréciation
V_n	Valeur nette ($)
V_r	Valeur résiduelle ($)

L'équation 4.7 divise la valeur de l'équipement déprécié par la durée de vie de l'équipement. C'est une dépréciation totale de type linéaire.

L'équation 4.8 soustrait la valeur résiduelle de la valeur de l'équipement et multiplie le tout par un facteur de dépréciation. Ce facteur permet de déprécier l'équipement selon la méthode de la somme des nombres ou selon la méthode dégressive, vue à la section 2.1.3.

L'équation 4.8 est davantage représentative de la dépréciation réelle, mais peut nuire à la compétitivité de l'entrepreneur, puisque la dépréciation est plus élevée pendant les

premières années. Nous préconisons donc l'équation 4.7, en raison de la constance de la dépréciation.

4.4.2 Le carburant

Dans la littérature, il existe deux équations qui sont utilisées pour déterminer le coût du carburant. L'équation 4.9 provient de Letocha (1982) et l'équation 4.10 provient de John Deere (2012).

$$C_c = H_p \cdot C_{cu} \cdot F_c \tag{4.9}$$

Où :

C_c	Coût horaire du carburant ($/h)
C_{cu}	Coût unitaire du carburant ($/l)
F_c	Facteur de consommation par HP
H_p	Puissance motrice (HP)

$$C_c = C_d \cdot C_{cu} \tag{4.10}$$

Où :

C_c	Coût horaire du carburant ($/h)
C_{cu}	Coût unitaire du carburant ($/l)
C_d	Consommation horaire de diesel (l/h)

L'équation 4.9 utilise le nombre de HP ainsi qu'un facteur associé à la consommation de carburant par HP. Le coût du carburant obtenu par cette méthode n'est pas à préconiser, puisque le facteur de consommation par HP utilisé dans la littérature date de plusieurs années, est utilisé pour tous les types d'équipements et risque de ne pas considérer l'efficacité des engins récents.

L'équation 4.10 utilise la consommation du manufacturier en fonction de l'intensité de l'utilisation. Nous préconisons une adaptation de la deuxième équation, en raison de la disponibilité des données et de leur mise à jour par les manufacturiers.

Les frais de livraison du carburant au chantier sont déjà considérés dans les documents contractuels d'Hydro-Québec. Cependant, le coût de distribution sur le chantier n'est pas considéré. Pour remédier à cette situation, nous préconisons l'équation 4.11, développée par l'équipe de recherche, qui ajoute un facteur multiplicatif au coût du carburant.

$$C_c = C_d \cdot C_{cu} \cdot F_{dc} \tag{4.11}$$

Où :

C_c	Coût horaire du carburant (\$/h)
C_{cu}	Coût unitaire du carburant (\$/l)
C_d	Consommation horaire de diesel (l/h)
F_{dc}	Facteur de distribution du carburant

4.4.3 Les pneus ou trains de roulement

Le paramètre pneus ou trains de roulement permet d'inclure l'usure et les diverses réparations des composantes de roulement pour chaque heure d'opération. Dans la littérature, il y a plusieurs méthodes permettant de calculer le coût des pneus ou trains de roulement. L'équation 4.12 tirée de Letocha (1982), l'équation 4.13 tirée de Gransberg *et al.* (2006) et l'équation 4.14 tirée de Peurifoy *et al.* (2011) présentent les principales méthodes.

$$C_{up} = \frac{P_n}{P_v} \tag{4.12}$$

Où :

C_{up}	Coût d'usure des pneus ou trains de roulement (\$/h)
P_n	Valeur des pneus ou trains de roulement (\$)
P_v	Durée de vie du pneu/train de roulement (h)

$$C_{up} = F_r \cdot \frac{P_n}{P_v} \tag{4.13}$$

Où :

C_{up}	Coût d'usure des pneus ou trains de roulement (\$/h)
F_r	Facteur de réparation des pneus ou trains de roulement
P_n	Valeur des pneus ou trains de roulement (\$)
P_v	Durée de vie du pneu/train de roulement (h)

$$C_{up} = P_n \cdot \frac{I_{\%} \cdot (1+I_{\%})^{\frac{P_v}{U_a}}}{(1+I_{\%})^{\frac{P_v}{U_a}-1}} \cdot \frac{1}{U_a} \tag{4.14}$$

Où :

C_{up}	Coût d'usure des pneus ou trains de roulement (\$/h)
$I_{\%}$	Taux d'intérêt annuel effectif (%)
P_n	Valeur des pneus ou trains de roulement (\$)
P_v	Durée de vie du pneu/train de roulement (h)
U_a	Utilisation annuelle estimée (h)

La première méthode, équation 4.12, divise le coût du pneu par sa durée de vie estimée, mais ne considère pas le coût de réparation des pneus ni le coût de mobilisation du capital.

La deuxième méthode, équation 4.13, multiplie le coût horaire du pneu par un facteur de réparation, mais ne considère pas le coût de mobilisation du capital.

La troisième méthode, équation 4.14, considère le coût de l'intérêt en fonction de la durée de vie du pneu, mais ne considère pas le coût des réparations.

Nous proposons une amélioration au calcul du coût des pneus ou trains de roulement en combinant les équations 4.13 et 4.14, afin de considérer le coût de l'intérêt et les réparations. Nous préconisons l'équation 4.15, développée par l'équipe de recherche.

$$C_{up} = P_n \cdot \frac{\frac{I_{\%}}{12} \cdot (1+\frac{I_{\%}}{12})^{\frac{P_v}{U_a} \cdot 12}}{(1+\frac{I_{\%}}{12})^{\frac{P_v}{U_a} \cdot 12} - 1} \cdot \frac{12}{U_a} + (F_r \cdot \frac{P_n}{P_v}) \tag{4.15}$$

Où :

C_{up}	Coût d'usure des pneus ou trains de roulement ($/h)
F_r	Facteur de réparation des pneus ou trains de roulement
$I_{\%}$	Taux d'intérêt annuel effectif (%)
P_n	Valeur des pneus ou trains de roulement ($)
P_v	Durée de vie du pneu/train de roulement (h)
U_a	Utilisation annuelle estimée (h)

4.4.4 Les pièces accessoires

Les pièces accessoires sont les pièces métalliques qui s'usent au contact du sol, telles les dents défonceuses, la lame racleuse, etc. Dans la littérature, la seule méthode existante pour répartir ce coût consiste à diviser le coût de la pièce par sa durée de vie.

Tel que nous verrons au chapitre 5, la valeur des pièces accessoires n'est pas disponible dans la littérature, donc il ne sera pas possible d'utiliser cette méthode. Nous utiliserons donc le facteur d'entretien du US Army Corps of Engineers (2011), étant donné que le coût des pièces accessoires y est inclus.

Dans le cas où l'accès à la valeur des pièces accessoires serait possible, il serait intéressant de considérer le coût de mobilisation du capital dans le calcul du coût des pièces accessoires. Nous proposons cette amélioration à la méthode de calcul tel que montré à l'équation 4.16, développée par l'équipe de recherche.

$$C_{ua} = V_p \cdot \frac{\frac{I_{\%}}{12} \cdot (1 + \frac{I_{\%}}{12})^{\frac{D_p}{U_a} \cdot 12}}{(1 + \frac{I_{\%}}{12})^{\frac{D_p}{U_a} \cdot 12} - 1} \cdot \frac{12}{U_a} \tag{4.16}$$

Rapport-Gratuit.com

Où :

C_{ua}	Coût d'usure des pièces accessoires ($/h)
D_p	Durée de vie des pièces accessoires (h)
$I_{\%}$	Taux d'intérêt annuel effectif (%)
U_a	Utilisation annuelle estimée (h)
V_p	Valeur des pièces accessoires ($)

4.4.5 L'entretien

Il y a trois types d'entretien, soit le préventif qui a comme objectif la prévention des bris, le périodique qui vise à s'assurer que l'équipement fonctionne correctement et le correctif qui est la réparation du bris. Ces entretiens incluent notamment la lubrification des pièces mobiles, le remplacement des lubrifiants, les inspections mécaniques, le personnel d'entretien, le nettoyage de l'équipement, les pièces, etc. Dans la littérature, trois méthodes sont utilisées pour calculer le coût d'entretien. L'équation 4.17 provient de US Army Corps of Engineers (2011), l'équation 4.18 provient de Letocha (1982) et l'équation 4.19 provient de Nichols (1976).

La première méthode, équation 4.17, multiplie la valeur nette de l'équipement par un facteur de réparation et divise le tout par la durée de vie en heures de l'équipement. Cette méthode est assez simple et permet un taux constant de réparation. L'inconvénient de cette méthode est la grande importance de la justesse du facteur de réparation.

$$C_e = \frac{V_n \cdot F_{re}}{D_v} \tag{4.17}$$

Où :

C_e	Taux horaire d'entretien ($/h)
D_v	Durée de vie de l'équipement (h)
F_{re}	Facteur de réparation de l'équipement
V_n	Valeur nette ($)

$$C_e = F_{re} \cdot \frac{V_n \cdot F_d}{U_a} \tag{4.18}$$

Où :

C_e	Taux horaire d'entretien ($/h)
F_{re}	Facteur de réparation de l'équipement
F_d	Facteur de dépréciation
U_a	Utilisation annuelle estimée (h)
V_n	Valeur nette ($)

$$C_e = \frac{F_{re} \cdot V_n}{10000} \tag{4.19}$$

Où :

C_e	Taux horaire d'entretien ($/h)
F_{re}	Facteur de réparation de l'équipement
V_n	Valeur nette ($)

La deuxième méthode, équation 4.18, est très semblable à la première. Le facteur d'amortissement fait varier le taux d'entretien en fonction de l'année d'utilisation et il est réparti sur une base horaire, selon l'utilisation annuelle. L'inconvénient de cette méthode est que le taux d'entretien n'est pas constant durant la durée de vie de l'équipement et le taux de location plus élevé dans les dernières années de l'équipement pourrait nuire à la compétitivité de l'entrepreneur.

La troisième méthode, équation 4.19, multiplie la valeur nette de l'équipement par un facteur et divise le tout par dix miles. Les facteurs utilisés dans la référence de cette équation datent de près de 40 ans, donc ils sont probablement incohérents avec la technologie d'aujourd'hui.

Puisque nous n'avons pas de base de données d'entreprise pour obtenir des données précises sur l'entretien de chaque équipement, nous devrons préconiser l'équation 4.17.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

4.4.6 Le taux d'opération

Le taux d'opération est le coût horaire payable à l'entrepreneur pour l'utilisation d'un équipement. L'équation 4.20 effectue la sommation des facteurs abordés dans cette section.

$$T_o = C_c + C_e + C_{ua} + C_{up} + D_t \tag{4.20}$$

Où :

C_c	Coût horaire du carburant (\$/h)
C_e	Taux horaire d'entretien (\$/h)
C_{ua}	Coût d'usure des pièces accessoires (\$/h)
C_{up}	Coût d'usure des pneus ou trains de roulement (\$/h)
D_t	Dépréciation totale (\$/h)
T_o	Taux d'opération (\$/h)

4.5 Le préchauffage

Lors des périodes hivernales, l'équipement doit être préchauffé avant d'être opérationnel. Le préchauffage consiste à faire tourner le moteur jusqu'à l'atteinte de la température d'opération. Dans la littérature, on discute du préchauffage, mais la consommation moindre de carburant et l'usure moindre de l'équipement ne sont pas abordées.

Pour simplifier la méthode, le coût du préchauffage sera indépendant des taux d'opération et de non-usage. Lorsque l'équipement est utilisé en période froide, un coût journalier, dépendant de la température mensuelle moyenne, sera considéré s'il y a opération de l'équipement. L'équation développée consiste en la multiplication de la durée du préchauffage requis par une fraction du coût de la consommation de carburant, de la dépréciation et de l'entretien. Nous préconisons la méthode illustrée à l'équation 4.21.

$$C_{jp} = P_d \cdot [(F_{op} \cdot (D_t + C_e)) + (F_{cp} \cdot C_c \cdot C_d)] \tag{4.21}$$

Où :

C_c	Coût unitaire du carburant ($/l)
C_d	Consommation horaire de diesel (l/h)
C_e	Taux horaire d'entretien ($/h)
C_{jp}	Coût journalier du préchauffage ($/j)
D_t	Dépréciation totale ($/h)
F_{op}	Facteur affectant le taux d'opération lors du préchauffage
F_{cp}	Facteur affectant la consommation de carburant lors du préchauffage
P_d	Durée du préchauffage (h)

CHAPITRE 5

ÉTABLISSEMENT DES INTRANTS ET DE LA PROVENANCE DES DONNÉES

Dans ce chapitre, la provenance des données pour chacune des constantes ou variables des méthodes de calcul préconisées au chapitre précédent est présentée et la référence préconisée est expliquée.

5.1 Constantes ou variables du non-usage

Dans cette section, nous présenterons la provenance des données spécifiques au calcul du taux de non-usage.

5.1.1 Taux d'intérêt (I%)

Le taux d'intérêt à utiliser pour calculer le coût de mobilisation du capital est présenté dans quelques ouvrages, tel que montré au Tableau 5.1. Equipment Watch (2013) présente un taux américain qui risque d'être légèrement différent de celui du Québec. Banque du Canada (2013) présente un taux d'intérêt de base qui est variable en fonction de l'emprunt. Nous préconisons donc le taux d'intérêt variable de Desjardins, étant donné qu'il est le plus près de la réalité du Québec.

Tableau 5.1 Données concernant le taux d'intérêt

Publication	**Caractéristiques des données**
Banque du Canada (2013)	L'auteur présente le taux d'intérêt de base des entreprises comme étant 3 %.
Equipment Watch (2013)	L'auteur présente le taux d'intérêt à utiliser pour chaque équipement qui provient du département du trésor américain.
Entretien téléphonique avec Desjardins	Le taux d'intérêt variable en 2013 est de 6 % en plus d'un coût unique de 2 % du montant de l'emprunt, tandis que le taux de la marge de crédit varie entre 6 et 8 pour cent.

5.1.2 Durée de vie de l'équipement (Dv)

La durée de vie des équipements est présentée dans plusieurs ouvrages, telle que montrée au Tableau 5.2. Nunnally (2000), Nunnally (2011) et Nichols (1976) présentent la durée de vie pour quelques types d'équipement, ne considèrent pas le modèle et ne font pas de distinction entre les différentes puissances d'un même type d'équipement. Le US Army Corps of engineers (2011) présente davantage de types d'équipements et considère les différentes puissances de ceux-ci. Caterpillar (1998) présente la durée de vie pour chaque modèle d'équipement en fonction de l'intensité de l'utilisation, mais ses données datent de plus de 15 ans. Equipment Watch (2013) présente la durée de vie de chaque modèle d'équipement, mais ne considère pas l'intensité de l'utilisation. Nous préconisons l'utilisation des données du US Army Corps of engineers (2011), puisqu'il considère l'intensité de l'utilisation et que les données sont relativement récentes.

Tableau 5.2 Données concernant la durée de vie de l'équipement

Publication	**Caractéristiques des données**
Caterpillar (1998)	L'auteur présente la durée de vie de l'équipement en fonction du modèle et de l'intensité de l'utilisation.
Equipment Watch (2013)	L'auteur présente la durée de vie pour chaque modèle d'équipement.
Nichols (1976)	L'auteur présente la durée de vie de l'équipement selon la multiplication de plusieurs facteurs. La durée de vie obtenue risque d'être obsolète, puisque l'ouvrage date de près de 40 ans.
Nunnally (2011) Nunnally (2000)	L'auteur présente la durée de vie pour chaque type d'équipement et selon l'intensité de l'utilisation.
US Corps of engineers (2011)	L'auteur présente la durée de vie selon les caractéristiques de l'équipement et selon l'intensité de l'utilisation.

5.1.3 Prix de détail suggéré de l'équipement (Vs)

Le prix de détail suggéré des équipements est présenté dans les deux ouvrages montrés au Tableau 5.3. Les deux ouvrages présentent fidèlement la valeur suggérée des équipements. La seule chose qui les distingue est la mise à jour annuelle des données d'Equipment Watch

Tableau 5.3 Données concernant le prix de détail suggéré de l'équipement

Publication	**Caractéristiques des données**
Equipment Watch (2013)	L'auteur présente la valeur suggérée pour chaque modèle d'équipement.
US Army Corps of engineers (2011)	L'auteur présente la valeur de l'équipement incluant le taux d'escompte pour chaque modèle d'équipement.

(2013) et sa facilité d'incorporer les données à l'éventuel prototype. Nous préconisons donc l'utilisation d'Equipment Watch (2013) pour le prix de détail suggéré de l'équipement.

5.1.4 Rabais à l'achat

Le pourcentage de rabais à l'achat est présenté dans les deux ouvrages montrés au Tableau 5.4. Nous préconisons l'utilisation d'Equipment Watch (2013) en raison de leur base de données apportant probablement davantage de précision sur le pourcentage de rabais à l'achat qui risque de varier selon le type d'équipement.

Tableau 5.4 Données concernant le pourcentage de rabais à l'achat

Publication	**Caractéristiques des données**
Equipment Watch (2013)	L'auteur présente le pourcentage de rabais à l'achat pour chaque modèle d'équipement.
US Army Corps of engineers (2011)	L'auteur présente le pourcentage de rabais à l'achat de 7.5 % pour tous les équipements excepté les camions dont le pourcentage de rabais à l'achat est de 15 %

5.1.5 Coût de mobilisation initiale (Mb)

Le coût de mobilisation initial est présenté dans les deux ouvrages montrés au Tableau 5.5. Les deux publications semblent présenter une information valide. Étant donné que nous avons préconisé l'utilisation d'Equipment Watch (2013) pour le prix de détail suggéré et que le coût de mobilisation initial y est inclus, nous préconisons l'utilisation d'Equipment Watch (2013).

Tableau 5.5 Données concernant le coût de mobilisation initial

Publication	Caractéristiques des données
Equipment Watch (2013)	L'auteur présente le coût de mobilisation initial ainsi que le poids en livres pour chaque modèle d'équipement.
US Army Corps of engineers (2011)	L'auteur présente le coût par «hundredweight» (100 livres ou 45.35 kilogrammes) de transport et ce coût est déjà inclus dans leur prix d'équipements.

5.1.6 Valeur des pneus ou trains de roulement (Pn)

La valeur des pneus ou trains de roulement est présentée dans les deux ouvrages montrés au Tableau 5.6. Pour le US Army Corps of Engineers (2011), la sélection du type de pneumatique est complexe. Selon l'exemple d'Equipment Watch (2013) en notre possession, le coût standard des pneus ou des trains de roulement n'est pas précisé. Nous supposons que ce problème est isolé et nous préconiserons l'utilisation d'Equipment Watch (2013).

Tableau 5.6 Données concernant la valeur des pneus ou trains de roulement

Publication	Caractéristiques des données
Equipment Watch (2013)	L'auteur présente la valeur des pneus ou trains de roulement pour chaque modèle d'équipement.
US Army Corps of engineers (2011)	L'auteur présente la valeur des pneus pour chaque type d'équipement.

5.1.7 Facteur d'assurance de biens (Fab)

Le taux d'assurance de biens est présenté dans les ouvrages montrés au Tableau 5.7. Puisque les données de la plupart des références datent de plusieurs années, nous préconisons le taux de Desjardins Assurance. De plus, leur taux d'assurance de biens est probablement plus près de la réalité du Québec que les autres références.

5.1.8 Facteur d'assurance responsabilité (Far)

Le taux d'assurance de responsabilité n'est pas discuté dans les références. Selon une discussion tenue avec un conseiller de Desjardins Assurance, le coût d'assurance responsabilité annuel pour toutes les activités de l'entrepreneur est dépendant du chiffre d'affaires et

Tableau 5.7 Facteur d'assurance de biens

Publication	Caractéristiques des données
Nichols (1976)	L'auteur propose un taux de 1.5 à 2 pour cent de la valeur de l'équipement.
Halpin (1985)	L'auteur propose un taux de 1 pour cent de la valeur de l'équipement.
Peurifoy (2011) Day et Benjanmin (1991) Gransberg (2006)	Les auteurs proposent un taux de 1 à 3 pour cent de la valeur de l'équipement.
Entretien téléphonique avec Desjardins	La prime pour l'assurance de biens est d'environ 5 % de la valeur de l'équipement.

se situerait entre 500 et 2500 dollars annuellement. Étant donné que nous avons peu d'information, nous proposons l'utilisation optionnelle d'un coût annuel par équipement. Le coût annuel est à déterminer.

5.1.9 Valeur de l'inventaire (Vi)

La valeur de l'inventaire n'est pas discutée dans aucune référence. Nous suggérons l'utilisation d'un montant fixe standardisé pour chacun des équipements. Le montant standardisé est à déterminer.

5.2 Constantes ou variables de l'opération

Dans cette section, nous présenterons la provenance des données spécifiquement pour le calcul du taux d'utilisation. La provenance de certaines constantes ou variables déjà présentées dans la section précédente ne sera pas répétée dans cette section.

5.2.1 Valeur résiduelle (Vr)

La valeur résiduelle de l'équipement est présentée dans les ouvrages montrés au Tableau 5.8. La publication de Nichols (1976) est trop peu précise, donc elle ne sera pas utilisée. Les deux autres publications pourraient être utilisées, mais étant donné la grande quantité de données sur lesquelles Equipment Watch (2013) se base, nous préconisons cette publication.

Rapport-Gratuit.com

Tableau 5.8 Données concernant la valeur résiduelle

Publication	**Caractéristiques des données**
Nichols (1976)	L'auteur mentionne que la valeur résiduelle est entre 5 et 20 pour cent.
Equipment Watch (2013)	L'auteur présente la valeur résiduelle pour chaque modèle d'équipement.
US Army Corps of Engineers (2011)	L'auteur présente la valeur résiduelle pour chaque type d'équipement.

5.2.2 Coût unitaire du carburant (Cc)

Le coût unitaire du carburant utilisé par l'équipement est présenté dans les références montrées au Tableau 5.9. Le coût unitaire d'Equipment Watch (2013) ne sera pas utilisé puisque c'est le prix américain. Nous préconisons l'utilisation du prix hebdomadaire moyen, selon la région administrative, de la Regie de l'énergie (2009-2013) tout en soustrayant la TPS et TVQ.

Tableau 5.9 Données concernant le coût unitaire du carburant

Publication	**Caractéristiques des données**
Regie de l'énergie (2009-2013)	La régie publie le coût du carburant pour chaque région administrative du Québec, incluant les différentes taxes.
Equipment Watch (2013)	L'auteur présente le coût unitaire du carburant pour chaque état américain.

5.2.3 Facteur de consommation de carburant pendant le préchauffage (Fcp)

La consommation de carburant au repos de l'équipement est présentée dans les références montrées au Tableau 5.10. Il aurait été intéressant d'avoir une référence spécifiant pour chaque équipement la consommation au repos, mais nous devrons utiliser une approximation. Les deux références suggèrent pratiquement la même consommation, mais étant donné que la publication de Lewis (2012) est plus récente et concerne plusieurs équipements, nous préconisons son utilisation.

Tableau 5.10 Facteurs de consommation de carburant pendant le préchauffage

Publication	**Caractéristiques des données**
Nichols (1976)	L'auteur mentionne que la consommation de carburant au repos est de 30 % de celle du fonctionnement.
Lewis *et al.* (2012)	L'auteur présente la consommation de divers équipements au repos et celle-ci est en moyenne 25 %

5.2.4 Consommation horaire de diesel (Cd)

La consommation de carburant en opération de l'équipement est présentée dans les références montrées au Tableau 5.11.

Tableau 5.11 Données concernant la consommation horaire de diesel

Publication	**Caractéristiques des données**
Nunnally (2011) Nunnally (2000)	L'auteur propose des facteurs pour quelques types d'équipements en fonction de l'intensité de l'utilisation
US Army Corps of Engineers (2011)	L'auteur propose des facteurs pour plusieurs types d'équipements en fonction de l'intensité de l'utilisation
Caterpillar (2012), Jonh Deere (2012), Komatsu (2009)	Les auteurs présentent la consommation de carburant pour chaque modèle et selon l'intensité de l'utilisation.
Equipment Watch (2013)	L'auteur présente la consommation horaire selon le modèle de l'équipement, mais ne considère pas l'intensité de l'utilisation.

Nous préconisons l'utilisation des données des manufacturiers lorsque celles-ci sont disponibles et lorsque ce n'est pas le cas, nous préconisons l'utilisation du US Army Corps of Engineers (2011), puisqu'il considère l'intensité de l'utilisation.

5.2.5 Facteur pour la distribution du carburant (Fdc)

Le facteur pour la distribution du carburant n'est pas discuté dans la littérature. Nous proposons d'utiliser un facteur de distribution équivalent à un pourcentage du prix du carburant. Ce pourcentage est à déterminer et est optionnel.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

5.2.6 Durée de vie des pneus ou trains de roulement (Pv)

La durée de vie des pneus des équipements est présentée dans les références montrées au Tableau 5.12.

Tableau 5.12 Données concernant la durée de vie des pneus

Publication	**Caractéristiques des données**
Harris (1994)	L'auteur présente la durée de vie des pneus pour différents équipements en fonction de la sévérité de l'opération.
US Army Corps of Engineers (2011)	L'auteur présente la durée de vie des pneus en fonction des conditions d'utilisation, de la position du pneu et du type d'équipement.
Nunnally (2011), Komatsu (2012), Gransberg (2006)	Les auteurs présentent la durée de vie des pneus en fonction des conditions d'utilisation et du type d'équipement.
Caterpillar (2012)	L'auteur présente la durée de vie des pneus en fonction des conditions d'utilisation et du type d'équipement.
Equipment Watch (2013)	L'auteur présente la durée de vie des pneus pour chaque modèle d'équipement.

La durée de vie des pneus est plus ou moins semblable entre les publications, c'est pourquoi nous préconisons l'utilisation d'Equipment Watch (2013) en raison de sa base de données. La durée de vie des trains de roulement des équipements est présentée dans les références montrées au Tableau 5.13.

Tableau 5.13 Données concernant la durée de vie des trains de roulement

Publication	**Caractéristiques des données**
US Army Corps of Engineers (2011)	L'usure des trains de roulement est déjà incluse dans le facteur de réparation de l'équipement.
Caterpillar (1998), Caterpillar (2010), Caterpillar (2012)	L'auteur présente une méthode de calcul de la durée de vie des trains de roulement en fonction des conditions d'utilisation et du modèle d'équipement.
Jonh Deere (2012)	L'auteur présente le coût horaire des trains de roulement de ses équipements en fonction de l'intensité de l'utilisation.

Peu d'auteurs abordent la durée de vie des trains de roulement. Le US Army Corps of Engineers (2011) l'inclut dans le facteur de réparation des divers équipements. Caterpillar (2012) et John Deere (2012) proposent également une méthode de calcul de la durée de vie des trains de roulement, mais celle-ci est spécifique à leurs équipements. Nous préconisons l'utilisation du US Army Corps of Engineers (2011) pour la détermination de la durée de vie des trains de roulement, puisqu'il est déjà inclus dans le facteur de réparation.

5.2.7 Facteur de réparation des pneus ou trains de roulement (Fr)

Le facteur de réparation des pneus ou trains de roulement des équipements est présenté dans les références montrées au Tableau 5.14. Les références s'entendent sur le fait d'utiliser 15%

Tableau 5.14 Facteurs de réparation des pneus ou trains de roulement

Publication	**Caractéristiques des données**
Nunnally (2011), Nunnally (2000), Gransberg *et al.* (2006)	Les auteurs proposent un facteur de réparation équivalent à 15% du coût horaire d'usure des pneus.
US Army Corps of Engineers (2011)	L'auteur propose un facteur de réparation équivalent à 15 % du coût horaire d'usure des pneus. Il inclut également la réparation des trains de roulement dans le facteur de réparation de l'équipement.

du coût d'usure des pneus pour le facteur de réparation des pneus, donc cette valeur sera préconisée. Quant à la réparation des trains de roulement, il est déjà inclus dans le facteur de réparation du US Corps of Engineers (2011). Nous préconisons l'utilisation d'un facteur de réparation de 15% pour les pneus et l'utilisation du facteur de réparation du US Corps of Engineers (2011) pour les trains de roulement.

5.2.8 Valeur des pièces accessoires (Vp)

Le coût unitaire des pièces accessoires est présenté dans les références montrées au Tableau 5.15. Dans la littérature, nous n'avons pas trouvé de références présentant le coût d'achat des différentes pièces accessoires. Le US Army Corps of Engineers (2011) inclut le coût d'utilisation des pièces accessoires dans son facteur de réparation de l'équipement.

Equipment Watch (2013) propose un coût horaire d'utilisation qui ne varie pas selon les conditions d'utilisation. Étant donné que le US Army Corps of Engineers (2011) considère les conditions d'utilisation, nous préconisons cette référence.

Tableau 5.15 Données concernant la valeur des pièces accessoires

Publication	**Caractéristiques des données**
US Army Corps of Engineers (2011)	L'auteur inclut le coût d'utilisation des pièces accessoires dans le facteur d'entretien de l'équipement. Le facteur d'entretien varie selon les conditions d'utilisation.
Equipment Watch (2013)	L'auteur présente le coût horaire d'utilisation des pièces accessoires pour chaque équipement.

5.2.9 Durée de vie des pièces accessoires (Dp)

La durée de vie des pièces accessoires est présentée dans les références montrées au Tableau 5.16. La publication de Komatsu (2009) inclut seulement 3 pièces accessoires, donc elle ne sera pas utilisée. John Deere (2012) présente la durée de vie de plusieurs pièces accessoires et considère l'intensité de l'utilisation. Nous préconisons l'utilisation du facteur de réparation de l'équipement du US Army Corps of Engineers (2011), puisque le coût d'utilisation des pièces accessoires y est inclus et que nous n'avons actuellement aucune donnée concernant le coût de celles-ci.

Tableau 5.16 Données concernant la durée de vie des pièces accessoires

Publication	**Caractéristiques des données**
John Deere (2012)	L'auteur présente la durée de vie des pièces accessoires selon le modèle d'équipement.
Komatsu (2009)	L'auteur présente la durée de vie de trois pièces accessoires en fonction de l'intensité de l'utilisation.
US Army Corps of Engineers (2011)	L'auteur inclut le coût des pièces accessoires dans le facteur de réparation de l'équipement.

5.2.10 Durée du préchauffage selon la température moyenne (Pd)

La seule référence présentant la durée du préchauffage est Nichols (1976) qui mentionne que la durée du préchauffage par temps froid est d'environ 5 minutes. Il ne considère pas la température extérieure. Ceci nous semble incorrect, puisque la durée du préchauffage est dépendante de la température extérieure. La durée de préchauffage requise devra être déterminée selon des fourchettes de températures. Ces données sont à déterminer.

5.2.11 Facteur affectant la dépréciation d'usure lors du préchauffage (Fop)

Dans les références, le facteur affectant la dépréciation d'usure lors du préchauffage n'est pas discuté. Nous proposons l'utilisation d'un facteur équivalent à un pourcentage de la dépréciation d'usure. Ce pourcentage est à déterminer.

5.2.12 Facteur de réparation de l'équipement (Fre)

Le facteur de réparation de l'équipement est présenté dans les références montrées au Tableau 5.17. Les publications de Nunnally (2000), Gransberg *et al.* (2006) et Letocha (1982) sont très générales et ne considèrent pas le fabricant ni le modèle d'équipement. Nous préconisons plutôt l'utilisation des facteurs fournis par le US Army Corps of Engineers (2011), puisqu'il considère également le coût d'utilisation des pièces accessoires.

5.3 Constantes ou variables des éléments affectant le taux de location

Dans cette section, nous présentons la provenance de données spécifiques pour le calcul des éléments affectant le taux de location.

5.3.1 Facteur affectant la consommation de carburant en fonction des conditions climatiques (Ffc)

Nous n'avons pas trouvé de publication concluante définissant l'effet des conditions climatiques sur la consommation des différents équipements. Une seule publication d'Alvarez et Weilenmann (2012) a étudié l'effet des conditions climatiques sur l'augmentation de la consommation de carburant d'automobiles hybrides. L'étude a porté sur 5 véhicules hybrides différents et présente un graphique où nous pouvons constater les augmentations de consommation suivantes :

Tableau 5.17 Facteurs de réparation de l'équipement

Publication	**Caractéristiques des données**
Nunnally (2011), Nunnally (2000)	L'auteur présente une fraction de la valeur initiale de l'équipement représentant les réparations en fonction des conditions d'utilisation. Il présente aussi le coût de l'entretien préventif en fonction des conditions d'utilisation.
Caterpillar (1998)	L'auteur présente une fourchette du coût horaire pour les réparations de chaque modèle d'équipement et selon le nombre d'heures d'utilisation prévu.
Equipment Watch (2013), John Deere (2012)	L'auteur présente le coût horaire d'entretien pour chaque modèle d'équipement.
Gransberg *et al.* (2006), Letocha (1982)	L'auteur présente le coût d'entretien de l'équipement pour chaque type d'équipement et selon l'intensité de l'utilisation.
US Army Corps of Engineers (2011)	L'auteur présente une fraction de la valeur initiale de l'équipement représentant les réparations en fonction des conditions d'utilisation, incluant l'utilisation des pièces accessoires.

- température moyenne mensuelle de 5 à 0 degré Celcius : 4 % ;
- température moyenne mensuelle de 0 à -10 degrés Celcius : 6 % ;
- température moyenne mensuelle de -10 à -20 degrés Celcius : 9 %.

Le pourcentage d'augmentation de la consommation de carburant en fonction de la température est très peu fiable, étant donné que le nombre de véhicules étudié est limité et que ce ne sont pas des équipements de construction. Par contre, nous pouvons constater que les conditions climatiques ont bel et bien un effet sur la consommation de carburant. Même si ces facteurs ne sont pas exacts, nous préconisons tout de même leur utilisation jusqu'à ce qu'une étude plus précise soit effectuée.

5.3.2 Facteur affectant le coût d'entretien en fonction des conditions climatiques (Fec)

Nous n'avons pas trouvé de publication présentant l'impact des conditions climatiques et sur le coût d'entretien, mais le prototype offrira la possibilité à l'utilisateur de le considérer.

5.3.3 Facteur affectant la durée de vie des pneus en fonction des conditions climatiques (Fvpt)

Nous n'avons pas trouvé de publication présentant l'effet des conditions climatiques sur la durée de vie des pneus ou trains de roulement, mais le prototype offrira la possibilité à l'utilisateur de le considérer.

5.3.4 Facteur affectant la durée de vie des pièces accessoires en fonction des conditions de terrain (Fvat)

L'effet des conditions de terrain sur la durée de vie des pièces est présenté dans les références au Tableau 5.18.

Tableau 5.18 Facteurs affectant la durée de vie des pièces accessoires en fonction des conditions de terrain

Publication	Caractéristiques des données
John Deere (2013)	L'auteur présente les facteurs affectant la durée de vie des pièces accessoires selon le type de terrain. (1.3-1.6 pour des conditions légères, 1 pour conditions normales et 0.5-0.8 pour des conditions sévères)
US Army Corps of Engineers (2011)	L'auteur présente le facteur de réparation selon l'intensité de l'utilisation et celui-ci inclut le coût des pièces accessoires

Nous préconisons l'utilisation du US Army Corps of Engineers (2011) puisque nous n'avons actuellement aucune donnée sur le coût des pièces accessoires.

5.3.5 Facteur affectant le coût d'entretien en fonction de la distance des centres urbains (Fte)

Nous n'avons pas trouvé de publication présentant l'effet de la distance des centres urbains sur le coût d'entretien, mais le prototype offrira la possibilité à l'utilisateur de le considérer.

5.3.6 Facteur affectant le coût des pièces accessoires en fonction de la distance des centres urbains (Fca)

Nous n'avons pas trouvé de publication présentant l'effet de la distance des centres urbains sur le coût des pièces accessoires, mais le prototype offrira la possibilité à l'utilisateur de le considérer.

5.3.7 Facteur affectant le taux de non-usage en fonction de la durée de location (Fnu)

Nous n'avons pas trouvé de publication présentant l'effet de la durée de location sur le taux de non-usage, mais le prototype offrira la possibilité à l'utilisateur de le considérer.

CHAPITRE 6

INTERFACE GRAPHIQUE

Dans ce chapitre, le fonctionnement de l'interface graphique et sa programmation partielle sont expliqués. Dans chacun des onglets de l'interface graphique, un bouton Aide est présent. Un guide d'utilisateur reprenant les principaux éléments de ce mémoire devra être développé et intégré au prototype.

6.1 Les fenêtres d'accueil

Les fenêtres d'accueil permettent l'identification de l'utilisateur, la définition de ses droits d'accès et permettent de structurer les estimations par projet.

6.1.1 L'ouverture de session

La Figure 6.1 présente la fenêtre d'accueil de l'utilisateur. Celui-ci devra créer son compte d'utilisateur afin d'avoir accès au prototype. Dans le cas où l'utilisateur ait perdu son mot de passe, il pourra le récupérer en cliquant sur «*Mot de passe oublié ?*». En inscrivant son adresse courriel, le prototype enverra à l'utilisateur un courriel lui rappelant son nom d'utilisateur et son mot de passe.

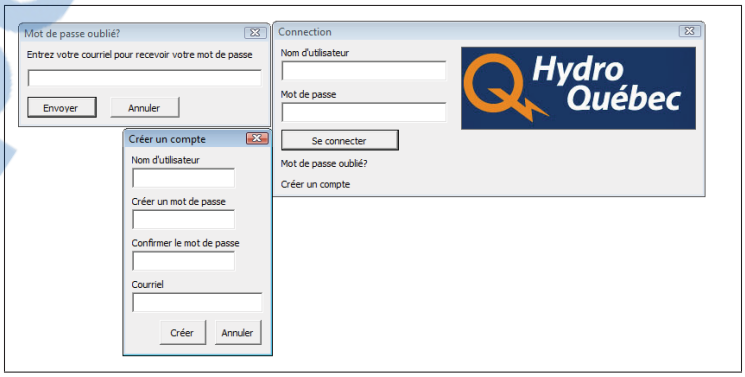

Figure 6.1 Fenêtre d'accueil

Rapport-Gratuit.com

6.1.2 Le choix et la création d'un projet

Une fois l'utilisateur connecté, la fenêtre «*Choix du projet*» sera affichée, tel que montré à la Figure 6.2. Il pourra créer, ouvrir, modifier ou créer un nouveau projet, dépendamment de ses accès.

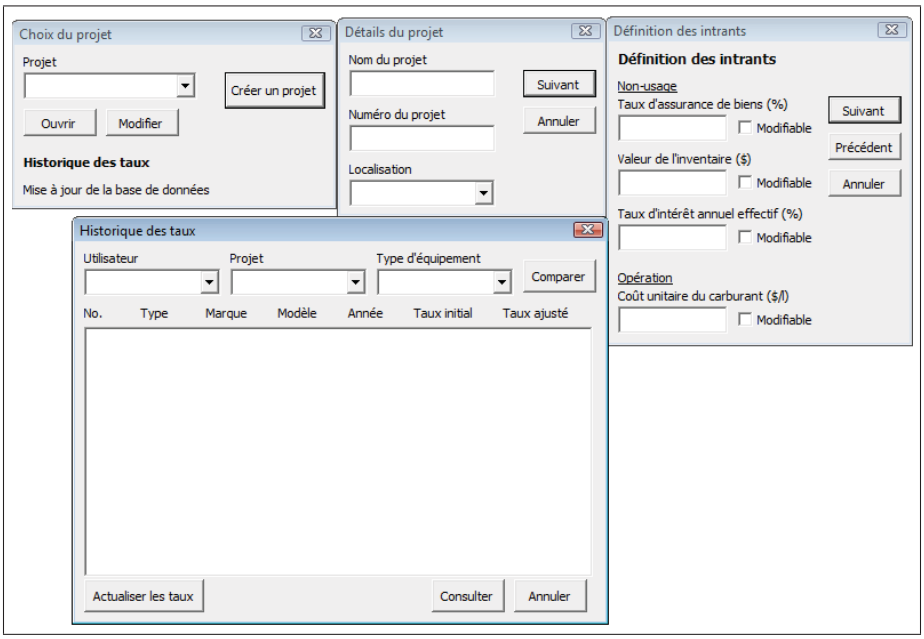

Figure 6.2 Choix du projet et définition de ses particularités

Lors de la création ou de la modification d'un projet, l'utilisateur devra, dans la fenêtre «*Détails du projet*», inscrire le nom et le numéro du projet ainsi que sa localisation. Dans la fenêtre «*Définition des intrants*», l'utilisateur aura à déterminer la valeur des intrants et s'ils sont modifiables ou s'ils sont fixes pour le projet. Notons que les droits d'accès pour la création et la modification d'un projet devront être limités qu'à certains utilisateurs.

Dans la fenêtre «*Choix du projet*», l'utilisateur pourra visualiser l'historique global des estimations en cliquant sur le lien «Historique des taux». Il pourra choisir de filtrer selon le nom d'utilisateur, le projet ou le type d'équipement. Cette fonction permet de conserver un historique des estimations, consulter une estimation et comparer des estimations actualisées.

Dans la fenêtre «*Choix du projet*», l'utilisateur autorisé pourra cliquer sur le lien «*Mise à jour de la base de données*» et faire la mise à jour des données pour les différents types d'équipements.

6.2 L'interface graphique

L'interface graphique regroupe les 6 onglets permettant d'établir le taux de location. Ils ont tous en commun l'entête et les diagrammes à bandes montrées à la Figure 6.3. L'entête est divisé en quatre parties. Elle présente à l'utilisateur les 6 onglets, les détails du projet, les taux de location et les boutons accessoires.

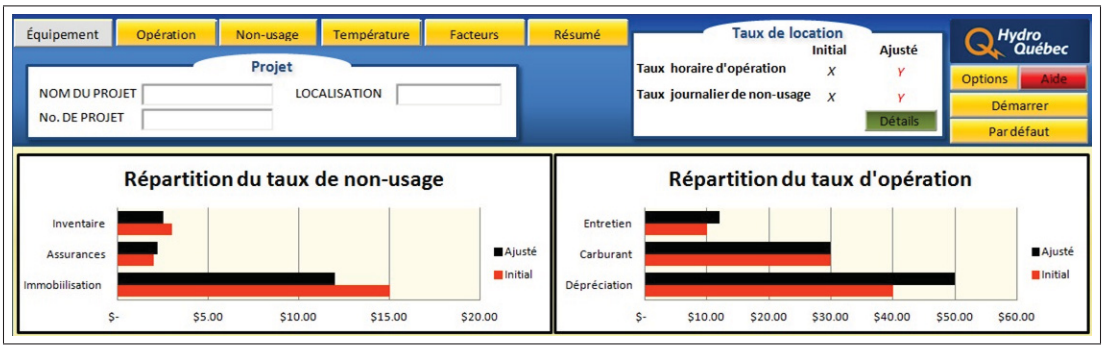

Figure 6.3 Entête et diagrammes à bandes

À la Figure 6.3, sous l'entête, les diagrammes à bandes permettent de constater la répartition des paramètres prépondérants du taux de non-usage et du taux d'opération. Les bandes rouges montrent le coût des paramètres par défaut dans la base de données, tandis que les bandes noires montrent le coût des paramètres en fonction des ajustements faits par l'utilisateur.

6.2.1 Onglet équipement

La Figure 6.4 présente le contenu de l'onglet «*Équipement*». Sous les diagrammes à bandes, dans l'encadré «*Choix de l'équipement*», l'utilisateur pourra définir les caractéristiques de l'équipement ainsi que les conditions de location. Il pourra également sauvegarder, modifier ou supprimer ses estimations précédentes dans l'encadré «*Taux précédents*». Suite à la sélection de l'équipement, une photo de celui-ci apparaitra dans l'encadré «*Pictogramme*». Dans l'encadré «*Introduction*», quelques points clés de l'utilisation du prototype sont inscrits. À la convenance

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

d'Hydro-Québec, il sera possible d'utiliser cet encadré pour détailler les caractéristiques de l'équipement choisi.

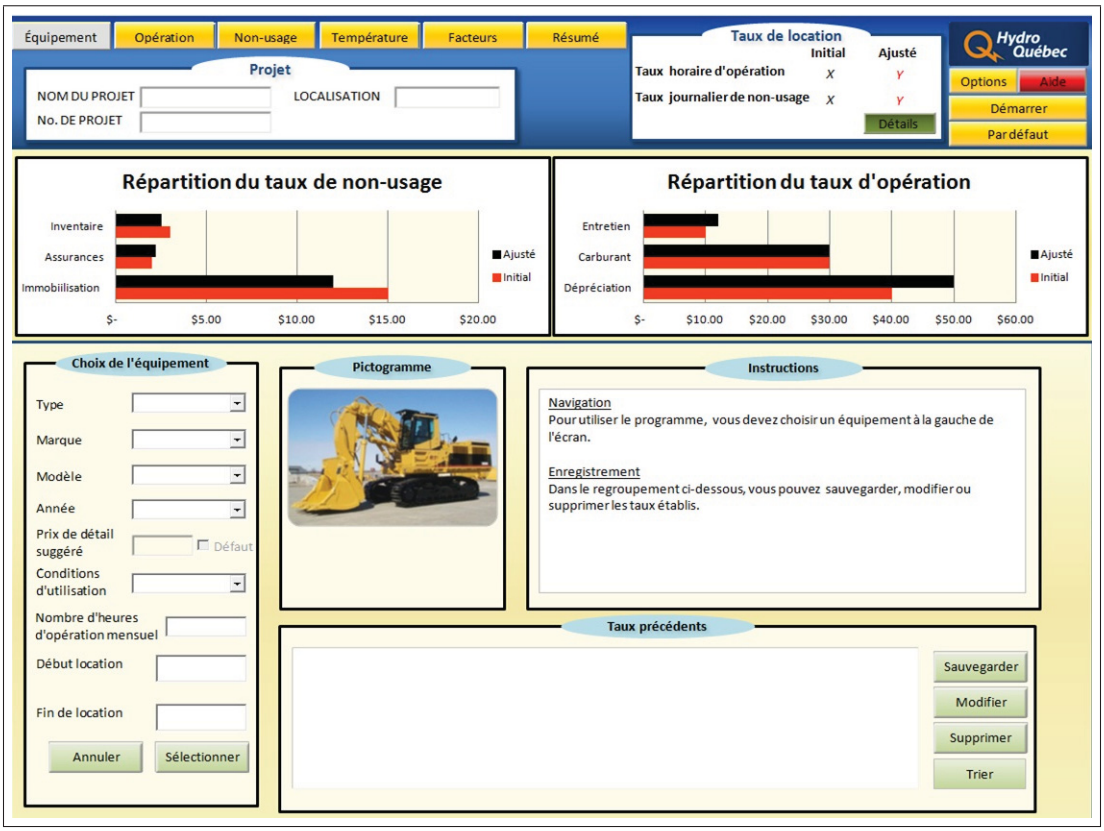

Figure 6.4 Onglet Équipement

6.2.2 Onglet opération

La Figure 6.5 présente le contenu de l'onglet «*Opération*». Les quatre encadrés contiennent les intrants liés à l'opération. Pour chaque intrant, une valeur par défaut est automatiquement attribuée suite à la sélection de l'équipement, en fonction de l'équipement sélectionné. L'utilisateur pourra modifier la valeur par défaut en utilisant la barre de défilement. Dans le cas où l'utilisateur souhaite revenir à la valeur par défaut, il n'a qu'à cliquer sur la case à cocher «*Défaut*».

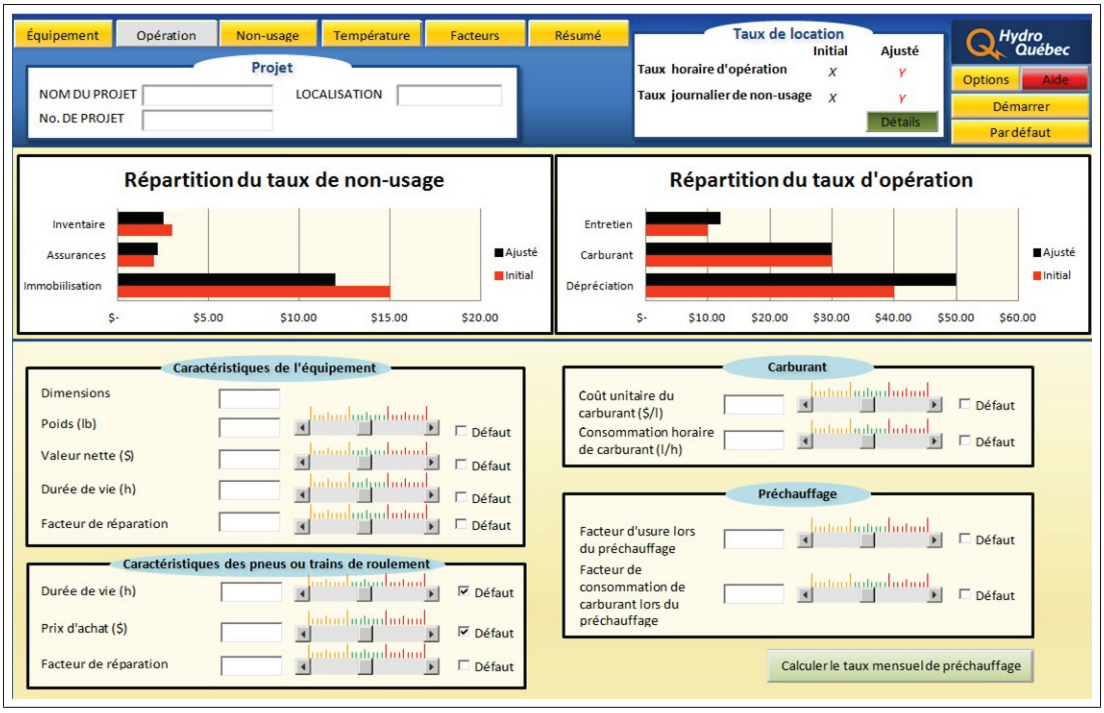

Figure 6.5 Onglet Opération

6.2.3 Onglet non-usage

La Figure 6.6 présente le contenu de l'onglet «*Non-usage*». Les quatre encadrés contiennent les intrants liés au non-usage. Une valeur par défaut est automatiquement attribuée à chaque intrant et certaines sont modifiables, selon la définition des intrants propre à chaque projet. L'utilisateur peut également calculer le taux d'intérêt annuel effectif en appuyant sur le bouton «*Calculer le taux d'intérêt effectif*».

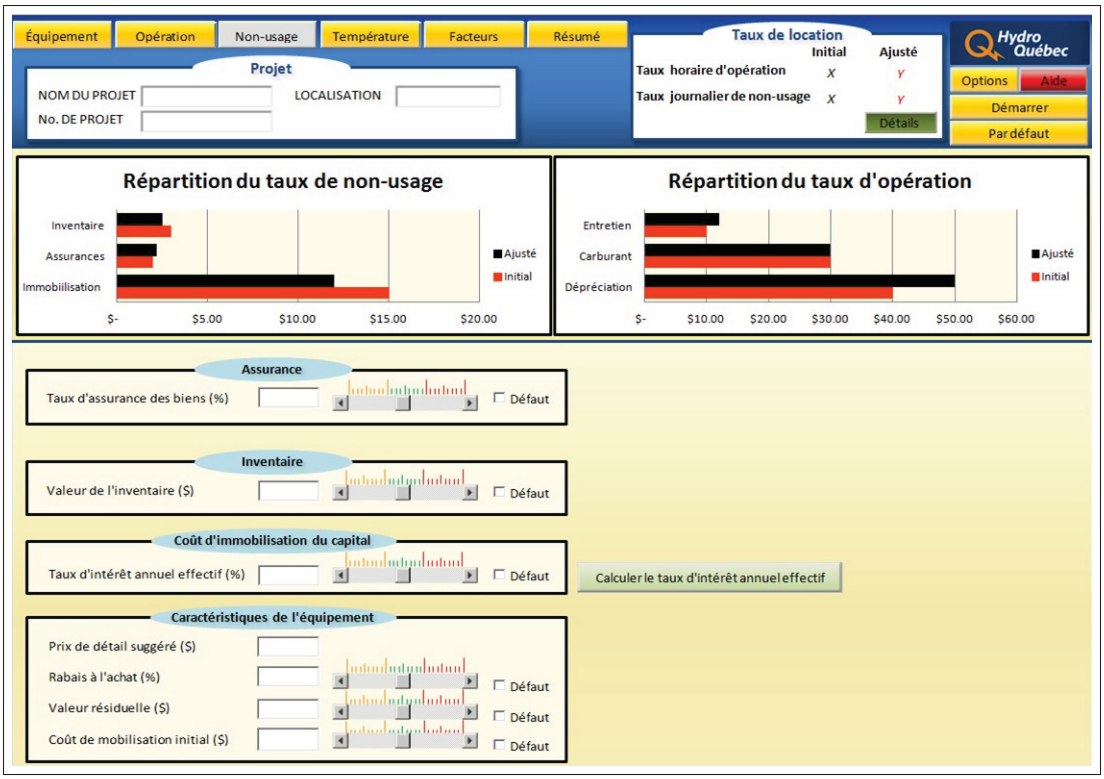

Figure 6.6 Onglet Non-usage

6.2.4 Onglet température

La Figure 6.7 présente le contenu de l'onglet «*Température*». Dans l'encadré «*Température mensuelle moyenne*», les températures mensuelles moyennes seront automatiquement attribuées et modifiables par l'utilisateur. Le graphique «*Températures mensuelles moyennes*» présente les températures de l'encadré de gauche sous forme graphique.

Le graphique «*Consommation de diesel et durée de préchauffage*» présente la consommation de carburant et la durée du préchauffage en fonction de la température mensuelle moyenne. Il est possible pour l'utilisateur de modifier manuellement les fourchettes de consommation de carburant et de durée de préchauffage en cliquant sur un des deux boutons au bas de la figure.

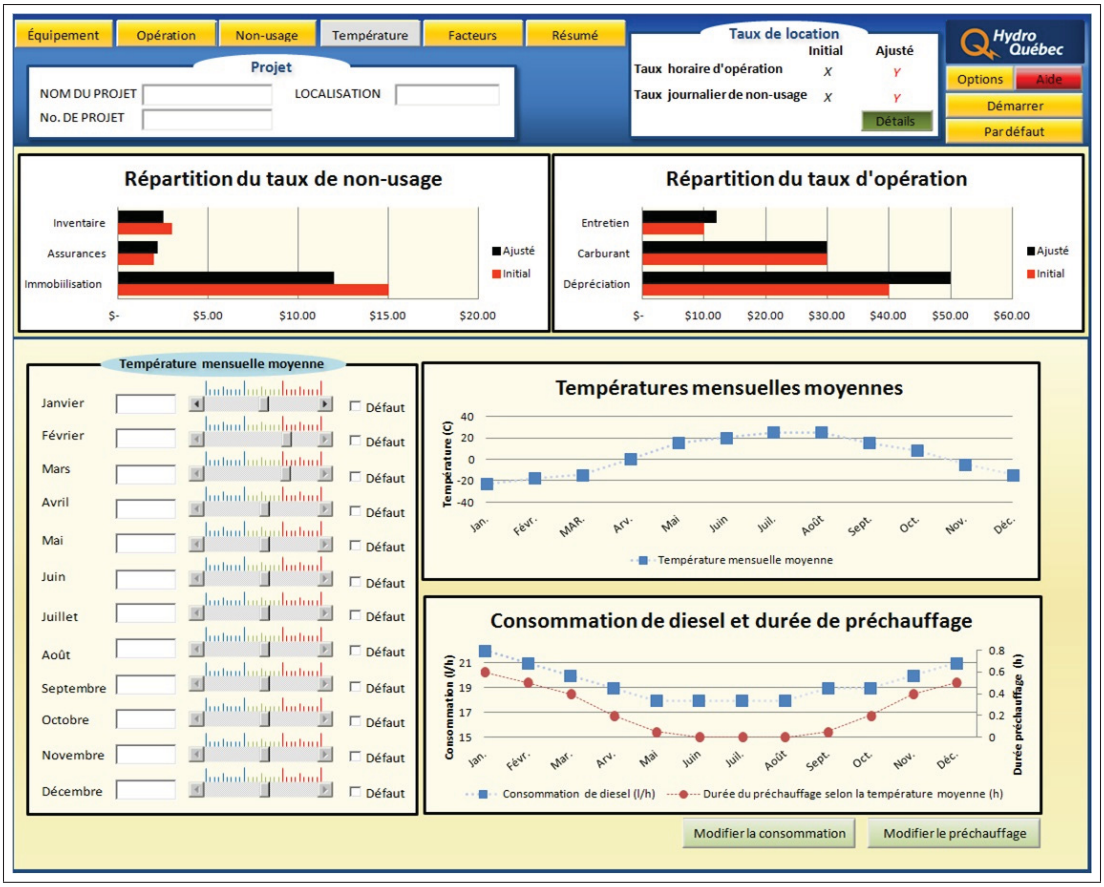

Figure 6.7 Onglet Température

6.2.5 Onglet facteurs

Les trois encadrés à gauche dans la Figure 6.8 contiennent les facteurs affectés par les conditions de location et par les caractéristiques du site. Par défaut, la valeur de ces facteurs est de 1. Le prototype considère l'impact de ces facteurs comme étant nul, puisqu'il n'y a pas d'équation ou de données fiables à leur sujet. Jusqu'à nouvel ordre, la modification de ces facteurs est laissée à la discrétion de l'utilisateur.

L'encadré de droite montre certains indirects qui, par défaut, ne sont pas considérés par le prototype. Néanmoins, le prototype offre à l'utilisateur la possibilité de les inclure si nécessaire.

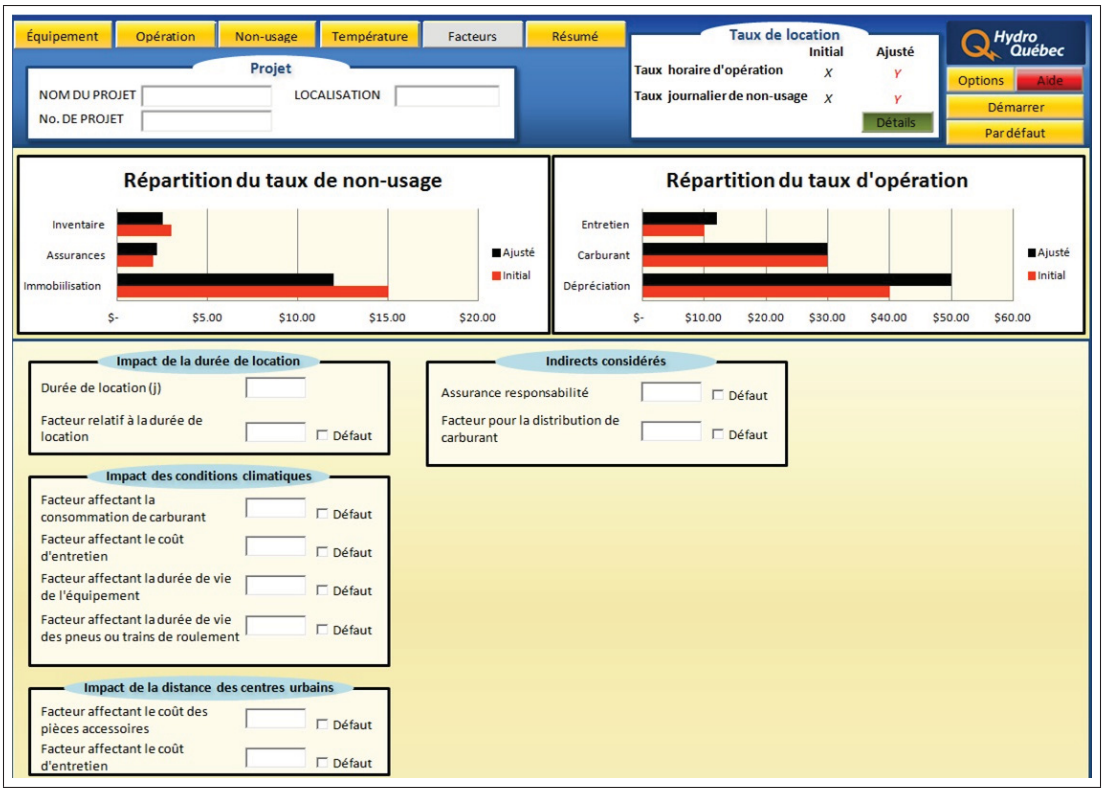

Figure 6.8 Onglet Facteurs

6.2.6 Onglet résumé

La Figure 6.9 présente le contenu de l'onglet «*Résumé*». Les quatre encadrés de cette figure contiennent tous les intrants présentés dans les onglets précédents. Ainsi, il est possible de comparer, pour chaque intrant, la valeur initiale contenue dans la base de données avec la valeur ajustée par l'utilisateur.

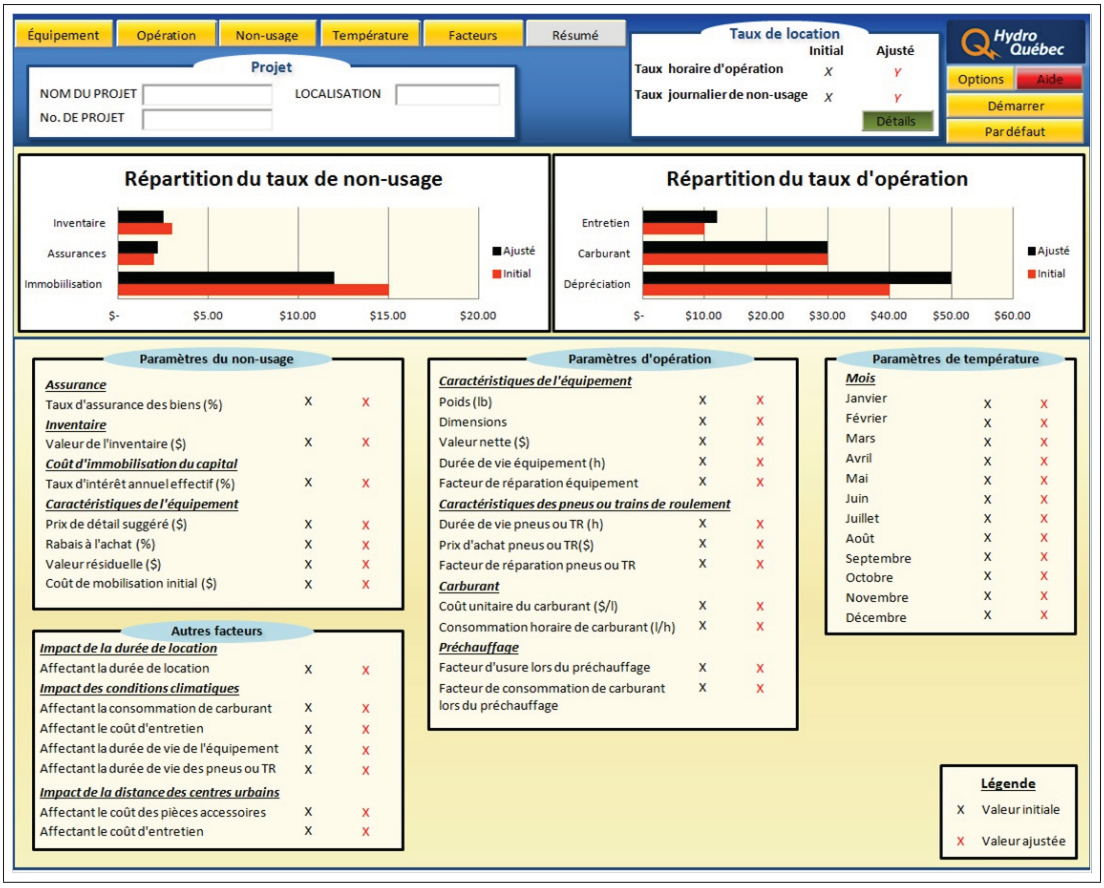

Figure 6.9 Onglet Résumé

6.2.7 Les autres fenêtres du prototype

La Figure 6.10 présente les autres fenêtres accessibles du prototype qui n'ont pas été discutées jusqu'à maintenant. L'utilité de chaque fenêtre est expliquée ci-dessous :

- la fenêtre «*Options*», accessible à partir de l'en-tête, permet de modifier les jours fériés et de choisir le terme de location du taux de non-usage ;
- la fenêtre «*Détails*», accessible à partir de l'en-tête, permet de consulter le coût de chaque paramètre du taux d'opération et du taux de non-usage ;
- la fenêtre «*Calculer le taux mensuel de préchauffage*», accessible à partir de l'onglet *Opération*, permet de calculer le taux de préchauffage, pour un mois donné, en fonction du nombre de jours où l'équipement est utilisé ;

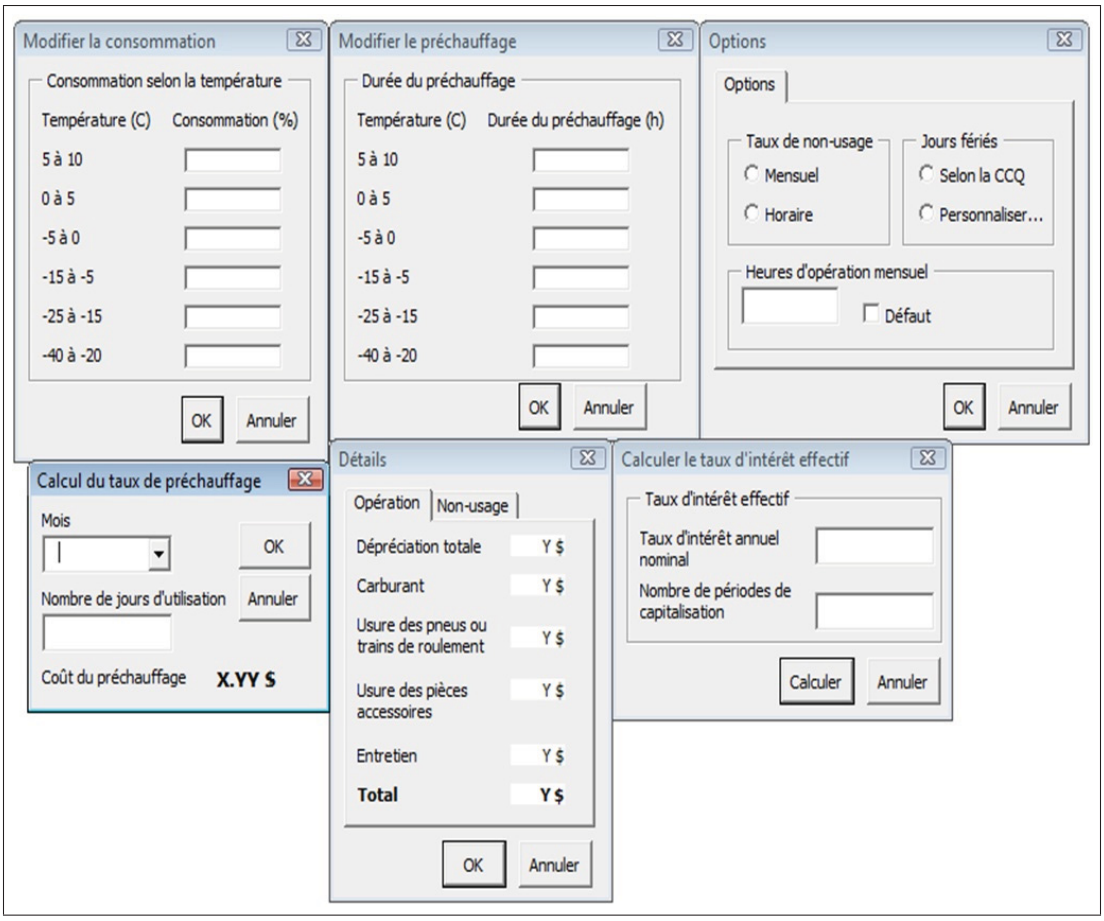

Figure 6.10 Autres fenêtres du prototype

- la fenêtre «*Calculer le taux d'intérêt effectif*», accessible à partir de l'onglet *Non-usage*, permet, à partir du taux d'intérêt nominal et du nombre de périodes de capitalisation, de calculer le taux d'intérêt effectif ;
- la fenêtre «*Modifier la consommation*», accessible à partir de l'onglet *Température*, permet de modifier les facteurs de consommation, tirés de la base de données, en fonction de la température mensuelle moyenne ;
- la fenêtre «*Modifier le préchauffage*», accessible à partir de l'onglet *Température*,permet de modifier la durée de préchauffage, tirée de la base de données, en fonction de la température mensuelle moyenne.

6.3 La programmation

En vue de la troisième phase du projet et afin de visualiser le fonctionnement de l'interface graphique, une programmation partielle de celle-ci fut effectuée. Les principales fonctions et programmes permettant l'accès à l'interface, le choix de l'équipement et l'affichage des données dans l'interface graphique furent développés.

6.3.1 L'accès à l'interface

À l'ouverture de session, l'utilisateur doit se connecter ou créer un compte. L'information entrée est soit validée selon les entrées existantes de la base de données ou est ajoutée à celle-ci lors de la création d'un compte. Ensuite, lorsque le choix du projet et de sa localisation sont effectués, les données sont puisées de la base de données, les détails du projet sont affichés dans l'en-tête de l'interface et les températures mensuelles moyennes sont affichées dans l'onglet température.

6.3.2 Le choix de l'équipement

Pour effectuer le choix d'un équipement, l'utilisateur doit en premier lieu sélectionner le type d'équipement dont il veut déterminer le taux de location. Lorsqu'il clique sur la boîte combinée, tous les types d'équipements apparaissent. Une fois le type d'équipement choisi, la base de données est filtrée, la boîte combinée pour le choix de la marque d'équipement est mise à jour et ainsi de suite. Une fois la sélection de l'équipement effectuée, l'image correspondante à l'équipement est affichée, les données sont puisées de la base de données et celles-ci sont entrées dans les onglets opération, non-usage et résumé.

6.3.3 L'affichage des données

L'utilisateur peut naviguer dans les différents onglets en cliquant sur l'un des 6 boutons. Lorsqu'un onglet est sélectionné, le bouton de l'onglet devient gris afin de se distinguer des autres. Dans les onglets opération et non-usage, une barre de défilement et une case à cocher sont situées à proximité de chaque donnée. La barre de défilement permet de modifier, si nécessaire, la valeur de la donnée inscrite dans la case. Lors d'une modification, la nouvelle donnée est enregistrée dans une base de données distincte, où sont conservées toutes les

Rapport-Gratuit.com

estimations. Lorsque la donnée est modifiée, celle-ci devient d'une couleur rouge et la case à cocher devient vide. Suite à une modification, l'utilisateur peut retrouver la valeur trouvée dans la base de données en cochant la case à cocher.

CHAPITRE 7

VALIDATION ET RECHERCHE FUTURE

Au cours du projet de recherche, une attention particulière fut apportée à la validation de la méthodologie et des améliorations proposées à Hydro-Québec. Ce chapitre discute du processus de validation, de la méthodologie et des recherches futures.

7.1 Validation

Tel que mentionné dans le mandat, voir section 1.3, la dernière phase du projet a été assumée par Hydro-Québec. Rappelons que lors de cette phase, outre la programmation du progiciel, nous devions constituer une base de données. Cette dernière aurait permis de valider entièrement les équations élaborées au cours de cette recherche.

7.1.1 Processus de validation continue

Outre la validation à l'interne avec l'équipe de recherche, lors du premier mandat du projet, nous avons présenté et fait valider par Hydro-Québec les méthodes existantes qui déterminent les coûts de possession et d'opération, ainsi que les frais indirects et la productivité.

La seconde phase du projet a permis de définir les différents paramètres établissant le taux de location en fonction du type d'usage, proposer une distinction au niveau de la dépréciation temporelle et présenter les éléments ayant un impact sur le taux de location. Dans cette phase, nous avons validé à l'interne les paramètres et les regroupements qui permettront la définition des bases de la méthodologie de calcul standardisée.

Dans cette même phase, nous devions proposer la méthode de calcul pour chaque paramètre, définir les éléments ayant un impact sur le taux de location, définir la provenance des intrants et proposer une interface graphique. Pour chacune des étapes, nous avons validé leur adéquation avant de s'accorder avec Hydro-Québec.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

7.2 Recherche future

Pour le moment, les données utilisées pour l'élaboration de la méthodologie proviennent de la littérature et la valeur de plusieurs facteurs introduits dans les équations n'est pas définie. Afin de déterminer un taux de location fiable et de valider les données provenant de la littérature, il est essentiel d'obtenir des données factuelles sur le terrain.

Des appareils d'acquisition de données se connectant à l'ordinateur de l'équipement, afin d'y récolter les données d'opération, sont en vente sur le marché. L'utilisation de cette technologie permettrait de valider et de modéliser plusieurs paramètres d'opération, notamment l'effet des conditions climatiques sur différents intrants et la consommation de carburant. Il serait également utile d'associer aux données le type d'opération effectué par l'équipement, les conditions dans lesquelles il opère et la durée de vie des composantes. Il serait ainsi possible d'évaluer et de valider notamment la durée de vie des pneus et trains de roulement, le facteur de réparation des pneus et trains de roulement, la durée de vie des pièces accessoires, le facteur de réparation de l'équipement,etc.

Au fur et à mesure de la collecte des données, le prototype pourrait extraire automatiquement la connaissance de ces données et du même coup préciserait l'estimation du taux de location. Il serait ainsi possible de transformer la base de données brute par une base de connaissance.

En plus de l'acquisition de données, pour la validation des intrants, ces données pourront être utilisées pour définir plus précisément la dépréciation temporelle.

CONCLUSION

La Direction Ingénierie de Production d'Hydro-Québec à Montréal souhaite établir un répertoire de taux de location des équipements lourds utilisés sur leurs projets. L'objectif principal de cette recherche était de développer une méthode de calcul permettant de déterminer le taux de location le plus près de la réalité possible. La méthode de calcul devait être représentative des particularités rencontrées sur les chantiers d'Hydro-Québec, notamment en terme de type d'équipement utilisé, de condition climatique, condition de terrain, etc. Pour satisfaire les besoins d'Hydro-Québec, nous avons élaboré une méthodologie standardisée qui permettra d'établir avec davantage de précision le taux de location des équipements de construction.

Pour développer une méthodologie standardisée, nous avons étudié au chapitre 1 la problématique et le contexte du projet de recherche. Au chapitre 2, nous avons constaté qu'une multitude de méthodologies, logiciels, équations, paramètres et sources de données existent dans la littérature. Au chapitre 3, nous avons déterminé, en collaboration avec Hydro-Québec, les paramètres qui seront considérés dans la méthodologie. Au chapitre 4, nous avons présenté les méthodes de calcul utilisées pour calculer chacun des paramètres sélectionnés et avons expliqué le choix de la méthode préconisée. Au chapitre 5, nous avons établi la provenance des données pour les intrants. Au chapitre 6, nous avons présenté et expliqué le fonctionnement de l'interface graphique proposée. Au chapitre 7, nous avons discuté du processus de validation, des limites de la méthodologie et des prochaines étapes.

Dans le cadre de nos recherches, la méthodologie de calcul du taux de location fut analysée en détail afin d'apporter des améliorations. Les améliorations apportées permettent de proposer un concept d'organisation du taux de location tel que montré à la Figure 7.1 La première amélioration consiste à préciser les distinctions entre les types d'usage et à préciser le taux d'attente. Nous avons défini les paramètres de chacun des types d'usage proposés soit le non-usage, l'opération et le préchauffage.

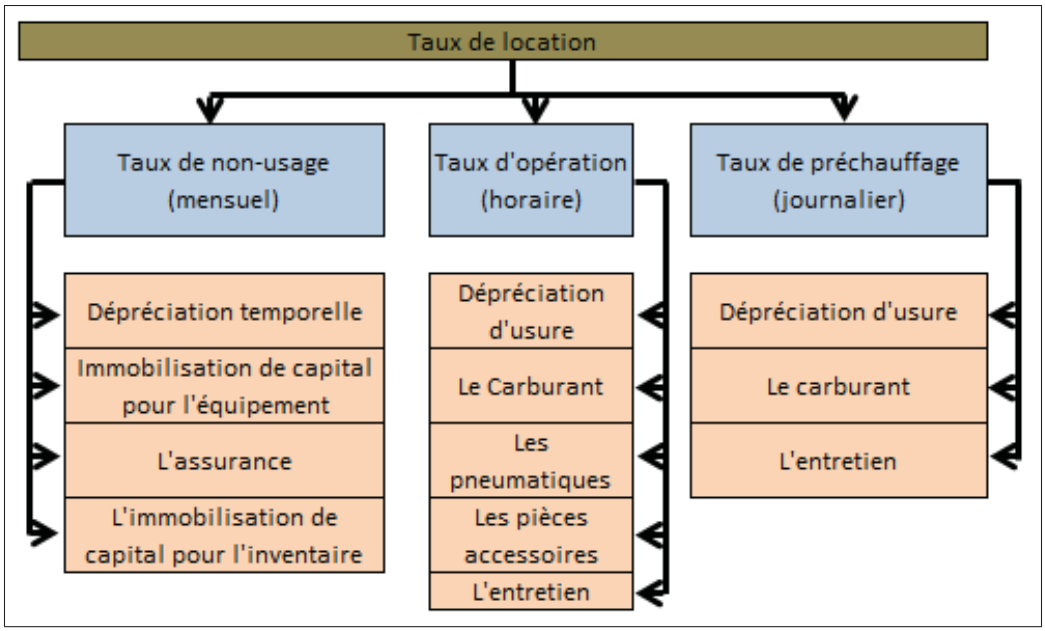

Figure 7.1 Concept d'organisation du taux de location

La deuxième amélioration consiste à préciser l'utilisation des différents termes de location pour chacun des types d'usage. Nous avons proposé l'utilisation d'un terme horaire pour le taux d'opération, d'un terme journalier pour le préchauffage et d'un terme mensuelle pour le taux de non-usage.

La troisième amélioration consiste à préciser et à ajouter certains paramètres, afin d'apporter davantage de précision au taux de location. Nous avons défini la dépréciation temporelle et avons considéré le paramètre d'assurance de biens et le paramètre du coût d'immobilisation du capital de l'inventaire des pièces.

La quatrième amélioration consiste à définir et à inclure les éléments affectant les intrants. Nous avons proposé de considérer les conditions climatiques, les conditions de terrain, la distance des centres urbains et la durée de location.

La cinquième amélioration se situe au niveau des méthodes de calcul utilisées. Nous avons proposé des améliorations au niveau des méthodes de calcul du coût d'immobilisation

du capital de l'équipement, de la valeur nette, de l'assurance de biens, du coût d'immobilisation du capital de l'inventaire des pièces, des pneus ou trains de roulement, des pièces accessoires et du carburant.

Le taux de location optimisé est divisé en trois types d'usage, utilise trois termes de location, et propose des améliorations au niveau des paramètres et des méthodes de calcul utilisées. Pour ce projet de recherche, nous avons élaboré une méthodologie de calcul standardisée et avons proposé l'intégration d'éléments ayant un impact sur le taux de location. Nous fûmes limités au concept théorique de la méthodologie en raison de l'absence de données. Somme toute, nous avons exploré les paramètres, les équations, les types d'usage, les améliorations possibles et avons proposé une interface graphique. Chacune des améliorations aux méthodes existantes fut testée et approuvée à l'interne avant de s'accorder avec Hydro-Québec.

Lors de ce projet de recherche, nous avons déterminé plusieurs améliorations possibles et étapes subséquentes à la poursuite des travaux de recherche. Notamment, nous avons discuté de la dépréciation temporelle et des facteurs affectant le taux de location qui pourraient être modélisés. D'autres types d'usage pourraient également être ajoutés, tels le transport et l'entretien mécanique, afin d'établir un taux de location pour chacune des situations possibles.

La méthodologie et la précision de l'estimation du taux de location ont leurs limites. Plusieurs intrants sont difficiles à établir avec certitude, peuvent être variables et demeurent ultimement hors de contrôle de l'estimateur, par exemple la valeur résiduelle, le type de sol, la quantité de travail à effectuer, la concurrence dans le marché, le taux d'intérêt, le taux de change, le prix du carburant, la productivité, les bris, etc. Puisque les intrants ne sont pas tous connus avec certitude, le taux de location devient une approximation de la réalité. En utilisant des appareils d'acquisition de données, la précision des estimations du taux de location serait sans aucun doute améliorée, mais ne sera jamais exacte.

ANNEXE I

COÛT MENSUEL MOYEN DU DIESEL EN 2013, PAR RÉGION ADMINISTRATIVE, SELON LA RÉGIE DE L'ÉNERGIE (2013)

Régie de l'énergie Québec

Carburant diesel
PRIX MOYEN AFFICHÉ
Par région administrative du Québec

(¢/litre)	2013												MENSUEL
Régions	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	**Moyenne cumulative**
1. Bas-Saint-Laurent	141,4	147,1	145,2	137,9	133,6	132,7	135,7	137,6	139,2	137,1			**138,7**
2. Saguenay-Lac-Saint-Jean	138,0	143,2	142,0	135,7	131,3	130,9	132,6	134,6	135,8	133,6			**135,7**
3. Capitale-Nationale	140,1	145,0	143,8	137,2	132,5	131,9	134,7	136,1	138,5	135,9			**137,5**
4. Mauricie	140,5	145,7	145,0	138,0	133,7	132,5	135,2	136,3	138,2	136,1			**138,1**
5. Estrie	140,4	144,7	144,1	137,4	132,3	131,4	134,2	136,0	136,7	134,1			**137,0**
6. Montréal	141,8	147,1	144,3	137,5	133,0	132,9	135,5	137,6	138,9	136,7			**138,5**
7. Outaouais	137,3	142,9	141,3	135,4	130,1	129,4	132,1	134,4	136,4	134,1			**135,3**
8. Abitibi-Témiscamingue	138,4	143,8	142,7	136,5	131,4	130,1	133,0	134,4	136,0	134,1			**136,0**
9. Côte-Nord	140,0	146,2	146,0	138,5	134,6	132,9	136,5	137,4	139,2	136,1			**138,7**
10. Nord-du-Québec (Hors MRC)(1)	158,2	163,8	162,0	153,2	149,2	149,0	150,4	151,3	153,8	150,9			**154,1**
11. Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	140,7	145,4	144,1	136,8	132,7	131,9	135,7	137,2	138,8	137,2			**138,0**
12. Chaudière-Appalaches	140,1	144,9	144,1	137,2	132,6	131,8	134,9	136,3	138,3	135,7			**137,5**
13. Laval	141,6	147,1	144,7	137,5	132,9	132,9	135,8	137,4	139,1	136,7			**138,5**
14. Lanaudière	140,0	145,2	144,1	137,7	132,7	131,9	134,8	136,5	138,3	136,0			**137,7**
15. Laurentides	140,7	145,5	144,1	138,1	132,8	132,3	134,9	136,5	138,4	136,0			**137,9**
16. Montérégie	140,1	145,8	144,6	137,8	132,8	132,8	134,9	136,9	139,0	136,5			**138,1**
17. Centre-du-Québec	139,4	144,5	143,8	137,6	132,5	131,8	134,5	136,3	137,8	136,0			**137,4**
MOYENNE PONDÉRÉE (1,2)	**140,4**	**145,7**	**144,2**	**137,5**	**132,7**	**132,1**	**134,8**	**136,5**	**138,3**	**135,9**			**137,8**

Source

Régie de l'énergie, relevé hebdomadaire.

Notes

(1) La moyenne pondérée du Québec ainsi que celle du Nord-du-Québec ne tiennent pas compte des prix du Nunavik.

(2) À compter de mai 2013, la valeur moyenne des prix affichés résulte d'un calcul pondéré par le nombre d'essenceries en opération dans chaque région administrative, selon les résultats du recensement 2010 de la Régie de l'énergie. Auparavant, le calcul de la moyenne était pondéré par la répartition en pourcentage des volumes de ventes de carburants des essenceries par région administrative colligés par le Ministère des Ressources naturelles.

BIBLIOGRAPHIE

Air force inst of tech wright-pattersonafb oh and Mitchell, Z., 1998. *A Statistical Analysis of Construction Equipment Repair Costs Using Field Data and the Cumulative Cost Model*. AD-a346 875.

Anon. 1928. « Construction equipment depreciation ». *Engineering and Contracting (Combines Buildings, and General Contracting)*, vol. 67, n° 2, p. 95-96.

Anon. 1929. « Methods of accounting and depreciation rates for construction equipment ». *Engineering and Contracting*, vol. 68, n° 4, p. 153-156.

APCHQ. 2012. « Exemple type d'une paie hebdomadaire du secteur résidentiel lourd ». http://www.apchq.com/cotenord/fr/relations-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.

Becker, T. C., E. J. Jaselskis, M. El-Gafy, et J. Du. 2012. « Industry practices for estimating, controlling and managing key indirect construction costs at the project level ». In *Construction Research Congress 2012 : Construction Challenges in a Flat World, May 21, 2012 - May 23, 2012*. p. 2469-2478. American Society of Civil Engineers (ASCE).

Bhurisith, I. et A. Touran. 2002. « Case Study of Obsolescence and Equipment Productivity ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 128, n° 4, p. 357-361.

Caterpillar, 1998. *Caterpillar performance handbook*, volume 40. 1014 p.

Chan, C. T. w. 2012. « The principal factors affecting construction project overhead expenses : an exploratory factor analysis approach ». *Construction Management and Economics*, vol. 30, n° 10, p. 903-914.

Chang, W. L. et H.-C. Lo. 2011. « Joint determination of lease period and preventive maintenance policy for leased equipment with residual value ». *Computers and Industrial Engineering*, vol. 61, n° 3, p. 489-496.

Comission de la construction du Québec. 2010. « Convention collective 2010-2013 secteur génie civil et voirie ». http://www.ccq.org/~/media/PDF/ConventionsCollectives/2010/Convention_Genie_civil_2010_2013.pdf.ashx. Consulté en 2013.

Douglas, J., 1975. *Construction equipment policy*. New York, N.Y. : McGraw-Hill, 302 p.

Fan, H. et Z. Jin. 2011. « A study on the factors affecting the economical life of heavy construction equipment ». In *28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2011, June 29, 2011 - July 2, 2011*. p. 923-928. IIT Madras.

Fan, H., H. Kim, S. AbouRizk, et S. H. Han. 2008. « Decision support in construction equipment management using a nonparametric outlier mining algorithm ». *Expert Systems with Applications*, vol. 34, n° 3, p. 1974-1982.

Rapport-Gratuit.com

Fayek, A. R. 2004. « A Preliminary Study to Identify and Quantify Productivity Deviations on Heavy Industrial Construction Projects in Alberta ».

Fayek, A. R., S. Revay, D. Rowan, et D. Mousseau. (2006). « Assessing performance trends on industrial construction mega projects ». *Cost Engineering, AACE*, p. 16-21.

Gouvernement du Québec. 2011a. « FAIRE LE NORD ENSEMBLE Le chantier d'une génération ». www.plannord.gouv.qc.ca. Consulté en 2013.

Gouvernement du Québec. 2011b. « Taux de location de machinerie lourde - Édition 2012 ». p. 117.

Havers, J., R. Morgan, et P. R. Foundation, 1972. *Literature Survey of Cold Weather Construction Practices*. Special report (United States. Cold Regions Research and Engineering Laboratory).

Holland, F. A. 1976. « The effect of debt on discounted cash flow calculations ». *Engineering and Process Economics*, vol. 1, n° 3, p. 223-229.

Jafari, A. et V. Mateffy. 1990. « Realistic Model for Equipment Replacement ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 116, n° 3, p. 514-532.

Jaturonnatee, J., D. N. P. Murthy, et R. Boondiskulchok. 2006. « Optimal preventive maintenance of leased equipment with corrective minimal repairs ». *European Journal of Operational Research*, vol. 174, n° 1, p. 201-215.

Jennergren, L. P. 2008. « Continuing value in firm valuation by the discounted cash flow model ». *European Journal of Operational Research*, vol. 185, n° 3, p. 1548-1563.

Kannan, G. 2013. « Field studies in construction equipment economics and productivity ». p. 823-828. American Society of Civil Engineers (ASCE).

Koehn, E. et G. Brown. 1985. « Climatic Effects on Construction ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 111, n° 2, p. 129-137.

Louit, D. M., R. Pascual, D. Banjevic, et A. K. S. Jardine. 2011. « Optimization models for critical spare parts inventories - a reliability approach. ». *JORS*, vol. 62, n° 6, p. 992-1004.

Lucko, G. 2012. « Modeling the residual market value of construction equipment under changed economic conditions ». p. 806-816. American Society of Civil Engineers (ASCE).

Manatakis, E. K. et P. A. Drakatos. 1993. « A new method for the analysis of operating costs of construction equipment ». *International Journal of Production Economics*, vol. 32, n° 1, p. 13-21.

McFadden, T. et F. Bennett, 1991. *Construction in cold regions : a guide for planners, engineers, contractors, and managers*. Wiley series of practical construction guides.

Mitchell, Z., J. Hildreth, et M. Vorster. 2011. « Using the Cumulative Cost Model to Forecast Equipment Repair Costs : Two Different Methodologies ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 137, n° 10, p. 817-822.

Mitchell, Z. and Hildreth, J. and Vorster, M. 2010. « Using the Cumulative Cost Model to Forecast Equipment Repair Costs : Two Different Methodologies ». *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 137, n° 10, p. 817-822.

NEAS. 2013. « Freight Rates and Insurance ». http://www.neas.ca/shippinginsurance.cfm. Consulté en 2013.

Newton, L. et J. Christian. 2006. « Impact of Quality on Building Costs ». *Journal of Infrastructure Systems*, vol. 12, n° 4, p. 199-206.

Nunnally, S., 1977. *Managing construction equipment*.

Peurifoy, R. et G. Oberlender, 1989. *Estimating construction costs*. McGraw-Hill Series in Construction Engineering and Project Management.

Ping, Z., G. Bin, et W. Peng-Zhi. 2011. « The Depreciation Method of Construction Machinery Based On Gray Relational Theory ». In *Innovation, Security and Sustainable Development. 2011 International Conference on Technology of Architecture and Structure, 22-24 Sept. 2011*. p. 1265-8. Trans Tech Publications Ltd.

Rupe, J. W. 2000. « Optimal-maintenance modeling on finite time with technology replacement and changing repair costs ». *Proceedings of the Annual Reliability and Maintainability Symposium*, p. 269-275.

Schexnayder Jr, C. J. et D. E. Hancher. 1981. « CONTRACTOR EQUIPMENT-MANAGEMENT PRACTICES ». *Journal of the Construction Division*, vol. 107, n° 4, p. 619-626.

Spencer, E. et R. S. M. Company, 2010. *Rsmeans Site Work and Landscape Cost Data 2011*. Means Site Work and Landscape Cost Data.

Stubbs, F. W., 1971. *Handbook of heavy construction : 2d ed*. Index : p. 1-17, New York : Mcgraw-Hill.

Yatsenko, Y. et N. Hritonenko. 2011. « Economic life replacement under improving technology ». *International Journal of Production Economics*, vol. 133, n° 2, p. 596-602.

Yip, H. L. et F. Hongqin. 2012. « A General Regression Neural Network model for construction equipment maintenance costs ». In *2012 7th International Conference on Computing and Convergence Technology (ICCIT, ICEI and ICACT), 3-5 Dec. 2012*. p. 1353-7. IEEE.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alvarez, R. et M. Weilenmann. 2012. « Effect of low ambient temperature on fuel consumption and pollutant and CO2 emissions of hybrid electric vehicles in real-world conditions ». *Fuel*, vol. 97, p. 119-124.

Assaf, S. A., A. A. Bubshait, S. Atiyah, et M. Al-Shahri. 2001. « The management of construction company overhead costs ». *International Journal of Project Management*, vol. 19, n° 5, p. 295-303.

Association des Constructeurs de Routes et Grands Travaux du Québec (ACRGTQ), 2010. *Convention collective 2010-2013 : secteur génie civil et voirie*. Consulté le 12 mars 2013, 214 p.

Banque du Canada. 2013. « V122495 : Taux de base des prêts aux entreprises ». http://www.banqueducanada.ca/taux/taux-dinteret/taux-dinteret-au-canada. Consulté le 07 mars 2013.

Caterpillar. 2007. *Cold weather recommendations for all caterpillar machines*. Book. 25 p.

Caterpillar, 2010. *Caterpillar performance handbook*, volume 40. 1442 p.

Day, D. et N. Benjamin, 1991. *Construction Equipment Guide*. Wiley Series of Practical Construction Guides.

Direction générale des acquisitions du Centre de services partagés du Québec (DGACSPQ), 2011. *Taux de location de machinerie lourde*. Sainte-Foy (Québec) : Les Publications du Québec, 117 p.

Eliane, S. 2010. « Corrosion atmosphérique ». *Techniques de l'ingénieur Corrosion et vieillissement : phénomènes et mécanismes*, vol. base documentaire : TIB371DUO.

Environnement Canada. 2013. « Normales climatiques au Canada 1971-2000 (KUUJJUAQ) ». http://climate.weatheroffice.gc.ca/climate_normals/results_f.html?stnID=6095\&autofwd=1. Consulté en 2013.

Equipment Watch. 2013. « Custom cost evaluator, user guide : instroduction ». http://www.equipmentwatch.com/marketing/info/369/blue-book-user-guide. Consulté le 26 février 2013.

Gransberg, D., C. Popescu, et R. Ryan, 2006. *Construction Equipment Management for Engineers, Estimators, and Owners*. Civil and Environmental Engineering. anciennement douglas.

Halpin, D. W., 1985. *Financial and cost concepts for construction management*. New York, N.Y. : J. Wiley and Sons, 432 p.

Harris, F., 1994. *Modern construction and ground engineering equipment and methods*.

International Association of Engineers Insurers (IMIA). 2012. « The effect of adverse weather on construction sites ». http://www.imia.com/downloads/imia_papers/WGP78_2012.pdf. Consulté le 29 mars 2013.

John Deere. 2012. *Performance handbook*. Book. 484 p.

Komatsu. 2009. *Specifications and application handbook*. Book. 928 p.

Lagacé, K. 2010. *Notes du cours 11 de gia-400 : l'amortissement*. Technical report. 21 p.

Letocha, R., 1982. *Équipement et méthodes de construction*.

Lewis, P., M. Leming, et W. Rasdorf. 2012. « Impact of Engine Idling on Fuel Use and Emissions of Nonroad Diesel Construction Equipment ». *Journal of Management in Engineering*, vol. 28, n° 1, p. 31-38.

Lowe, S., R. Bielek, R. Burnham, N. C. H. R. Program, T. C. Services, A. A. of State Highway, T. Officials, et N. R. C. U. T. R. Board, 2003. *Compensation for contractors' home office overhead*. Synthesis of highway practice. 47 p.

Lucko, G. 2003. « A statistical analysis and model of the residual value of different types of heavy construction equipment ». PhD thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.

Means, R., 2011. *RSMeans Heavy Construction Cost Data 2012*. RSMeans Heavy Construction Cost Data. 707 p.

Mitchell Jr, Z. W. 1998. « A statistical analysis of construction equipment repair costs using field data and the cumulative cost model ». Ph.d., Virginia Polytechnic Institute and State University.

Monga, A. et J. Zuo, Ming. 2001. « Optimal design of series-parallel systems considering maintenance and salvage value ». *Computers and Industrial Engineering*, vol. 40, n° 4, p. 323-337.

Nepal, M. P. et M. Park. 2004. « Downtime model development for construction equipment management ». *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 11, n° 3, p. 199-210.

Nichols, H. L., 1976. *Moving the earth : the workbook of excavation / by Herbert L. Nichols, Jr. ; ill. by Helen Schwagerman and Joseph A. Romeo*. éd. 3d ed. 1702 p.

Nunnally, S. W., 2000. *Managing construction equipment*. Upper Saddle River, N.J. : Prentice-Hall.

Nunnally, S., 2011. *Construction Methods and Management*.

Office québécois de la langue française (OQLF). 2012. « Fiche terminologique ». http://www.gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=500760. Consulté le 22 octobre 2013.

Peurifoy, R., C. Schexnayder, A. Shapira, et R. Schmitt, 2011. *Construction planning, equipment, and methods*. 800 p.

Regie de l'énergie. 2009-2013. « Carburant diesel : prix moyen affiché par région administrative du Québec ». http://www.regie-energie.qc.ca/energie/petrole_tarifs.php. Consulté le 09 mars 2013.

Roy,K., F. A. G. P. 2013. « Modélisation de la prédiction du coût de la machinerie lourde pour les grands projets dans le Nord du Québec ». In *Proceedings of the 4th International Construction Specialty*. CSCE 2013 annual meeting, Montréal, Québec, Canada, CON-178(1-10).

Roy,K., F. A. G. P. 2014. « Améliorations aux méthodes d'estimation des taux de location des équipements de construction ». In *Proceedings of the General Conference*. CSCE 2013 annual meeting, Montréal, Québec, Canada, CON-180(1-10).

Russell, J., 1985. *Construction Equipment*.

Sami, A. et M. A. Abdul-Malak, 2008. *Use of Historical Overhead Costs for Estimation and Control Purposes*, p. 1-10. American Society of Civil Engineers.

Schwartzkopf, W., 2004. *Calculating Lost Labor Productivity in Construction Claims*. Construction Law Library. 282 p.

US Army Corps of Engineers. 2011. *Construction equipment ownership and operating expense schedule region ix*. Government document. 560 p.

Volvo. 2013. « Volvo Construction Equipment : total cost of ownership Calculator ». http://www.volvoce.com/SiteCollectionDocuments/VCE/Documents\%20North\%20America/other/TCO_public.swf. Consulté le 07 mai 2013.