

**FLEURY
LEGER**

& ASSOCIÉS LTÉE

Experts en litiges de construction

La perte de productivité: comment l'évaluer?

par Jean-Marie Mathieu, ing. et avocat

32^e Session d'étude sur les techniques de sautage

Université Laval, les 19 et 20 novembre 2009

PLAN DE LA PRÉSENTATION

- 1. CHANGEMENTS DANS LES TRAVAUX**
- 2. EFFETS DES CHANGEMENTS**
- 3. EXEMPLES DE CAUSES DE PERTE DE
PRODUCTIVITÉ (Études diverses)**
- 4. QUANTIFICATION DE LA PERTE DE
PRODUCTIVITÉ (Méthodes)**
- 5. CONCLUSION**

Qu'est-ce que la productivité?

- Rapport entre le résultat obtenu d'un travail (quantité de travaux, revenus générés, etc.) par rapport aux ressources déployées pour atteindre ce résultat (heures ou coûts de main-d'œuvre et d'équipement).

La perte de productivité

- Lorsque des problèmes surgissent, la perte de productivité est calculée en comparant la productivité atteinte pendant la période des problèmes à la productivité atteinte en l'absence desdits problèmes.
- Productivité anormale vs productivité normale
- Basée sur la **productivité normale**

1. La perte de productivité peut résulter:

- De l'inefficacité de l'entrepreneur
- Des changements apportés par le maître d'œuvre :
 - ✓ Travaux additionnels
 - ✓ Modifications aux travaux prévus
- Des changements dans les conditions d'exécution des travaux

2. Effets des changements

Pour répondre aux changements, l'Entrepreneur réagit et apporte des modifications à ses méthodes de travail, tels que :

- ✓ Surtemps (temps supplémentaire);
- ✓ Excédent de main-d'œuvre;
- ✓ Chevauchement des corps de métier;
- ✓ Ajout de quart(s) de travail;
- ✓ Modifications à la séquence des travaux;
- ✓ Travaux réalisés dans des conditions climatiques différentes.

2. Effets des changements suite...

Modifications aux
méthodes de travail

de l'entrepreneur

Importance et nombre

des changements

→ Impacts négatifs
sur la productivité

3. Exemples des PERTES de productivité

3.1 SURTEMPS (Temps supplémentaire)

Définition :

- ✓ Augmentation des heures travaillées au-delà de l'horaire normal de travail

Causes :

- ✓ Ouvriers accoutumés à dépenser efforts et énergie à une cadence déterminée;
- ✓ Ajustements inconscients de la cadence pour réaliser le même travail dans une journée;
- ✓ Baisse du moral et de la motivation;
- ✓ Augmentation des taux d'accident et d'absentéisme.

3.1 SURTEMPS suite...

Remarques :

- ✓ Surtemps n'implique pas automatiquement une perte de productivité.
- ✓ Estimations de perte varient grandement selon les études.
- ✓ Augmentation des taux de perte avec augmentation des heures supplémentaires
- ✓ Augmentation rapide des taux de perte de productivité durant les 3-4 premières semaines puis ralentissement

03/11/2009 15:28:53

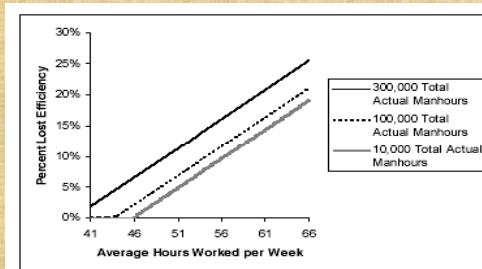
La perte de productivité: comment l'évaluer?

8

3.1 SURTEMPS suite...

Exemple de calculs empiriques de perte de productivité

Exemple de représentation graphique de la perte de productivité*



Perte de productivité* = $-0,4359 + 0,00947 \times M + 0,00000022 \times T$, où M = à la moyenne des heures travaillées par semaine et T = au total des heures.

Formule applicable* pour :

- taille du projet: 2 000 à 1 500 000 heures totales
- moyenne d'heures par semaine: 41 à 66 heures

*Tiré de: Factors affecting Labor Productivity for Mechanical Contractors / Dr. Awad S. Hanna

03/11/2009 15:28:53

La perte de productivité: comment l'évaluer?

9

3.1 SURTEMPS suite...

Jour/sem.	Heures/jour	Heures/sem.	Perte de productivité due au surtemps - CNRC			
			1	2	3	4
5	9	45	3,00%	5,00%	7,00%	10,00%
5	10	50	6,00%	8,00%	12,00%	14,00%
5	11	55	10,00%	14,00%	16,00%	20,00%
6	9	54	5,00%	7,00%	10,00%	12,00%
6	10	60	8,00%	12,00%	16,00%	21,00%
6	12	72	13,00%	20,00%	26,00%	32,00%
7	8	56	10,00%	15,00%	20,00%	25,00%
7	9	63	12,00%	19,00%	24,00%	31,00%
7	10	70	15,00%	23,00%	30,00%	38,00%
7	12	84	21,00%	32,00%	42,00%	53,00%

Heures travaillées/ semaine	Comparaison des pertes de productivités estimées par Hanna et le CNRC				Écart	
	CNRC (selon le nombre de semaines consécutives)					
	1	2	3	4		
45	3,00%	5,00%	7,00%	10,00%	-0,87% -0,58% -0,10% 5,58%	
50	6,00%	8,00%	12,00%	14,00%	3,87% 4,16% 4,64% 3,84%	
55	5,00%	7,00%	10,00%	12,00%	8,60% 8,89% 9,37% 1,89%	
60	8,00%	12,00%	16,00%	21,00%	13,34% 13,63% 14,11% 1,63%	
70	15,00%	23,00%	30,00%	38,00%	22,81% 23,10% 23,58% 0,10%	

*Tiré de: Factors affecting Labor Productivity for Mechanical Contractors / Dr. Awad S. Hanna

03/11/2009 15:28:53

La perte de productivité: comment l'évaluer?

10

3.1 SURTEMPS suite...

Remarques :

- ✓ Surtemps n'implique pas automatiquement une perte de productivité.
- ✓ Estimations de perte varient grandement selon les études.
- ✓ Augmentation des taux de perte avec augmentation des heures supplémentaires
- ✓ Augmentation rapide des taux de perte de productivité durant les 3-4 premières semaines puis ralentissement

03/11/2009 15:28:53

La perte de productivité: comment l'évaluer?

11

3.2 EXCÉDENT DE MAIN-D'OEUVRE

- Définition :**
- 1) Taille de l'équipe > Taille optimale
 - 2) Multiplication du nombre d'équipes

Causes :

- ✓ Performance moyenne plus faible (temps total d'apprentissage plus élevé);
- ✓ Changements au fonctionnement de l'équipe;
- ✓ Dilution de la supervision;
- ✓ Congestion du site;
- ✓ Problèmes de logistique;
- ✓ Problèmes de coordination.

Remarque : La perte de productivité n'arrive que lorsqu'un certain niveau est atteint. Exemple : si $\text{nombre maximum de travailleurs} \div \text{nombre moyen de travailleurs d'un même métier} < 1,6$ (selon Hanna).

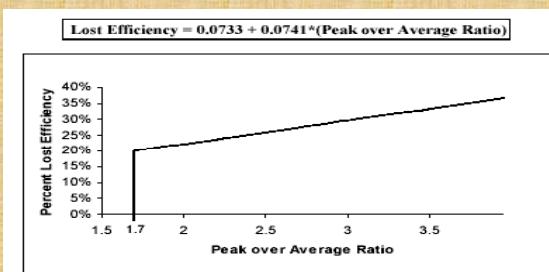
03/11/2009 15:28:53

La perte de productivité: comment l'évaluer?

12

3.2 EXCÉDENT DE MAIN-D'ŒUVRE suite...

Exemple de représentation graphique de la perte de productivité*



Perte de productivité = $0,0733 + 0,0741 \times R$, où R = ratio du nombre maximum de travailleurs (Pic) sur le nombre moyen de travailleurs.

Formule applicable* :

- taille du projet: 2 000 à 1 500 000 heures totales,
- $1,7 < R < 3,95$.

*Tiré de: Factors affecting Labor Productivity for Mechanical Contractors / Dr. Awad S. Hanna

03/11/2009 15:28:53

La perte de productivité: comment l'évaluer?

13

3.3 CHEVAUCHEMENT DES CORPS DE MÉTIER

Définition : Présence simultanée dans un espace restreint de plusieurs corps de métier qui devraient normalement se succéder.

Causes :

- ✓ Congestion des lieux de travail (diminution de l'espace disponible pour chaque ouvrier en deçà de l'espace minimum requis qui varie selon la complexité du travail à réaliser);
- ✓ Interférences entre équipes;
- ✓ Interruptions du travail;
- ✓ Supervision difficile.

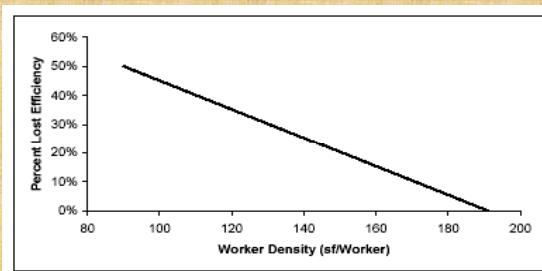
03/11/2009 15:28:53

La perte de productivité: comment l'évaluer?

14

3.3 CHEVAUCHEMENT DES CORPS DE MÉTIER suite...

Exemple de représentation graphique de la perte de productivité*



Perte de productivité* : $0,938 - 0,00492 * E$, où E = à la superficie nette de travail par travailleur.

Formule applicable* pour :

- taille du projet: 2 000 à 150 000 heures totales
- espace de travail net de : 90 à 191 pi²/travailleur.

*Tiré de: Factors affecting Labor Productivity for Mechanical Contractors / Dr. Awad S. Hanna

03/11/2009 15:28:53

La perte de productivité: comment l'évaluer?

15

3.4 AJOUT DE QUART(S) DE TRAVAIL

Définition : Ajout d'un second quart qui débute après la fin du premier quart.

Causes :

- ✓ Fatigue due aux modifications au rythme naturel des travailleurs/période d'adaptation de ± 1 mois.
- Problèmes accrus de coordination et de logistique
- Augmentation des taux d'absentéisme et de roulement de personnel
- Non-disponibilité des gestionnaires du projet lors des travaux

Remarques :

- *Affecte principalement les tâches qui demandent une motricité fine;*
- *Dans certains cas, peut améliorer la productivité totale (équipe de nuit prépare le travail de l'équipe de jour).*

3.5 MODIFICATIONS À LA SÉQUENCE DES TRAVAUX

Définition : Travaux discontinus, chevauchement de travaux qui pourraient se faire à la suite

Causes :

- Perte du rythme
- Réaffectation des travailleurs
- Perte de motivation
- Réapprentissage
- Dilution de la supervision
- Problèmes de coordination et de logistique

3.6 CONDITIONS CLIMATIQUES DÉFAVORABLES

Définition : Travail dans des conditions climatiques différentes des conditions idéales

Conditions idéales varient selon les auteurs, mais généralement:

4° < T < 21°C et 20 % < HR < 70 %, vent faible et aucune précipitation

Causes :

- fatigue due à la dépense énergétique supplémentaire pour contrer les conditions
- perte de motricité fine due au froid
- perte d'habileté due à la protection contre le froid (vêtements, etc.)
- ralentissements, interruptions pour contrer les conditions défavorables

Remarques :

- Effets très différents selon le type de travail
- Selon la définition des conditions idéales; pas de perte à Montréal entre le 15 avril et le 15 juin et entre le 31 août et le 31 octobre

03/11/2009 15:28:53

La perte de productivité: comment l'évaluer?

18

3.6 CONDITIONS CLIMATIQUES DÉFAVORABLES suite...

Facteurs empiriques

Comparaison des taux de productivité selon la température entre USArmy et CNRC					
Température ressentie		Main-d'oeuvre		Équipement	
F	C	USArmy (1985)	CNRC (1994)	Écart	USArmy (1985)
50	10,0	1,00	1,00	0%	1,00
40	4,4	0,97	1,00	4%	1,00
30	-1,1	0,90	0,98	9%	0,97
20	-6,7	0,82	0,94	15%	0,95

Autre exemple d'études:

Etude et logiciel existants pour le calcul de la perte de productivité et des dommages : Weather impact on construction productivity and quantification of damages, O. Moselhi, Université Concordia (présentation à l'Université Laval - 20 novembre 2003).

03/11/2009 15:28:53

La perte de productivité: comment l'évaluer?

19

3.7 IMPORTANCE DES CHANGEMENTS

Définition : La quantité ou ampleur des changements est telle qu'elle affecte la nature ou la réalisation du projet.

Causes :

- organisation, gestion;
- problèmes de coordination, de logistique;
- dilution de la supervision;
- perte de motivation.

Remarque :

Lorsque le total des heures de main-d'œuvre consacrées aux ordres de changement (OdC) est supérieur à 10 % du total des heures de main-d'œuvre dépensées (ou gagnées) pour exécuter le contrat original et les OdC.

03/11/2009 15:28:53

La perte de productivité: comment l'évaluer?

20

3.7 IMPORTANCE DES CHANGEMENTS suite...

1 Étude : Impact of change orders on construction productivity,
Moselhi-Leonard , Rév. 1990

% de perte de productivité linéaire applicable au contrat original
selon un % des OdC variant de 10 % à 60 %

Travaux	OdC seulement	OdC + 1 cause majeure (surtemps, accélération, congestion)	OdC + 2 causes majeures (surtemps, accélération, congestion)
Électriques et mécaniques	~13 à ~36 %	~26 à 47 %	~36 à ~56 %
Civils et architecture	~13 à ~26 %	~20 à 34 %	~27 à ~40 %

03/11/2009 15:28:53

La perte de productivité: comment l'évaluer?

21

4. COMMENT QUANTIFIER LA PERTE DE PRODUCTIVITÉ?

- Peu de recherche sur les facteurs affectant la productivité et leurs effets.
- Essentiellement impossible durant l'exécution de séparer les coûts des pertes de productivité des coûts totaux.
- Souvent difficile à établir et complexe à quantifier.
- Aucune des méthodes ne s'applique à toutes les situations.
- Il est commun d'utiliser plus d'une méthode pour une situation donnée pour aider à valider la quantification.

03/11/2009 15:28:53

La perte de productivité: comment l'évaluer?

22

Quelles sont les méthodes utilisées (ordre décroissant)?

- **Méthode différentielle (étalon) impact vs sans impact**
- **Méthode différentielle (étalon) travaux similaires**
- **Méthode scientifique (modèles)**
- **Méthode du coût prévisible (avec expert estimateur)**
- **Méthode empirique (tables et graphiques tirés d'études)**
- **Méthode du coût total**
- **Méthode ponctuelle**
- **Méthode de la valeur économique (quantum meruit)**

Ref. Trauner –Construction delays

03/11/2009 15:28:53

La perte de productivité: comment l'évaluer?

23

4.1 MÉTHODE DIFFÉRENTIELLE (étalon) impact vs sans impact

Définition : Différence entre les performances dans les conditions modifiées (impact) et les performances dans les conditions prévues (sans impact)

L'étalon représente la **productivité obtenue** dans une période sans impact.

L'étalon peut aussi être pris ou confirmé par des travaux similaires sur un autre chantier.

Conditions :

- Périodes de temps et portions de travaux avec et sans impact, clairement identifiables et comparables
- Avoir les données vérifiables pour les deux cas.

4.1 MÉTHODE DIFFÉRENTIELLE (étalon) travaux similaires

Remarques :

- démontre la relation de cause à effet;
- indépendante de la soumission;
- meilleure approche;
- souvent non applicable à cause du nombre et de l'étendue des changements.

4.2 MÉTHODE SCIENTIFIQUE (modèles)

Définition : utilisation de modèles d'ingénierie industrielle, tels que l'analyse des durées ou l'analyse détaillée de la tâche à réaliser, afin de mesurer l'impact sur la productivité au moment même des travaux.

Conditions :

- connaissance de modèles d'ingénierie industrielle applicables;
- problèmes documentés dès leur apparition;
- détection immédiate ou rapide des impacts.

Remarques :

- peu d'entrepreneurs connaissent des modèles d'ingénierie applicables;
- les entrepreneurs se rendent compte souvent après le fait qu'ils ont subi des pertes de productivité.

4.3 MÉTHODE DU COÛT PRÉVISIBLE (avec expert estimateur)

Définition : différence entre les coûts réels et les coûts qui auraient été encourus si les conditions n'avaient pas changé

Conditions :

- estimation des coûts prévisibles acceptable par les parties

Remarques :

- alternative à la méthode différentielle lorsqu'aucune période «étalon» ne peut être identifiée
- démontre la relation de cause à effet
- utilisée lorsque les coûts réels sont inconnus ou lorsque les coûts prévus ne le sont pas

4.4 MÉTHODE EMPIRIQUE (tables et graphiques tirés d'études)

Définition : application de facteurs empiriques, de tableaux empiriques ou d'abaques tirés d'analyses statistiques antérieures.

Conditions :

- connaissance approfondie de l'origine des facteurs afin de juger de leur applicabilité au projet/connaissance approfondie de l'analyse;
- conditions réelles similaires aux conditions sur lesquelles les facteurs empiriques et les abaques ont été construits.

Remarques :

- les facteurs empiriques représentent des moyennes statistiques, donc possibilité d'écart importants.
- utiliser avec prudence lorsqu'aucune autre méthode ne peut s'appliquer.
- ne convient pas à toutes les causes.
- difficile d'appréciation quand plusieurs causes sont en jeu.

4.5 MÉTHODE DU COÛT TOTAL

Définition : coût de la perte de productivité = la différence entre le coût réel (en heures travaillées ou en \$) et le coût estimé (en heures travaillées ou en \$).

Conditions :

- coûts des travaux (en heures travaillées ou en \$) estimés correctement;
- coûts réels comptabilisés exactement;
- augmentation des coûts découlant entièrement des changements.

Remarques :

- ne tient pas compte des erreurs de soumission ni des augmentations de coûts (ou occasions d'économies perdues) découlant d'erreurs d'exécution de l'entrepreneur ou causées par des tiers;
- la relation de cause à effet est non démontrée;
- ne devrait être utilisée que lorsqu'aucune autre méthode ne peut s'appliquer.

4.6 MÉTHODE PONCTUELLE

Définition : description et durée des pertes de temps ou de productivité indiquées sur les feuilles de temps des employés ou sur les rapports journaliers des contremaîtres.

Conditions :

- détection immédiate des pertes de temps.

Remarques :

- lien de cause à effet clairement démontré;
- meilleure approche pour les interruptions (attentes, arrêts);
- peu utile;
- utilisée pour évaluer les pertes de performance.

4.7 MÉTHODE DE LA VALEUR ÉCONOMIQUE (quantum meruit)

Définition : coûts raisonnables plus majoration pour administration et profit.

Conditions :

- déduire tous les coûts supplémentaires découlant des actions/inactions de l'entrepreneur;
- établir une majoration acceptable par les parties;
- aucune autre méthode possible.

Remarque :

- utilisable si les changements ont été si importants que le projet est complètement changé.

5. CONCLUSION

- Changements impliquent souvent des pertes de productivité.
- Ces pertes de productivité sont souvent impossibles à quantifier à priori.
- Pertes de productivité souvent détectées trop tard.
- Droit de l'entrepreneur d'améliorer les performances prévues et de bénéficier des économies.

03/11/2009 15:28:53

La perte de productivité: comment l'évaluer?

32

5. CONCLUSION suite...

- Reconnu qu'un calcul précis de la perte de productivité n'est pas essentiel pour recouvrir des dommages, par contre, l'utilisation de plus d'une méthode peut être requise.
- Privilégier les méthodes:
 - démontrant la relation de cause à effet;
 - basées sur les performances démontrées et non les performances estimées.

03/11/2009 15:28:53

La perte de productivité: comment l'évaluer?

33