

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

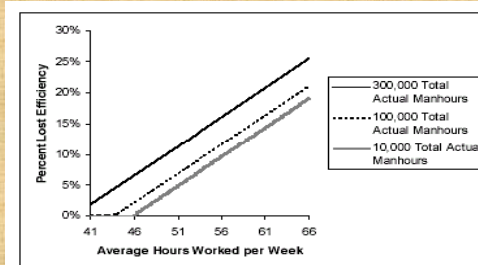
La perte de productivité: comment l'évaluer?

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...

Perte de productivité due au surtemps - CNRC						
Jour/sem.	Heures/jour	Heures/sem.	Nombre de semaines consécutives			
			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%

Comparaison des pertes de productivités estimées par Hanna et le CNRC								
Heures travaillées/semaine	CNRC (selon le nombre de semaines consécutives)				Hanna* (selon le total des heures travaillées)			Écart
	1	2	3	4	< 5 000 hres	10 000-30 000	30 000-50 000	
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

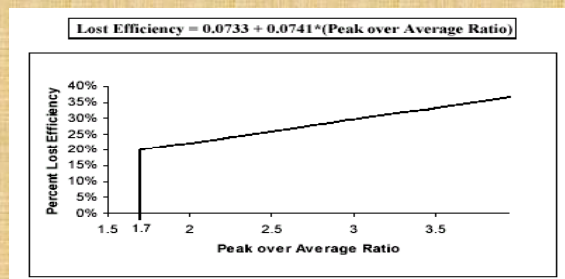
Causes :

- ✓ 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 nombre maximum de travailleurs ÷ nombre moyen de travailleurs d'un même métier < 1,6 (selon Hanna).

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

3.3 CHEVAUCHEMENT DES CORPS DE MÉTIER

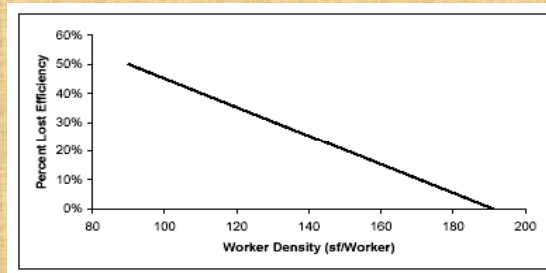
Définition : Présence simultanée dans un espace restreint de plusieurs corps de métier qui devraient normalement se succéder.

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.

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

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:

$4^{\circ} < T < 21^{\circ}\text{C}$ et $20\% < \text{HR} < 70\%$, 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

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).

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.

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 %

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.

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

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'écarts 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.

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.