

**Période de récupération
de 36 heures dans
l'industrie de camionnage :
Synthèse de la
connaissance
scientifique à ce jour**



Transport
Canada

Transports
Canada

Canada 

AVIS

Le présent document est diffusé sous l'égide de Transports Canada afin d'échanger de l'information. Transports Canada n'assume aucune responsabilité quant à son contenu ou à son utilisation. Le contenu de ce rapport reflète les points de vue des auteurs, qui sont responsables des faits et de l'exactitude des données qui y sont présentées. Le contenu ne traduit pas nécessairement la politique de Transports Canada.

Transports Canada n'endosse pas les produits ou les fabricants. Les marques de commerce ou les noms des fabricants ne figurent dans ce document que s'ils sont considérés essentiels à son objectif.

Ce rapport ne constitue pas une norme, une spécification ou un règlement.

**PÉRIODE DE RÉCUPÉRATION DE 36 HEURES
DANS L'INDUSTRIE DU CAMIONNAGE :
SYNTHÈSE DE LA CONNAISSANCE SCIENTIFIQUE
À CE JOUR**

Préparé pour le

Centre de développement des transports
Sécurité et sûreté
Transports Canada

par

Alison Smiley, PhD
Ron Heslegrave, PhD

Avril 1997

Les opinions exprimées dans ce rapport sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du Centre de développement des transports.

Ce rapport est aussi disponible en anglais à Transports Canada sous le titre «A 36-Hour Recovery Period for Truck Drivers: Synopsis of Current Scientific Knowledge» TP 13035E.

This report is also available in English from Transport Canada under the title “A 36-Hour Recovery Period for Truck Drivers: Synopsis of Current Scientific Knowledge” TP 13035E.



1. N° de la publication de Transports Canada TP 13035F		2. N° de l'étude 9072		3. N° de catalogue du destinataire	
4. Titre et sous-titre Période de récupération de 36 heures dans l'industrie du camionnage : Synthèse de la connaissance scientifique à ce jour				5. Date de la publication Avril 1997	
				6. N° de document de l'organisme exécutant	
7. Auteur(s) A. Smiley et R. Heslegrave				8. N° de dossier - Transports Canada ZCD1450-110-9	
9. Nom et adresse de l'organisme exécutant Human Factors North Inc. 118 Baldwin Street Toronto, Ontario M5T 1L6				10. N° de dossier - TPSGC	
				11. N° de contrat - TPSGC ou Transports Canada T8200-4-4556/01-XSD	
12. Nom et adresse de l'organisme parrain Centre de développement des transports (CDT) 800, boul. René-Lévesque Ouest 6 ^e étage Montréal (Québec) H3B 1X9				13. Genre de publication et période visée Final	
				14. Agent de projet S. Vespa	
15. Remarques additionnelles (programmes de financement, titres de publications connexes, etc.) L'étude du projet de Transports Canada a été réalisée par S. Vespa du Centre de développement des transports et Brian Orrbine des Programmes de sécurité routière.					
16. Résumé <p>Ce rapport présente les résultats d'une recherche documentaire approfondie sur le repos et la récupération nécessaires pour éliminer la fatigue aiguë et la fatigue accumulée attribuables à de longues heures de travail et à de longues séquences de jours travaillés. Nombre d'articles répertoriés traitent du rôle de facteurs comme le nombre d'heures de travail consécutives, la période du jour travaillée et le manque de sommeil sur la performance au volant et le taux d'accidents. Mais très peu de chercheurs se sont penchés sur le risque de collisions ou la performance au volant en regard du nombre de jours de travail consécutifs ou du nombre d'heures travaillées depuis la dernière période de congé. La recherche documentaire visait en outre à établir si une période de 36 heures, dite «de récupération», est suffisante pour permettre à des conducteurs de véhicules utilitaires de se reposer suffisamment après avoir atteint le nombre maximal d'heures de service hebdomadaires autorisé par la réglementation canadienne sur les heures de service. Dans l'ensemble, les études recensées fournissent certaines indications sur cette question. Mais une seule évoque précisément un horaire de travail dans lequel a pu être intercalée une période de récupération de 36 heures : c'est que l'insertion, dans les horaires, d'une période de repos aussi courte entraînerait un dépassement du nombre maximal d'heures de service autorisé par la réglementation de la plupart des pays. Le rapport propose finalement des axes de recherche future sur la performance au volant et la récupération.</p>					
17. Mots clés Conducteurs de véhicules utilitaires, fatigue, récupération, travail par poste, repos, heures de service			18. Diffusion Le Centre de développement des transports dispose d'un nombre limité d'exemplaires.		
19. Classification de sécurité (de cette publication) Non classifiée		20. Classification de sécurité (de cette page) Non classifiée		21. Déclassification (date) —	22. Nombre de pages xiii, 31
					23. Prix —



1. Transport Canada Publication No. TP 13035F		2. Project No. 9072		3. Recipient's Catalogue No.	
4. Title and Subtitle Période de récupération de 36 heures dans l'industrie du camionnage : Synthèse de la connaissance scientifique à ce jour				5. Publication Date April 1997	
				6. Performing Organization Document No.	
7. Author(s) A. Smiley and R. Heslegrave				8. Transport Canada File No. ZCD1450-110-9	
9. Performing Organization Name and Address Human Factors North Inc. 118 Baldwin Street Toronto, Ontario M5T 1L6				10. PWGSC File No.	
				11. PWGSC or Transport Canada Contract No. T8200-4-4556/01-XSD	
12. Sponsoring Agency Name and Address Transportation Development Centre (TDC) 800 René Lévesque Blvd. West 6th Floor Montreal, Quebec H3B 1X9				13. Type of Publication and Period Covered Final	
				14. Project Officer S. Vespa	
15. Supplementary Notes (Funding programs, titles of related publications, etc.) Transport Canada's project review was conducted by S. Vespa of the Transportation Development Centre and Brian Orrbine of Road Safety Programs.					
16. Abstract <p>This report presents a broad review of the scientific literature on rest and recovery requirements from acute and cumulative fatigue due to extended hours of work during the day and across several days. Many articles were found which dealt with the impact of length of shift, time of day, and sleep deprivation effects on driver performance and accident rates. Very few studies were found that looked at crash risk or performance in terms of number of days worked in sequence or number of hours worked since the last period of days off. The literature is also reviewed from the perspective of assessing the potential adequacy of a 36-hour off-duty period as a reset time for rest and recovery of commercial drivers from the current weekly maximums on driving and on-duty hours in the Canadian hours-of-service regulations. Although the overall body of knowledge offers guidance on this issue, only one study was found that specifically dealt with an operational schedule that would be permitted under a 36-hour reset scenario. This is mainly because such a short reset period would result in schedules that would exceed current hours-of-work regulations in most countries. Finally, areas of potential future research addressing driver performance and recovery are presented.</p>					
17. Key Words CMV drivers, fatigue, recovery, shiftwork, rest, hours-of-service			18. Distribution Statement Limited number of copies available from the Transportation Development Centre		
19. Security Classification (of this publication) Unclassified	20. Security Classification (of this page) Unclassified	21. Declassification (date) —	22. No. of Pages xiii, 31	23. Price —	

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le transporteur routier et les conducteurs volontaires qui ont participé à la présente étude.

SOMMAIRE

Ce rapport présente les résultats d'une recherche documentaire approfondie sur le repos et la récupération nécessaires pour éliminer la fatigue aiguë et la fatigue accumulée attribuables à de longues heures de travail et à de longues séquences de jours travaillés. La recherche documentaire visait en outre à établir le bien-fondé d'une période dite «de récupération» de 36 heures pour permettre aux conducteurs de véhicules utilitaires de se reposer et de récupérer après avoir atteint le nombre maximal d'heures de service hebdomadaires présentement autorisé par la réglementation canadienne sur les heures de service.

Nombre des articles répertoriés traitent du rôle de facteurs comme le nombre d'heures de travail consécutives, la période du jour travaillée et le manque de sommeil sur la performance au volant et le taux d'accidents. Mais très peu de chercheurs se sont penchés sur le risque de collisions ou la performance au volant en regard du nombre de jours de travail consécutifs ou du nombre d'heures travaillées depuis la dernière période de congé. Encore plus rares sont celles qui se sont penchées sur les pouvoirs reconstituants des périodes de repos et des jours de congé.

De façon générale, les études visées par la recherche documentaire et les résultats de l'étude sur la récupération menée par Wylie et coll. (1997) pointent clairement vers la nécessité de mener d'autres études pour être en mesure d'apprécier les pouvoirs reconstituants des périodes de repos prescrites. Peu d'études ont traité cette question et encore, la plupart l'ont fait indirectement. Les conclusions que l'on peut en tirer sont donc mal étayées sur le plan scientifique, car fondées sur des généralisations faites à partir d'études qui n'abordaient pas directement la question d'une période de récupération de 36 heures. L'étude de Wylie et coll. (1997) est la plus probante. Mais les conclusions auxquelles elle aboutit s'assimilent davantage à des suggestions qu'à des conclusions au sens strict, en raison du nombre limité de sujets et des lacunes dans la mesure du sommeil pendant les périodes de récupération. Mais, même rares, les études disponibles suffisent à soulever des doutes sur la capacité des conducteurs de récupérer suffisamment en 36 heures pour accumuler ensuite jusqu'à 92 heures de service en 7 jours, surtout s'ils travaillent de nuit. De plus, il ressort clairement qu'il existe peu de données scientifiques sur lesquels appuyer de nouvelles dispositions concernant les périodes de repos.

La réglementation présentement en vigueur dans la plupart des pays limite à 60 heures la durée des périodes de service. Il n'existe donc pas d'étude portant sur le risque d'accidents associé à la semaine de 92 heures, qui deviendrait possible si on appliquait la règle des 36 heures de récupération. Les seules données actuellement disponibles sur le risque d'accidents associé à des périodes de service de plus de 60 heures proviennent d'une étude de Jones et Stein (1987), qui montre un risque accru d'accidents chez les conducteurs dont le carnet de route révèle un dépassement des heures admissibles. Mais on ne sait s'il faut attribuer ce risque accru au nombre excessif d'heures de conduite pendant un quart de travail ou à la fatigue accumulée au cours de plusieurs jours consécutifs de conduite.

L'étude de Jovanis et Kaneko (1990) révèle un accroissement du risque d'accidents chez les conducteurs qui travaillent de nuit, au bout de 3 à 4 jours de travail. Une étude menée en 1995 par le NTSB a par ailleurs montré que, plus que la simple conduite de nuit, la conduite de nuit avec déficit de sommeil constitue un facteur prédictif majeur des accidents dus à la fatigue. Selon une autre étude de Jovanis et Kaneko (1991) le risque d'accidents est moins élevé chez les conducteurs qui travaillent de jour, après une période de 3 à 4 jours de conduite. L'étude de Linklater révèle, par ailleurs, un risque d'accidents moindre chez les conducteurs qui conduisent normalement moins de 55 heures par semaine. Ce qui est corroboré par Jones et Stein, qui ont montré que les conducteurs qui dépassent les maximums permis courent davantage de risques d'avoir un accident. Mais le lien entre les heures prolongées de conduite pendant un même quart et la probabilité que survienne un accident n'est pas clairement établi.

Il est bien connu que le manque de sommeil diminue la performance et la vigilance (Wilkinson et coll., 1966, Rutenfranz et coll., 1973). Plusieurs études (Wylie et coll., 1996; Wylie et coll., 1997; Rhodes et coll., 1995; Donderi, Smiley et Zawaja, 1993; Rutenfranz et coll., 1972; Hertz, 1988) ont montré que les conducteurs professionnels, les travailleurs de nuit et les travailleurs par poste ne dorment pas assez et qu'ils peuvent accumuler, avec le temps, un lourd déficit de sommeil. On peut en effet penser qu'un conducteur qui entame, après une seule journée de repos, une période de 60 heures de conduite sur 4 jours, est encore fatigué et qu'il a peu de chance de récupérer pendant son cycle de travail, en raison du peu de temps hors service prévu dans son horaire (alternance de 8 heures de repos et de 15 heures de service).

L'étude de Lille (1967) est sans contredit la recherche la plus marquante sur la récupération. Les résultats de cette étude laissent entendre qu'une seule journée de repos n'est pas suffisante pour permettre à des travailleurs de nuit de compenser le déficit de sommeil accumulé pendant 5 jours de travail. D'après une étude récente de Ontario Hydro (Malette, 1994), 3 jours de repos seraient plus profitables que 2 jours de repos, à la suite de 3 quarts de nuit d'une durée de 12 heures. Une recherche portant sur les mécaniciens de locomotives (Hildebrandt, Rohmert et Rutenfranz, 1975) a démontré que les périodes de repos de 2 jours (voire de 3 jours) sont associées à moins de freinages automatiques que les périodes de repos de 1 jour seulement. Au terme d'une recherche documentaire, Johnson et Naitoh (1974) ont fait valoir qu'après une période prolongée de manque de sommeil, il suffit habituellement de 2 bonnes nuits pour récupérer complètement. Cette conclusion est encore aujourd'hui largement admise. On ne sait toutefois pas dans quelle mesure elle demeure valable lorsque le manque de sommeil s'étale sur une longue période.

L'étude de Wylie et coll. (1997) est celle qui apporte la réponse la plus directe, bien qu'à interpréter avec réserve (en raison du nombre restreint de sujets), à la question de savoir si une période de récupération de 36 heures est suffisante pour permettre aux conducteurs d'évacuer la fatigue accumulée au bout de 60 heures de service. L'étude a porté sur différentes périodes de repos prises à la suite d'une séquence de 4 périodes de 15 heures de service, de jour ou de nuit (chaque période comportant 13 heures de conduite). Les mesures soumises à l'analyse comprenaient des EEG, des enregistrements vidéo du visage, des enregistrements des déviations de trajectoires du véhicule et les résultats de tests de performances complémentaires informatisés. Les auteurs ont conclu que l'on

ne pouvait établir une preuve objective de l'état de récupération des conducteurs au bout d'une période de repos de 36 heures. En ce qui a trait à la durée du sommeil, le repos de 36 heures semble avoir influé différemment sur les conducteurs, selon qu'ils travaillent de jour ou de nuit. Une certaine augmentation du temps de sommeil a été observée chez les conducteurs qui entament leur période de travail le jour. À l'inverse, il semble qu'un repos d'un jour (36 heures) ait entraîné une diminution des heures de sommeil chez les conducteurs dont le quart débute la nuit. Selon toute vraisemblance, ces conducteurs reprenaient, pendant leur période de congé, le cycle veille-sommeil caractéristique de leur période de travail de jour, même si leur période de congé n'était pas assez longue pour une adaptation naturelle.

Les études sur le sujet, et notamment celle de Wilie et coll. (1997) font ressortir plusieurs facteurs importants dont il y a lieu de tenir compte dans l'examen de la performance au volant et des besoins de repos des conducteurs de véhicules utilitaires. Il importe, entre autres, d'étudier l'effet considérable du rythme circadien sur la performance au travail et sur les pouvoirs reconstituants du sommeil, et les liens entre les exigences de la tâche et la durée que doivent avoir les périodes de repos.

Certains axes de recherche future sont proposés, soit : des analyses complémentaires des données colligées par Wylie et coll. (1997); des évaluations et des enquêtes épidémiologiques; des expériences sur les pouvoirs reconstituants du sommeil et du repos; des études sur les sommes en tant que catalyseurs des bienfaits du sommeil; l'exploration de l'hypnose et d'autres méthodes utilisées pour induire le sommeil; l'information et la sensibilisation des personnes concernées.

SUMMARY

This report presents a broad review of the scientific literature on rest and recovery requirements from acute and cumulative fatigue due to extended hours of work during the day and across several days. The literature was also reviewed from the perspective of assessing the potential adequacy of a 36-hour off-duty period as a reset time for rest and recovery of commercial drivers from the current weekly maximums for driving and on-duty hours in the Canadian hours-of-service regulations.

Many articles were found which dealt with the impact of length of shift, time of day, and sleep deprivation effects on driver performance and accident rates. Very few studies were found that looked at crash risk or performance in terms of number of days worked in sequence or number of hours worked since the last period of days off. Even fewer studies were found that looked at the recuperative value of rest periods and time off.

Overall, based on the studies cited in the literature review and the data from the recovery study by Wylie et al. (1997), it is clear that further research is necessary to evaluate the recuperative value associated with prescribed time off. There are few studies pertaining to this problem and most do not specifically address the issue. Therefore, the conclusions drawn from the literature lack a strong scientific foundation and are based on generalizations from studies not directly assessing the problem of a 36-hr reset. The recovery study by Wylie et al. (1997) was the most direct evidence on this issue. However, conclusions from these data are more suggestive rather than conclusive since the number of subjects was small and sleep during the recovery periods was not fully recorded. Nevertheless, although the available research is sparse, it is sufficient to raise concerns about a 36-hour reset that would allow drivers to accumulate up to 92 hours on-duty within a seven-day period, particularly for night driving. It is also clear that there is insufficient scientific foundation on which to base prescriptive solutions for appropriate rest periods.

Currently, regulations prohibit on-duty time exceeding 60 hours in most countries. Consequently there are no studies which address accident risk associated with a 92-hour week, as would be possible with the 36 hour reset rule. The only data relative to crash risk associated with working in excess of current hours comes from a study by Jones and Stein (1987) showing that drivers with logbook violations have a higher risk of crashes. However, whether this is due to extended driving in a single shift or cumulative fatigue from several days of driving is not known.

The study by Jovanis and Kaneko (1990) indicates increased accident risk for night drivers after 3 to 4 days of driving. The NTSB (1995) study indicated that driving at night with a sleep deficit is far more critical in terms of predicting fatigue-related accidents than simply nighttime driving. The Jovanis and Kaneko (1991) study indicates less concern for daytime drivers with respect to a crash immediately following a 3 to 4 day period of driving. However, the study by Linklater indicates lower accident risk for drivers who typically drive less than 55 hours per week. This is corroborated by Jones and Stein who showed that drivers with logbook violations have a higher risk of crashes. Nevertheless, the evidence concerning extended hours of work and likely crash risk is not conclusive.

Sleep deprivation is known to interfere with performance of vigilance tasks (Wilkinson et al, 1966, Rutenfranz et al, 1973). A number of studies (Wylie et al., 1996; Wylie et al., 1997; Rhodes et al., 1995; Donderi, Smiley and Kawaja, 1993; Rutenfranz et al., 1972; Hertz, 1988) have shown that drivers, night workers and shiftworkers obtain insufficient sleep and can build up a large sleep debt over the shift cycle due to reduced sleep. A driver who would commence a 60 hour period of work after a single day off would start a heavy schedule (60 hours in 4 days) in a fatigued state, with little chance of recovery during the work cycle because of the limited daily time off (e.g., 8 hours off after 15 hours on-duty).

Arguably the most important study on recovery in the general literature is by Lille (1967). Her results suggest that a single day off is insufficient for night workers to recover after an accumulated sleep debt from 5 days of work. A recent Ontario Hydro study (Malette, 1994) suggested that 3 days rest was superior to 2 days rest after three 12-hour night shifts were worked. A study of railroad locomotive drivers (Hildebrandt, Rohmert and Rutenfranz, 1975) indicates an advantage of a 2 day (and even 3 days), as opposed to a 1 day rest period in terms of reduced automatic brakings. In a review of the literature, Johnson and Naitoh (1974) argued that following protracted periods of sleep loss, 2 nights of recovery sleep is usually sufficient to allow near full recovery. This conclusion is still widely regarded as correct. However, the degree to which it may be true for partial sleep loss over extended periods is unknown.

The study by Wylie et al. (1997) provided the most direct, though limited (because of the few subjects involved), evidence on whether 36 hours off-duty provides sufficient time for drivers to recover after accumulating 60 hours on-duty. The study examined a number of rest periods following 4 consecutive 15-hr day or night on-duty periods (13 hours of driving in each period). Measures analyzed included EEG, face video recordings, vehicle lane tracking, and computerized performance tests. The authors concluded that there was no objective evidence of driver recovery from the 36 hours of time off. In terms of sleep duration, the 36-hour off-duty period appeared to impact the day and night drivers differently. For drivers starting their shift by day, some increase was observed in the amount of sleep obtained during the 36 hours of time off. On the other hand, the one workday (36 hours) off appears to have resulted in less sleep for drivers starting their shifts at night. In all likelihood, these drivers resumed day shift sleep-wake patterns on their time off, even though the time off was insufficient for accommodation.

The general literature and the Wylie et al. study (1997) suggest several important factors that must be considered when examining performance and rest requirements of commercial drivers. These involve recognizing that circadian factors strongly influence work performance and the restorative potential of sleep, and that there is an interaction between work demands and the required duration of rest periods.

Areas for further research are identified that include: further analysis of the data collected by Wylie et al. (1997); epidemiological assessments and surveys on the effectiveness of rest periods; experimental studies on the recuperative value of sleep and rest; napping studies to maximize sleep benefits; exploration of hypnotics and other sleep inducing strategies; and, education and awareness training.

TABLE DES MATIÈRES

PARTIE 1. INTRODUCTION	1
Contexte	1
Objectifs de l'étude	1
Recherche documentaire	2
PARTIE 2. COMPTE RENDU DE LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE	3
Déficit de sommeil et nombre cumulatif d'heures/de jours travaillés	3
Accidents et déficit de sommeil	4
Accidents et nombre cumulatif d'heures/de jours travaillés.....	4
Accidents et effets du rythme circadien	6
Performance et nombre cumulatif d'heures/de jours travaillés	7
Camionnage.....	7
Autres industries.....	8
Besoin de sommeil de récupération.....	9
Récupération et déficit de sommeil	9
Récupération et périodes de repos.....	10
«Étude sur le pouvoir de récupération associé aux périodes de repos chez les conducteurs de véhicules utilitaires», Wylie et coll. (1997).....	12
PARTIE 3. OBSERVATIONS TIRÉES DE LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE SUR LE POUVOIR RÉCUPÉRATEUR DU REPOS	16
PARTIE 4. INCIDENCE DE LA CONNAISSANCE SCIENTIFIQUE ACTUELLE SUR LA PROPOSITION D'UNE PÉRIODE DE REPOS DE 36 HEURES	17
PARTIE 5. RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA RECHERCHE FUTURE	20
Étude de Wylie et coll. (1997).....	20
Évaluations et enquêtes épidémiologiques.....	20
Études expérimentales sur le pouvoir récupérateur du sommeil et du repos.....	21
Études sur le caractère bénéfique des sommes.....	23
Hypnose et autres stratégies induisant le sommeil	23
Éducation et sensibilisation des personnes concernées	24
Commentaires sur les recherches proposées	25
RÉFÉRENCES	26

PARTIE 1. INTRODUCTION

CONTEXTE

L'Association canadienne du camionnage et l'Ontario Trucking Association ont soumis une proposition qui vise à modifier la réglementation sur les heures de travail. Transports Canada et le Conseil canadien des administrateurs en transport motorisé cherchent à mettre au point une étude scientifique qui permettrait d'examiner le bien-fondé des horaires proposés sur le plan de la sécurité.

À l'heure actuelle, la réglementation sur les heures de travail permet un maximum de 13 heures de conduite à l'intérieur d'une période de 15 heures de service, après quoi une période de repos de 8 heures doit être prise. Elle autorise en outre un maximum de 60 heures de service par période de 7 jours, ou de 70 heures de service sur 8 jours. Il n'existe aucune obligation d'accorder des jours de congé. Les associations de camionnage réclament une réglementation qui permettrait à un conducteur d'accumuler 60 heures de service sur quatre jours, pour autant qu'il prenne ensuite un repos obligatoire de 36 heures. Un conducteur pourrait ainsi accumuler quelque 92 heures de service sur 7 jours, ce qui représente une augmentation de 53 % par rapport au maximum actuel de 60 heures. Il est intéressant de noter que ces maximums dépassent ceux stipulés dans la première réglementation sur les heures de travail, promulguée en Suisse en 1877, qui fixait à 65 heures par semaine la durée maximale du travail en usine.

OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Les objectifs de l'étude et le mandat confié aux chercheurs par le Centre de développement des transports (CDT) de Transports Canada s'énonçaient comme suit :

- Mener une recherche documentaire approfondie et produire un rapport sur la connaissance scientifique à ce jour en ce qui a trait au repos et à la récupération nécessaires à l'être humain - et aux moyens utilisés - pour éliminer la fatigue aiguë et la fatigue accumulée attribuables à de longues heures de travail et à de longues séquences de jours travaillés, en mettant l'accent sur le travail par poste et le travail de nuit.
- À partir de la connaissance scientifique actuelle, examiner le bien-fondé d'une période de repos de 36 heures pour permettre aux conducteurs de véhicules utilitaires de se reposer et de récupérer après avoir atteint les maximums d'heures de conduite et de service autorisés par *le Règlement de 1994 sur les heures de service des conducteurs de véhicules utilitaires*, SOR/DORS/94-716, 15 novembre 1994. Faire les références pertinentes aux articles scientifiques consultés.

RECHERCHE DOCUMENTAIRE

La base de données Medline (1966-1996), le UTCat (*University of Toronto Library Catalogue*), le catalogue de la *Library of Congress* (1968-1996) et l'index bibliographique *Life Sciences and Bioengineering* (1982-1994) ont été dépouillés. Les interrogations ont été faites à partir de mots-clés, de sujets et de titres, seuls ou combinés. Voici quelques exemples des mots-clés utilisés : travail par poste, conduite automobile, accidents (circulation), temps de latence, temps de réaction, habiletés motrices, vigilance, fatigue, privation de sommeil, tolérance du cycle travail-repos, récupération, heure du jour, repos, travail, performance.

Des recherches ont également été effectuées dans les actes de diverses conférences, dont la XXI^e conférence de la Société internationale de chronobiologie, tenue en 1994, ainsi que dans les résumés analytiques de l'*International Symposium on Shiftwork and Job Demands*, et de la conférence *Truck Safety: Perceptions and Reality*, tenue en 1995.

Pour connaître les travaux présentement en cours sur la question, plusieurs numéros du bulletin *Shiftwork International Newsletter* [vol. 12, n^{os} 1 et 2 (1995); vol. 11, n^{os} 1 et 2 (1994); vol. 10, n^o 2 (1993); vol. 7, n^o 2 (1990)] ont été dépouillés.

Les bibliographies annotées des études «Effects of Circadian Rhythm Phase Alteration on Psychological Variables: Implications to Pilot Performance», 1981 (2 084 entrées) et «Shift Scheduling and Overtime: A Critical Review of the Literature», réalisées pour le compte de la U.S. Nuclear Regulatory Commission, ont été passées en revue.

Les chercheurs se sont par ailleurs imprégnés de quelques rapports et textes marquants sur la question, dont «Driver Fatigue: Concepts, Measurements and Crash Countermeasures» (Haworth et coll., 1988), «Recommendations for NRC Policy on Shift Scheduling and Overtime at Nuclear Power Plants» (Lewis, 1985), «Fatigue, Safety and the Truck Driver» (McDonald, 1984), «Occupational Medicine: State of the Art Reviews» (*Shiftwork*, 1990), «Shiftwork and Biological Rhythms: Implications for the Worker» (U.S. Office of Technology, 1991), «Experimental Studies in Shift Work» (Colquhoun et coll., éd., 1975), «Fitting the Task to the Man» (Grandjean, 1988), et «Effects of Hours of Service, Regularity of Schedules, and Cargo Loading on Truck and Bus Driver Fatigue» (Mackie et Miller, 1978).

La recherche documentaire a mis au jour de nombreux articles portant sur les effets du nombre d'heures de travail consécutives, de la période du jour travaillée et du manque de sommeil sur la performance au volant et le taux d'accidents. Mais très peu d'études se sont penchées sur le risque de collisions ou la performance au volant en regard du nombre de jours de travail consécutifs ou du nombre d'heures travaillées depuis la dernière période de congé. Si ce n'est une étude de Wylie et coll. (1997), aucune de ces recherches ne porte sur un horaire de travail répondant aux règles proposées, surtout parce que de telles études iraient à l'encontre des règles en vigueur dans la plupart des pays concernant les heures de service.

PARTIE 2. COMPTE RENDU DE LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE

DÉFICIT DE SOMMEIL ET NOMBRE CUMULATIF D'HEURES/ DE JOURS TRAVAILLÉS

La recherche a démontré qu'un nombre élevé d'heures de travail consécutives entraîne un déficit de sommeil. Il est donc à craindre qu'une hausse du maximum hebdomadaire de jours pendant lesquels les conducteurs peuvent travailler de très longues heures crée chez ces derniers des déficits de sommeil irrécupérables.

Une des conclusions de la recherche intitulée «*Étude sur la fatigue et la vigilance chez les conducteurs de véhicules utilitaires*» (Wylie et coll., 1996) réalisée pour le compte de la FHWA et du CDT, était que les conducteurs n'obtenaient pas suffisamment de sommeil. Dans cette étude, les conducteurs affectés à un horaire de jour de 10 heures ne dormaient en moyenne que 5,5 heures, et ceux affectés à un horaire de 13 heures, quelque 5 heures en moyenne. Mais les conducteurs qui effectuaient des quarts irréguliers de 10 heures dormaient moins de 5 heures en moyenne et ceux qui effectuaient des quarts de nuit de 13 heures, un peu moins de 4 heures. La durée du sommeil obtenu, quel que soit l'horaire de conduite, était de beaucoup inférieure aux 7,5 à 8,0 heures de sommeil considérées comme normales pour des travailleurs de jour.

D'autres études portant sur le travail par poste ont en outre révélé que les travailleurs de nuit accumulent, au fil de leur cycle de travail, un lourd déficit de sommeil. Par exemple, un sondage mené auprès de contrôleurs de la circulation aérienne effectuant des quarts de 12 heures a révélé que les travailleurs de nuit ne prennent, en moyenne, qu'environ 5 heures de sommeil (Rhodes et coll., 1995). Dans une autre recherche, on a effectivement surveillé le sommeil de contrôleurs qui travaillaient pendant 5 nuits consécutives. On a constaté que ces contrôleurs dormaient en moyenne 4,3 heures pendant leur cycle de travail (Rhodes et coll., 1996). Une autre étude encore s'est penchée sur le sommeil du personnel de quart de la Garde côtière canadienne, réparti selon un horaire de deux quarts de 12 heures par jour. Pendant les 56 jours de l'étude, les périodes de sommeil des 32 membres d'équipage ont été enregistrées sur un ordinateur à main, mais aucune mesure EEG n'a été prise. Les membres d'équipage qui travaillaient surtout de jour ont déclaré dormir 5,5 heures, et ceux qui travaillaient surtout de nuit, 5 heures (Donderi, Smiley et Kawaja, 1993).

Les études portant sur les membres d'équipages de navires, dont les horaires de travail sont irréguliers, établissent un lien entre le fractionnement du sommeil, d'une part, et la diminution des heures de sommeil totales et de la performance, d'autre part (Rutenfranz et coll., 1972). Même de faibles réductions du temps de sommeil - de deux heures - peuvent entraîner des écarts mesurables dans les résultats à des tests de vigilance (Wilkinson et coll., 1966).

En bref, la recherche montre que le déficit de sommeil entraîne une baisse de la performance et contribue aux accidents.

ACCIDENTS ET DÉFICIT DE SOMMEIL

Un lien a été établi entre le déficit de sommeil et les accidents. Une analyse de 107 accidents de poids lourds ne mettant en cause aucun autre véhicule, menée sous l'égide du National Transportation Safety Board (NTSB, 1995), a permis de conclure que les meilleurs facteurs de prédiction des accidents dus à la fatigue sont la durée de la dernière période de sommeil avant l'accident, le nombre d'heures de sommeil prises dans les 24 dernières heures, et le sommeil fractionné. Les conducteurs impliqués dans les accidents dus à la fatigue avaient dormi 5,5 heures en moyenne pendant leur dernière période de sommeil. C'est 2,5 heures de moins que les conducteurs impliqués dans des accidents attribués à une autre cause que la fatigue (8,0 heures).

Nombre des conducteurs en cause dans les accidents attribuables à la fatigue ne s'apercevaient pas qu'ils avaient besoin de sommeil et se croyaient reposés alors qu'ils ne l'étaient pas. Les auteurs signalent qu'«environ 80 p. 100 des conducteurs impliqués dans les accidents reliés à la fatigue ont coté de bonne à excellente la qualité de leur dernière période de sommeil avant l'accident».

Les auteurs se fondent sur les données de cette étude pour conclure que la conduite de nuit avec un déficit de sommeil est un facteur beaucoup plus utile pour prédire les accidents reliés à la fatigue que la simple conduite de nuit. Quant aux conducteurs de poids lourds dont le sommeil est fractionné, ils dormaient environ 8 heures par période de 24 heures, mais par périodes de 4 heures à la fois, en moyenne. Les craintes soulevées par cette étude sont confirmées par Hertz (1988), qui a étudié les liens entre l'utilisation de compartiments-couchettes et le taux d'accidents. Cette auteure a comparé la façon d'utiliser les compartiments-couchettes chez 418 conducteurs de semi-remorques tués dans des accidents et chez 15 692 conducteurs sortis indemnes d'accidents avec dommages matériels. Elle a constaté que l'utilisation en deux temps des compartiments-couchettes triplait le risque d'accident mortel. Une analyse unidimensionnelle a été appliquée aux données pour faire ressortir les facteurs confusionnels, après quoi une analyse de régression logistique a permis de rajuster les résultats, compte tenu de ces facteurs confusionnels. Hertz a ainsi montré que le risque d'accident associé à l'utilisation de compartiments-couchettes était aussi élevé chez les conducteurs conduisant seuls que chez ceux conduisant en équipe. Autrement dit, le risque associé à l'utilisation de compartiments-couchettes ne semble pas découler de la perturbation du sommeil attribuable aux mouvements du véhicule, mais bien plus au fractionnement du sommeil en deux périodes.

ACCIDENTS ET NOMBRE CUMULATIF D'HEURES/DE JOURS TRAVAILLÉS

Seulement deux des articles répertoriés examinaient le taux de collisions sous l'angle du nombre cumulatif de jours ou d'heures de conduite. Jovanis et Kaneko (1990) rendent compte d'une analyse de données fournies par un transporteur concernant les accidents et d'autres variables, visant une période de 6 mois en 1984. Les données portaient sur une liaison «long-courrier» allant d'un océan à l'autre, sans compartiment-couche. Une analyse typologique appliquée aux données a

permis de définir 9 grilles de répartition des heures de conduite sur une période de 7 jours. Les grilles horaires des conducteurs qui avaient eu un accident le huitième jour ont été comparées à celles des conducteurs qui n'avaient pas eu d'accident le huitième jour. Ces grilles indiquaient les périodes du jour les plus souvent associées aux périodes de service et de conduite, ainsi que les périodes correspondant le plus souvent à un repos, la moyenne et l'écart-type du nombre total d'heures de service pendant les 7 jours, la moyenne et l'écart-type du nombre d'heures consécutives de conduite par conducteur, et la moyenne et l'écart-type du cycle de conduite. Malheureusement, les auteurs n'ont pas tenu compte des périodes de repos dépassant 24 heures. Ils postulaient qu'un repos d'une durée supérieure à 24 heures au bout de 60 heures de service sur 7 jours, soit la limite admissible, entraînerait une récupération appréciable.

Le risque d'accident le huitième jour s'est révélé systématiquement plus élevé dans les quatre grilles horaires qui comportaient peu de périodes de conduite les 3 ou 4 premiers jours, puis une conduite plus assidue les 3 ou 4 derniers jours, que dans les quatre horaires inverses. Cette constatation donne à penser que 3 ou 4 jours de conduite occasionnent de fait une fatigue accumulée et entraînent un risque accru d'accident. Un examen attentif des grilles horaires révèle que les conducteurs qui entreprennent leur voyage vers minuit pour le terminer vers 10 h s'exposent à un risque particulièrement accru de collision, après plusieurs jours consécutifs de conduite. À l'inverse, les longues heures de conduite semblent produire peu d'effet chez les conducteurs qui adoptent un horaire de jour (10 h à 6 h). Le nombre total des heures de conduite sur sept jours variait de 54 à 59 heures, en moyenne, dans les 9 grilles horaires définies pour les besoins de l'étude.

Au cours d'une étude réalisée en Australie, Linklater (1980) a recueilli de l'information sur des accidents en interrogeant 612 camionneurs à des relais-routiers. Du nombre, 171 avaient eu un ou plusieurs accidents dans les deux années précédentes. L'auteur a constaté une augmentation du risque d'accident chez les conducteurs qui ont l'habitude de conduire plus de 55 heures par semaine. Une analyse plus fine des données fait conclure à un risque moindre d'accident chez les petits groupes de conducteurs qui avaient déclaré conduire habituellement 75 heures ou plus par semaine. Ce résultat étonnant est attribué à la petite taille des échantillons de conducteurs qui passent au delà de 75 heures au volant.

Outre la démonstration directe, évoquée ci-dessus, du lien entre le nombre d'heures de service et le taux d'accidents, une démonstration indirecte d'un tel lien a été faite par une étude de Jones et Stein (1987). Il s'agissait d'une étude avec groupes témoins, qui examinait le risque relatif associé aux longues heures de conduite. Pour chaque poids lourd impliqué dans un accident, trois camions étaient choisis au hasard dans le courant de circulation, au même endroit et à la même heure où s'était produit l'accident, mais une semaine plus tard. Un échantillon de 332 accidents de semi-remorques a ainsi été constitué, chacun associé à 1, 2 ou 3 camions témoins. Les auteurs ont constaté que dans le cas des semi-remorques, le risque d'accident était presque deux fois plus élevé chez les conducteurs qui avaient conduit pendant plus de 8 heures que chez ceux qui avaient passé moins de 8 heures au volant. De plus, les conducteurs qui violent la réglementation sur les maximums d'heures de service admissibles, les conducteurs âgés de 30 ans ou moins et les transporteurs assurant des liaisons inter-États affichent un risque accru d'accident.

Nous savons, d'après une enquête approfondie menée auprès de 1 249 conducteurs dans quatre États (Braver et coll., 1992), que nombreux sont les conducteurs qui enfreignent les règles sur les heures de service. Braver et ses collaborateurs ont en effet constaté que 73 % des conducteurs de semi-remorques interrogés étaient des contrevenants aux règles sur les heures de service. Trente-et-un pour cent ont déclaré demeurer en service au delà de la limite hebdomadaire permise (60 heures sur 7 jours, ou 70 heures sur 8 jours). Plus du quart ont admis demeurer en service pendant 100 heures ou plus par semaine. Et 19 % ont déclaré s'être endormis au volant dans le mois précédant l'enquête. L'incidence de ce problème s'est révélée significativement plus élevée chez les transgresseurs de la loi que chez les conducteurs qui respectent les règles sur les heures de service. On peut donc penser que le fait de prolonger les heures de service entraînera une augmentation des cas d'assoupissement au volant.

ACCIDENTS ET EFFETS DU RYTHME CIRCADIEN

Un grand nombre des études mentionnées ci-dessus indiquent des baisses de performance plus accentuées ou un risque plus élevé d'accident chez les conducteurs qui travaillent de nuit. Deux autres recherches sur les accidents de camion et la période du jour travaillée établissent clairement ce lien.

Mackie et Miller (1978) ont mené une étude sur les taux d'accidents, dans laquelle l'exposition aux accidents était contrôlée. La probabilité que survienne un accident mettant en cause un conducteur somnolent s'est révélée jusqu'à 7 fois plus élevée entre minuit et 8 h qu'aux autres heures du jour, avec une pointe à l'aube, entre 4 h et 6 h.

Une étude suédoise, dans laquelle était également contrôlé le nombre de véhicules sur la route, a révélé que, dans le cas des camions, le risque d'un accident à un seul véhicule augmentait pendant la nuit; il était, entre 3 h et 5 h, 3,8 fois supérieur au risque mesuré pendant le jour (entre 8 h et 16 h) (Kecklund et Akerstedt, 1995).

Malgré les résultats qui indiquent une prévalence accrue des accidents aux petites heures du matin, les réglementations sur les heures de service considèrent les périodes du jour comme si elles étaient toutes équivalentes. Ainsi, il est tout aussi acceptable de conduire pendant 13 heures, si on commence son voyage tard le soir pour le terminer au creux de son rythme circadien, que de conduire pendant 13 heures en commençant sa période de travail le matin, même si le premier horaire représente un risque d'accident beaucoup plus élevé. La proposition d'horaire comportant une période de récupération de 36 heures ne tient pas compte, elle non plus, de ces différences dans la performance au volant et le risque d'accident entre le jour et la nuit.

PERFORMANCE ET NOMBRE CUMULATIF D'HEURES/DE JOURS TRAVAILLÉS

CAMIONNAGE

Mackie et Miller ont réalisé, en 1978, l'étude classique sur l'influence du nombre d'heures travaillées sur la performance au volant des conducteurs de camions. Pendant une semaine, ils ont mesuré le comportement de 12 conducteurs de camions travaillant selon des horaires réguliers et irréguliers, prenant leur sommeil dans un compartiment-couchette et astreints à des efforts physiques en plus d'avoir à conduire. Leurs mesures visaient plusieurs dimensions. Ils ont étudié la performance au volant telle que mesurée par la capacité de maintenir la trajectoire du véhicule et par le nombre de redressements doux ou brusques du volant. Un expérimentateur accompagnateur prenait note des incidents dangereux mettant en cause la somnolence du conducteur. Des mesures physiologiques, soit le taux de sécrétion d'adrénaline, la fréquence cardiaque, les pourcentages d'ondes thêta et bêta affichées par l'EEG, ont servi à déterminer les niveaux de stress et d'éveil. Des auto-diagnostics de fatigue ont également été recueillis. Finalement, les conducteurs ont été soumis à un test de poursuite reconnu pour être sensible à une baisse de performance due à d'autres facteurs de stress, comme l'alcool.

Cette étude très détaillée a révélé que les effets de la fatigue se manifestaient bien avant que soient atteints les maximums d'heures au volant autorisés par les règlements. Ces effets se manifestaient sous la forme de sensations subjectives de fatigue beaucoup plus grande pendant la deuxième moitié de tous les voyages de durée normale (9,5 heures), et après 6 heures de conduite, dans le cas de voyages associés à des horaires irréguliers. Des changements significatifs dans les mouvements du volant et dans les déviations de trajectoires ont été observés après 8,5 heures de conduite selon l'horaire régulier et après 4 à 5 heures de conduite de nuit selon les horaires irréguliers. Les conducteurs qui dormaient dans le compartiment-couchette de leur camion ont manifesté des symptômes plus hâtifs et (ou) plus graves de fatigue subjective et de détérioration de la performance, par rapport aux conducteurs qui prenaient leur période de sommeil ailleurs que dans leur camion.

Ayant examiné les effets cumulatifs de la fatigue, Mackie et Miller ont conclu qu'«une certaine fatigue s'accumule au cours de 6 jours consécutifs de conduite en relais, mais la période du jour travaillée influe grandement sur l'ampleur de cette fatigue». Ils évoquaient, à l'appui de cette conclusion, les résultats suivants : «Augmentation significative des déviations de trajectoires chez les conducteurs de l'horaire régulier, après 4 jours de service.» et «Augmentation significative des déviations de trajectoires chez les conducteurs des horaires irréguliers, après 4 jours de service.» Ils concluaient en outre qu'«on peut observer une fatigue accumulée chez les conducteurs qui dorment dans un compartiment-couchette, mais cette fatigue est étroitement liée à la période du jour travaillée et il se peut qu'elle soit surtout associée aux efforts physiques modérés demandés au conducteur». Ils appuient notamment cette conclusion sur le fait que la fréquence des «incidents dangereux» mettant en cause la somnolence ou l'inattention du conducteur était élevée chez tous les conducteurs pendant leur dernier jour de conduite, peu importe s'ils conduisaient de jour ou de nuit.

La deuxième étude en importance sur la performance et la conduite de camions sur de longues distances a été réalisée en Australie (Williamson et coll., 1994). Cette étude portait sur 27 conducteurs qui effectuaient des voyages de 10 à 12 heures selon 3 horaires différents. Selon le premier horaire, dit «de navette», les conducteurs parcouraient la moitié du trajet jusqu'à la destination des marchandises et là, échangeaient leur chargement avec un autre conducteur qui terminait le voyage. L'avantage de ce genre d'horaire est que le conducteur est toujours de retour chez lui pour ses périodes de repos et peut donc dormir dans son milieu habituel. Le deuxième horaire était un horaire flexible : les conducteurs pouvaient faire alterner à leur guise leurs périodes de conduite et de repos, sans tenir compte des règles sur les heures de service. Enfin, le troisième horaire était établi conformément aux règles sur les heures de service en vigueur.

La performance était évaluée au moyen de batteries de tests, administrées aux conducteurs avant le début de la période de conduite, pendant la pause au point de retour, et après la fin de la période de conduite. De plus, des mesures des mouvements du volant et des variations de vitesse étaient prises pendant le voyage, et le délai de réaction à des stimulus auditifs était échantillonné toutes les deux heures. La fatigue subjective était mesurée au moyen de l'échelle de Stanford. La fatigue physiologique était mesurée au moyen de la fréquence cardiaque et de la variation de la fréquence cardiaque.

Une fatigue subjective plus grande à la fin du voyage qu'au début a été observée chez les conducteurs des trois horaires. En raison de contraintes opérationnelles, les voyages navettes ont été les premiers à être effectués pour la plupart des conducteurs, qui entreprenaient ces voyages après une semaine de travail. Les auto-diagnostics de fatigue étaient plus élevés tant au début qu'à la fin du voyage navette, comparativement aux auto-diagnostics associés aux deux autres horaires étudiés, ce qui donne à penser que si un conducteur entreprend un trajet fatigué, il sera probablement encore plus fatigué à la fin du trajet. Selon les auteurs, cette constatation met en relief la nécessité pour les conducteurs de se reposer adéquatement avant d'entreprendre un voyage. Des liens ont été établis entre les changements dans les auto-diagnostics et les changements dans les résultats aux tests.

AUTRES INDUSTRIES

Une étude classique qui a clairement démontré les effets de la période du jour travaillée sur la performance est celle de Bjerner, Holm et Swenssen (1955), laquelle a consisté à examiner les données recueillies pendant une période de 30 ans sur trois releveurs de compteurs de gaz travaillant par postes tournants. Outre les effets de la période du jour travaillée, cette étude a examiné les effets sur la performance d'une diminution de 56 (7 quarts de 8 heures) à 48 (6 quarts de 8 heures) des heures de travail par semaine. Cette diminution des heures de travail s'est traduite par une baisse de 34 % du taux d'erreur de lecture des compteurs.

Des études réalisées pendant la Première Guerre mondiale dans les usines de munitions britanniques ont fait ressortir l'influence des heures de travail sur la productivité (Vernon, 1921). On a en effet constaté qu'une semaine réduite en heures de travail améliorait la productivité horaire. Cet effet était le plus marquant lorsque les heures passaient de 54,4 heures (pour une productivité de

131 unités à l'heure) à 47,5 heures (pour une productivité de 169 unités à l'heure). La productivité la plus faible (108 unités à l'heure) était enregistrée pour des semaines de 66 heures.

Dans un rapport contenant des recommandations concernant la politique du CNR en matière d'horaires de travail par poste, Lewis (1985) préconisait de limiter le nombre d'heures travaillées pendant une période de 7 jours. Pour formuler cette recommandation, il s'inspirait de la situation dans d'autres industries. «La réglementation fédérale limite à 30 heures sur 7 jours le temps de vol des pilotes de ligne et des équipages, et à 60 heures de service sur 7 jours celle des conducteurs de véhicules utilitaires.» Lewis cite l'index des heures de travail de Nicholson (Nicholson, 1972) applicable aux pilotes de ligne et aux équipages, qui établit une limite de 55 heures de service (heures de service = heures de vol + heures de service au sol). L'index de Nicholson a été constitué à partir de données qui établissaient un lien entre les horaires de vol des équipages et une structure de sommeil anormale. Lewis cite également un index physiologique (Mohler, 1976) pour les pilotes de ligne et les équipages, qui indique que 56 heures de service sur 7 jours est une charge de travail élevée, et qu'une charge de 84 heures sur 7 jours est excessive. L'index de Mohler est fondé sur des données recueillies auprès de pilotes affectés à des liaisons internationales. Les équipages de la U.S. Air Force ne peuvent voler plus de 125 heures sur 30 jours, ce qui équivaut à une moyenne de 29 heures sur 7 jours.

BESOIN DE SOMMEIL DE RÉCUPÉRATION

RÉCUPÉRATION ET DÉFICIT DE SOMMEIL

Au terme d'une recherche documentaire, Johnson et Naitoh (1974) ont fait valoir qu'après une période prolongée de privation de sommeil, il suffit habituellement de deux bonnes nuits pour récupérer quasi complètement. Cette conclusion est encore aujourd'hui largement admise. On ne sait toutefois pas dans quelle mesure elle demeure valable lorsque le manque de sommeil s'étale sur une longue période. Haslam a réalisé, en 1985, une étude dans laquelle il examinait l'effet du manque de sommeil sur le besoin de sommeil de récupération. Dans cette étude, un groupe de sujets dormait 4 heures par nuit, pendant 6 nuits. Un autre groupe dormait seulement 1,5 heure par nuit, pendant 3 nuits, puis était complètement privé de sommeil pendant les 3 nuits suivantes. Le groupe qui obtenait 4 heures de sommeil par nuit pendant tout le cycle étudié a dormi 12,83 heures lorsqu'il en a eu la chance. Ce résultat montre le besoin pressant de sommeil après une période prolongée de privation de sommeil. Les données touchant l'autre groupe sont plus inquiétantes (seulement la moitié des sujets inscrits dans ce groupe se sont rendus au bout de l'expérience), mais les sujets de ce groupe ont dormi pendant 16,75 heures lorsqu'ils ont pu le faire.

Une des études les plus intéressantes pour comprendre la récupération chez les travailleurs par poste est celle de Lille (1967). Ce chercheur a fait des enregistrements EEG pour déterminer la durée du sommeil pendant le jour chez 15 travailleurs par poste affectés au quart de nuit. La durée moyenne du sommeil pendant le jour suivant le quart de nuit était de 6 heures. Pendant leurs jours de repos, ces travailleurs dormaient de 8 à 12 heures et prenaient leur plus longue période de sommeil

pendant leur deuxième et dernier jour de repos. Lille a conclu que les travailleurs accumulaient, pendant la semaine, un déficit de sommeil qu'ils comblaient pendant leurs jours de congé. Les résultats de son étude font clairement ressortir qu'une seule journée de repos est insuffisante à cet égard.

Selon une étude récente, les travailleurs de quart ne dormiraient pas autant, pendant leurs jours de congé, que les travailleurs de quart français étudiés par Lille (1967) ou que les sujets expérimentaux de Haslam (1985). Rhodes et coll. (1995) font observer que la plupart des contrôleurs du trafic aérien travaillant par poste ont déclaré ne dormir que de 8 à 10 heures pendant leurs jours de congé, malgré un lourd déficit de sommeil accumulé au fil d'un cycle de travail ponctué de périodes de sommeil réduites. On pourrait en conclure que beaucoup de travailleurs de quart ne profitent pas autant qu'ils le pourraient de leurs périodes de repos pour récupérer.

RÉCUPÉRATION ET PÉRIODES DE REPOS

Pour étudier le rapport entre la récupération et les périodes de repos, on évalue généralement l'effet de courtes pauses ou de sommes (deux heures de sommeil ou moins) sur la performance. Peu d'études ont porté sur le nombre de jours de repos nécessaires pour permettre un rétablissement de la performance au bout d'une séquence de jours de travail.

Alluisi (1972) a étudié l'effet sur le rendement de l'alternance de 4 heures de service et de 4 heures de repos, sur une période de travail continue. Il a constaté que la performance moyenne tombait à 67 % de la performance de référence vers la fin d'une période de 48 heures de travail continu. Une période de repos de 24 heures était alors suffisante pour rétablir une performance de 94 % à 101 % de la performance de référence.

Hildebrandt, Rohmert et Rutenfranz (1975) ont étudié la performance de 1 000 mécaniciens de locomotives pendant un total de 6 304 heures de travail. Pour évaluer la performance, ils ont utilisé un dispositif qui exigeait que le mécanicien appuie sur un bouton en réponse à un signal lumineux. S'il ne réagissait pas dans les 2,5 secondes, une forte sonnerie se faisait entendre, et s'ils ne réagissaient toujours pas dans les 2,5 secondes, un frein d'urgence était appliqué. L'analyse des résultats a montré que la fréquence des sonneries d'avertissement enregistrait des pointes à 3 h et à 15 h, mais on a observé que les signaux lumineux étaient beaucoup plus visibles la nuit que le jour. Cette meilleure visibilité des signaux dans l'obscurité aurait facilité la tâche de détection la nuit, contribuant sans doute à rendre l'effet « période du jour » plus important à 15 h qu'à 3 h (le contraire de ce que l'on constate habituellement). Les auteurs ont toutefois observé que les faibles augmentations de fréquence à ces deux moments s'accompagnaient d'une augmentation sensible de la variabilité de la fréquence.

Des analyses plus poussées ont porté sur la variable « période à l'intérieur du quart » et sur le délai de rétablissement de la performance après une période de repos. Les pointes de 3 h et de 15 h des sonneries étaient plus prononcées chez les conducteurs qui en étaient entre leur quatrième et leur sixième heure de travail. Les auteurs ont par ailleurs noté qu'après une période de repos minimale de

24 heures, «la fréquence quotidienne des sonneries ressemblait passablement à celle des 3 premières heures du quart de travail».

Les auteurs ont tracé la courbe de la fréquence horaire moyenne des sonneries, en fonction de la durée de la période de repos. Comme l'illustre la figure 1, ce rapport est complexe. En effet, le taux d'erreur augmente à mesure qu'augmente la durée de la période de repos, jusqu'à un premier pic qui se situe entre 10 heures et 16 heures. Mais l'allongement de la période de repos entraîne une réduction du taux d'erreur, qui atteint un minimum entre 20 heures et 24 heures, pour ensuite remonter jusqu'à second pic, entre 48 heures et 72 heures.

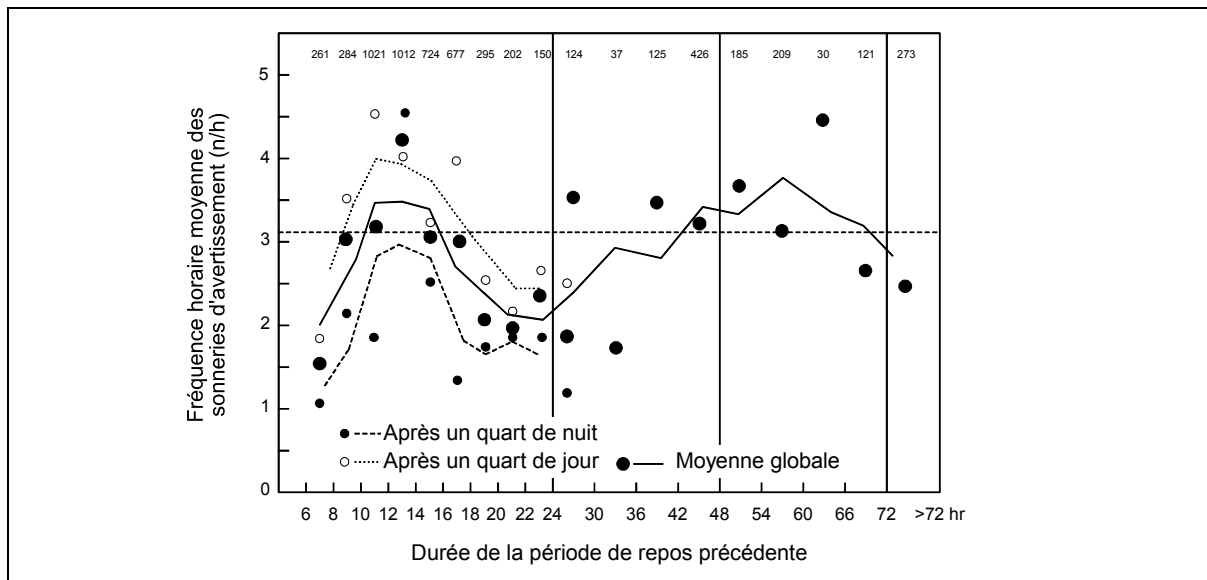


Figure 1. Fréquence horaire moyenne des sonneries d'avertissement pendant tout le quart de travail, en fonction de la durée de la période de repos précédente. Jusqu'à une durée de 24 heures, des moyennes distinctes sont présentées pour les quarts qui suivent un quart de nuit et ceux qui suivent un quart de jour. (Hildebrandt et coll., 1975)

Les auteurs ont également représenté la fréquence relative des freinages automatiques en fonction de la durée de la période de repos prise avant le quart de travail. Ici, le rapport entre la performance et la récupération est plus manifeste, probablement parce que les points sont moins nombreux. Comme on peut le voir à la figure 2, après une période de repos de 24 heures, la fréquence relative des freinages automatiques était de 35 %. Cette fréquence a diminué à 17 % après 42 heures de repos. Entre 42 heures et 66 heures, l'allongement de la période de repos n'a pas entraîné de hausse de performance. Mais après un repos de 72 heures (3 jours), la fréquence relative des freinages automatiques a tombé à 7,5 % en moyenne, indiquant la supériorité des repos de 3 jours sur les repos de 1 jour. Les auteurs n'ont pas indiqué le nombre moyen d'heures travaillées avant la période de repos.

En 1994, R. Mallette réalisait une étude pour le compte de Ontario Hydro (Malette, 1994), dans laquelle il comparait l'état de vigilance de travailleurs de quart après un repos de 48 heures à celui d'autres travailleurs après un repos de 72 heures. La vigilance était mesurée au moyen d'un test psychophysique de fréquence critique de fusion. Deux équipes représentatives travaillaient

pendant trois quarts de nuit d'une durée de 12 heures, puis avaient droit à un repos de 48 heures ou de 72 heures avant de retourner au travail pour effectuer des quarts de jour. La vigilance après un repos de 72 heures s'est révélée significativement plus élevée qu'après un repos de 48 heures. L'écart était équivalent à celui observé entre le début et la fin d'une journée de travail de 8 heures. La principale incertitude qui empêche de considérer cet écart comme un point de repère est que l'on ne sait pas si la fréquence critique de fusion répond à l'effet du rythme circadien ou si elle diminue de façon linéaire en fonction du nombre d'heures travaillées.

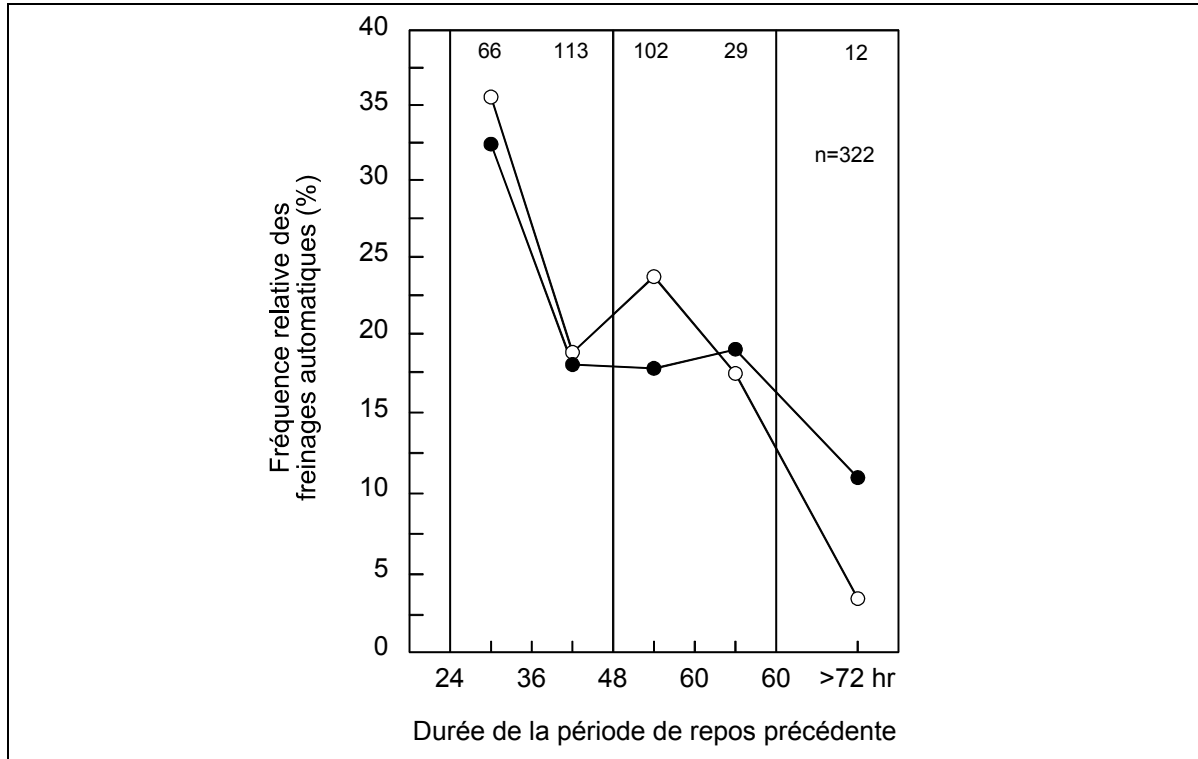


Figure 2. Fréquence relative des freinages automatiques causés par des erreurs d'omission commises par les mécaniciens de locomotives, en fonction de la durée de la période de repos précédant leur quart de travail. Les deux courbes ont été établies à partir de deux ensembles de données distincts concernant la fréquence moyenne des périodes de repos de différentes durées à la Société des chemins de fer allemands. Les chiffres dans la partie supérieure du graphique indiquent les fréquences absolues des freinages automatiques. (Hildebrandt et coll.,1975)

«ÉTUDE SUR LE POUVOIR DE RÉCUPÉRATION ASSOCIÉ AUX PÉRIODES DE REPOS CHEZ LES CONDUCTEURS DE VÉHICULES UTILITAIRES», WYLIE ET COLL. (1997)

L'étude la plus importante en ce qui a trait à l'effet «récupérateur» produit sur des conducteurs de véhicules utilitaires par des périodes de repos a été réalisée par la société Essex sous les auspices du CDT et de l'ICRC. Elle s'intitule «Étude sur le pouvoir de récupération associé aux périodes de repos chez les conducteurs de véhicules utilitaires» (Wylie et coll., 1997). Dans cette étude, un groupe de 5 conducteurs avaient conduit pendant quatre périodes de 13 heures débutant la nuit, au bout desquelles ils avaient pris une période de repos de 36 heures avant de reprendre le travail

pour quatre autres périodes de 13 heures, toujours de nuit. Cet horaire permettait une période de sommeil l'après-midi suivant la dernière nuit de conduite (qui se terminait vers 13 h), une autre la nuit suivante, et une autre l'après-midi du jour suivant, avant le retour au travail.

Un autre groupe de 20 conducteurs qui avaient déjà effectué quatre voyages de 13 heures débutant le jour ont été assignés à quatre protocoles différents. Un sous-groupe de 3 conducteurs a entrepris un cinquième jour de travail sans jour de congé, se contentant de la période de repos habituelle entre les heures de service. Un deuxième groupe de 5 conducteurs avait droit à un repos de 36 heures avant d'effectuer 4 voyages supplémentaires. Un troisième groupe de 6 conducteurs était en congé pendant 36 heures avant d'entreprendre une autre période de travail. Enfin, un dernier groupe de 6 conducteurs se reposait pendant 48 heures avant d'effectuer un jour de travail supplémentaire.

Le nombre restreint de conducteurs dans tous les groupes limite la portée des conclusions qui peuvent être tirées de cette étude. Néanmoins, les résultats obtenus constituent à ce jour les meilleures estimations des pouvoirs reconstituants associés à des jours de repos chez les conducteurs de camions évalués en service payant. Les paragraphes ci-après résument les effets des diverses périodes de repos, prises après des cycles de conduite de jour et de nuit, sur les caractéristiques du sommeil et des déviations de trajectoires.

Chez les conducteurs du protocole de nuit, qui comprenait 4 jours de service, un repos de 36 heures et 4 autres jours de service, on a observé un allongement de la période de sommeil au fil de la première séquence de 4 jours, et surtout le dernier jour. On peut penser que le besoin de sommeil des conducteurs s'accroît au point de probablement l'emporter sur les exigences opérationnelles, et que ceux-ci éprouvent de la difficulté à dormir, étant donné qu'ils doivent dormir le jour.

Pendant le repos de 36 heures, la deuxième période principale de sommeil, prise l'après-midi avant le retour au travail de nuit, était très courte, soit d'environ deux heures, ce qui peut vraisemblablement être attribué au fait que les conducteurs avaient obtenu amplement de sommeil pendant la nuit de leurs 24 premières heures de repos, et qu'ils étaient donc peu enclins à dormir l'après-midi précédant leur retour au travail. D'autres recherches (p. ex., Kogi, 1985) appuient cette explication, révélant que les travailleurs de nuit qui tentent de dormir l'après-midi n'obtiennent en général que deux heures de sommeil. Mais, si courte que soit la durée totale du sommeil, on note une augmentation de 50 % du temps de sommeil lent par rapport à la première période de sommeil de la première séquence de voyages, ce qui donne à penser que les conducteurs étaient encore fatigués après leur repos de 36 heures. La durée des périodes de sommeil subséquentes était la même que lors du premier cycle de travail, c.-à-d. seulement 4 heures environ.

Dans le cas des protocoles de jour (conducteurs entamant leur voyage vers midi), la deuxième période principale de sommeil, qui avait lieu la deuxième nuit du repos de 36 heures (juste avant le premier voyage de la deuxième série), était la plus longue, ce qui indique que les conducteurs avaient encore besoin de récupérer. Comparée à la première période de sommeil du premier cycle de voyages, cette période était composée d'un pourcentage équivalent de sommeil lent, mais le sommeil paradoxal y occupait une place plus importante (70 % de plus), indiquant encore une fois que les conducteurs étaient toujours fatigués après leur période de repos. La durée totale du sommeil prise pendant le reste du deuxième cycle de travail était comparable à celle prise pendant le premier cycle.

Comme seules les périodes de sommeil principales, prises au laboratoire de sommeil, ont été évaluées, il est difficile de se prononcer avec certitude sur les pouvoirs reconstituants de la période de repos de 36 heures. Les résultats de l'étude Essex semblent toutefois indiquer que les effets bénéfiques produits par le repos de 36 heures diffèrent selon que les conducteurs travaillent de jour ou de nuit.

Premièrement, comme on l'a vu, le sommeil pris par les conducteurs de nuit avant leur retour au travail est moins long que celui des conducteurs de jour. Mais cette période, tout courte qu'elle fût, comportait un pourcentage plus élevé de sommeil lent que la période correspondante, prise avant le début du premier cycle de travail. Comme le sommeil lent sert souvent d'indicateur du besoin de sommeil réparateur, on peut penser, d'après ces données, que, quelle qu'elle fût, la durée du sommeil obtenu jusque-là n'était pas suffisante pour permettre une récupération complète. Naturellement, un sommeil de 2 heures permet difficilement de récupérer, d'où la nécessité de ménager d'autres périodes de sommeil pour favoriser une récupération complète.

Deuxièmement, chez les conducteurs de jour, la première période de sommeil principale (prise au laboratoire de sommeil) du second cycle de travail était plus longue que les périodes de sommeil antérieures. Mais ces périodes de sommeil antérieures comportaient une proportion équivalente de sommeil lent. Ce résultat fait conclure que la quantité de sommeil lent obtenu est fonction de la durée totale du sommeil. (Les recherches révèlent que la première période de sommeil consécutive à une privation de sommeil comporte davantage de sommeil lent et les périodes de sommeil subséquentes, davantage de sommeil paradoxal, par rapport à une structure de sommeil normale.) L'augmentation du pourcentage de sommeil paradoxal indiquerait que la récupération n'était pas complète au début du deuxième cycle de travail.

On peut déduire de l'ensemble de ces données que ni les conducteurs de jour ni les conducteurs de nuit n'avaient complètement récupéré, même si les conducteurs de jour étaient plus reposés que leurs collègues travaillant la nuit.

Parmi les autres protocoles, celui qui ne prévoyait aucune de période de repos ne permettait pas aux conducteurs de prolonger leur sommeil et, de fait, aucune augmentation de la durée totale du sommeil n'a été notée. On a pu observer, toutefois, une augmentation de la durée totale du sommeil après la cinquième période de travail. Quant aux conducteurs qui ont pris des repos de 36 ou de 48 heures, ils ont dormi davantage pendant cette période de repos, mais pas au delà de leur durée de sommeil de référence, mesurée avant leur premier cycle de travail.

On peut envisager ces données sous un autre angle, soit la composante «sommeil lent» au fil des périodes de sommeil. Chez les conducteurs qui ont travaillé un cinquième jour sans repos, la période de sommeil consécutive à ce cinquième jour a révélé une augmentation de plus de 100 % du sommeil lent, par rapport à leur sommeil de référence, et le premier épisode de sommeil de leur période de congé, une augmentation de 50 %. Quant à ceux qui ont pris un repos de 36 heures, leur premier épisode de sommeil durant ce repos présentait une augmentation de 60 % du sommeil lent par rapport à leur sommeil de référence, augmentation modeste comparée à celle de 250 %, enregistrée durant la période de sommeil suivant leur retour au travail. Les conducteurs qui ont pris un repos de 48 heures n'ont pas montré d'augmentation de sommeil lent lors du premier sommeil mesuré au début

du deuxième cycle de travail. On peut donc penser que 48 heures de repos peuvent suffire à des conducteurs de jour pour récupérer complètement.

Examinons maintenant les données sur les déviations de trajectoires. Dans les groupes décrits ci-dessus, les résultats se sont présentés comme suit : chez les conducteurs de nuit, on a observé une augmentation croissante des déviations de trajectoires durant les trois dernières nuits de conduite du premier cycle de travail. La même tendance, mais plus prononcée, s'est manifestée au cours du deuxième cycle. Ainsi, les résultats recueillis pendant la première nuit du deuxième cycle représentaient une détérioration par rapport à ceux de la première nuit du premier cycle. De plus, la courbe des déviations en fonction du temps présente une pente plus accentuée dans le deuxième cycle. Ajoutons que les déviations de trajectoires étaient plus grandes chez les conducteurs de nuit que chez les conducteurs de jour, peu importe l'horaire de travail.

Chez les conducteurs de jour qui ont travaillé deux cycles complets séparés par un repos de 36 heures, on a observé, au cours du premier cycle de travail, une détérioration graduelle de la performance telle que mesurée par les déviations de trajectoires. Pour ce qui est du second cycle, le premier jour s'est avéré pire que les périodes de travail subséquentes, résultats somme toute semblables à ceux observés chez les conducteurs de nuit. Toutefois, les trois dernières périodes de travail se ressemblaient, mais les performances étaient inférieures à celles de toutes les périodes de travail du premier cycle.

Si on compare les performances des conducteurs de jour et de nuit qui ont pris 36 heures de repos, il semble que les conducteurs de jour soient avantagés. On a en effet observé, chez les travailleurs de nuit, une augmentation graduelle des déviations de trajectoires au fil des déplacements, surtout pendant la deuxième série de voyages. Les conducteurs de jour ont eux aussi obtenu de moins bons résultats pendant leur deuxième cycle de travail, mais leur performance s'était stabilisée pendant le deuxième quart de travail. Ces données cadrent avec les données sur le sommeil, qui indiquent que les conducteurs de nuit éprouvent un degré plus élevé de fatigue et que leur récupération n'est pas complète.

Les résultats des conducteurs de jour qui ont pris 0, 1 (36 heures), ou 2 (48 heures) jour(s) de repos semblent correspondre aux résultats attendus. Le groupe qui n'a pris aucun jour de repos a connu une baisse importante de ses performances entre la quatrième et la cinquième période de travail. Chez les conducteurs qui ont pris un repos de 36 heures, la capacité de suivre la trajectoire a enregistré une baisse moins prononcée entre le dernier voyage du premier cycle et le premier voyage du deuxième cycle. Quant aux conducteurs qui avaient bénéficié d'un repos de deux jours entre leurs deux cycles de travail, leurs gammes de performances étaient sensiblement les mêmes pendant leurs deux séries de déplacements.

Ensemble, ces données donnent à penser que pour les conducteurs de jour, deux jours de repos sont préférables à un seul jour de repos. L'unique protocole à avoir permis de saisir des données sur les conducteurs de nuit comportait un repos de 36 heures. Or, un repos de cette durée semble convenir beaucoup mieux aux conducteurs de jour qu'aux conducteurs de nuit. Il semble en effet qu'un repos de 36 heures ne permette qu'une récupération partielle, tant chez les conducteurs de nuit

que de jour : il ne fait que combler partiellement leur déficit de sommeil, qui continue de s'alourdir par la suite.

Ces résultats sont encourageants en ce qu'ils laissent entrevoir une solution. Mais non seulement ils sont fondés sur des échantillons relativement restreints de sujets, ils sont aussi influencés par l'expérience antérieure des différents groupes. D'où la nécessité de réaliser une étude plus systématique de l'effet du rythme circadien sur les périodes de repos et sur les exigences de la tâche antérieure.

SECTION 3. OBSERVATIONS TIRÉES DE LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE SUR LE POUVOIR RÉCUPÉRATEUR DU REPOS

La recherche documentaire et l'étude de Wylie et coll. (1997) indiquent que divers facteurs doivent être pris en compte lorsqu'on examine la performance au volant et le besoin de repos des conducteurs de véhicules utilitaires. Au nombre de ces facteurs, citons les suivants :

Le rôle du rythme circadien sur la performance au travail : Il est clair que la détérioration de la performance au cours des cycles de travail sera partiellement fonction du moment où les périodes de travail s'inscrivent dans le cycle circadien. On sait que le travail de nuit entraînera une plus grande détérioration de la performance au cours d'un même quart et que le travail pendant plusieurs quarts de nuit consécutifs entraînera une plus grande réduction cumulative de la performance au bout du cycle.

Le rôle du rythme circadien sur le pouvoir de récupération normal du sommeil : Le pouvoir de récupération du sommeil sera fonction du moment où le conducteur dormira. Étant donné qu'il dépend grandement de la qualité et de la quantité de sommeil, le fait de dormir à des moments favorisant une période de sommeil plus longue augmentera le pouvoir récupérateur. Ainsi, le sommeil de nuit sera plus bénéfique que le sommeil de jour et surtout plus bénéfique que celui pris l'après-midi.

Les liens entre les exigences de la tâche et les pouvoirs reconstituants du sommeil : Les travailleurs de nuit sont plus susceptibles que les travailleurs de jour de voir diminuer leur performance avant la période de repos et ont donc un plus grand besoin de sommeil récupérateur au cours de cette période de repos. Toutefois, si la période de sommeil tombe le jour, le pouvoir récupérateur du sommeil sera moins grand.

Les horaires de travail et la durée des périodes de repos : Les périodes de repos doivent assurer une récupération suffisante pour permettre aux conducteurs de travailler au cours du cycle de travail subséquent. D'après les données actuelles, une période de récupération de 36 heures est inadéquate bien que les conducteurs de jour soient en mesure de récupérer plus que les conducteurs de nuit. La recherche de Lille (1967) et celle de Ontario Hydro indiquent par ailleurs qu'un seul jour de congé ne permet pas une récupération complète.

Le besoin de pousser la recherche plus avant : Les données actuellement disponibles ne devraient être considérées que comme des indications. Il faut mener des études plus ciblées pour répondre adéquatement à la question des liens entre les périodes de repos récupérateur et les exigences de la tâche si des périodes de repos prescrites doivent être mises en oeuvre.

SECTION 4. INCIDENCE DE LA CONNAISSANCE SCIENTIFIQUE ACTUELLE SUR LA PROPOSITION D'UNE PÉRIODE DE REPOS DE 36 HEURES

De façon générale, les études visées par la recherche documentaire et les résultats de l'étude sur la récupération menée par Wylie et coll. (1997) pointent clairement vers la nécessité de mener d'autres études pour être en mesure d'apprécier les pouvoirs reconstituants des périodes de repos prescrites. Peu d'études ont traité cette question, et encore, la plupart l'ont fait indirectement. Les conclusions que l'on peut en tirer sont donc mal étayées sur le plan scientifique, car fondées sur des généralisations faites à partir d'études qui n'abordaient pas directement la question d'une période de récupération de 36 heures. L'étude de Wylie et coll. (1997) est la plus probante. Mais les conclusions auxquelles elle aboutit s'assimilent davantage à des indications qu'à des conclusions au sens strict, en raison du nombre limité de sujets et des lacunes dans la mesure du sommeil pendant la période de récupération. Mais, même rares, les études disponibles suffisent à soulever des doutes sur la capacité des conducteurs de récupérer suffisamment en 36 heures pour accumuler ensuite jusqu'à 92 heures de service en 7 jours, surtout s'ils travaillent de nuit. De plus, il ressort clairement qu'il existe peu de données scientifiques sur lesquelles appuyer de nouvelles dispositions concernant les périodes de repos.

La réglementation présentement en vigueur dans la plupart des pays limite à 60 heures la durée des périodes de service. Il n'existe donc pas d'étude portant sur le risque d'accident associé à la semaine de 92 heures, qui deviendrait possible si on appliquait la règle des 36 heures de récupération. Les seules données actuellement disponibles sur le risque d'accidents associé à des périodes de service de plus de 60 heures proviennent d'une étude de Jones et Stein (1987), qui montre un risque accru d'accidents chez les conducteurs dont le carnet de route révèle un dépassement des heures admissibles. Mais on ne sait s'il faut attribuer ce risque accru au nombre excessif d'heures de conduite pendant un quart de travail ou à la fatigue accumulée au cours de plusieurs jours consécutifs de conduite.

L'étude de Jovanis et Kaneko (1990) révèle un accroissement du risque d'accidents chez les conducteurs qui travaillent de nuit, au bout de 3 à 4 jours de travail. Une étude menée en 1995 par le NTSB a par ailleurs montré que, plus que la simple conduite de nuit, la conduite de nuit avec déficit de sommeil constitue un facteur prédictif majeur des accidents dus à la fatigue. Selon une autre étude de Jovanis et Kaneko (1991), le risque d'accidents est moins élevé chez les conducteurs qui travaillent de jour, après une période de 3 à 4 jours de conduite. L'étude de Linklater révèle, par ailleurs, un risque d'accidents moindre chez les conducteurs qui conduisent normalement moins de

55 heures par semaine. Ce qui est corroboré par Jones et Stein, qui ont montré que les conducteurs qui dépassent les maximums permis courent davantage de risques d'avoir un accident. Mais le lien entre les heures prolongées de conduite pendant un même quart et la probabilité que survienne un accident n'est pas clairement établi.

Il est bien connu que le manque de sommeil diminue la performance et la vigilance (Wilkinson et coll., 1966, Rutenfranz et coll., 1973). Plusieurs études (Wylie et coll., 1996; Wylie et coll., 1997; Rhodes et coll., 1995; Donderi, Smiley et Zawaja, 1993; Rutenfranz et coll. 1972; Hertz, 1988) ont montré que les conducteurs professionnels, les travailleurs de nuit et les travailleurs par poste ne dorment pas assez et qu'ils peuvent accumuler, avec le temps, un lourd déficit de sommeil. On peut en effet penser qu'un conducteur qui entame, après une seule journée de repos, une période de 60 heures de conduite sur 4 jours, est encore fatigué et qu'il a peu de chance de récupérer pendant son cycle de travail, en raison du peu de temps hors service prévu dans son horaire (alternance de 8 heures de repos et de 15 heures de service).

L'étude de Lille (1967) est sans contredit la recherche la plus marquante sur la récupération. Les résultats de cette étude laissent entendre qu'une seule journée de repos n'est pas suffisante pour permettre à des travailleurs de nuit de compenser le déficit de sommeil accumulé pendant 5 jours de travail. D'après une étude récente de Ontario Hydro (Malette, 1994), 3 jours de repos seraient plus profitables que 2 jours de repos, à la suite de 3 quarts de nuit d'une durée de 12 heures. Une recherche portant sur les mécaniciens de locomotives (Hildebrandt, Rohmert et Rutenfranz, 1975) a démontré que les périodes de repos de 2 jours (voire de 3 jours) sont associées à moins de freinages automatiques que les périodes de 1 jour seulement. Au terme d'une recherche documentaire, Johnson et Naitoh (1974) ont fait valoir qu'après une période prolongée de manque de sommeil, il suffit habituellement de 2 bonnes nuits pour récupérer complètement. Cette conclusion est encore aujourd'hui largement admise. On ne sait toutefois pas dans quelle mesure elle demeure valable lorsque le manque de sommeil s'étale sur une longue période.

L'étude de Wylie et coll. (1997) est celle qui apporte la réponse la plus directe, bien qu'à interpréter avec réserve, à la question de savoir si une période de récupération de 36 heures est suffisante. L'étude a porté sur différentes périodes de repos prises à la suite d'une séquence de 4 périodes de 13 heures de conduite, de jour ou de nuit. Dans le cas de la conduite de nuit, les quatre premières périodes de 13 heures ont été caractérisées par une augmentation du temps de sommeil, ce qui semble indiquer un besoin de sommeil plus grand. Même si le temps de sommeil après la période de récupération de 36 heures n'a pas été prolongé, peut-être en raison de lacunes dans la mesure du sommeil pendant cette période de récupération, le pourcentage de sommeil lent a augmenté de moitié comparativement au premier sommeil au cours du cycle de travail précédent. Étant donné qu'une prépondérance de sommeil lent témoigne généralement que l'on récupère d'un déficit de sommeil, ces résultats indiquent que la période de récupération de 36 heures ne suffit pas à compenser le manque de sommeil accumulé au cours du premier cycle de travail de nuit.

Dans le cas des conducteurs de jour respectant le même horaire, la période de sommeil suivant la récupération de 36 heures comportait un pourcentage plus grand de sommeil paradoxal (70 % de plus) comparativement au premier sommeil au cours du premier cycle de travail, mais le

pourcentage de sommeil lent était comparable. Puisque l'on sait qu'après une privation de sommeil paradoxal, celui-ci s'intensifie et qu'après un déficit de sommeil, les augmentations de sommeil paradoxal importent moins que les augmentations de sommeil lent, il en ressort que la récupération, bien qu'incomplète, est plus grande que dans le cas des conducteurs de nuit.

Une comparaison des données concernant les conducteurs de jour n'ayant pas de période de repos et les conducteurs qui en ont 1 ou 2 s'est également avérée intéressante. Chez ceux qui travaillaient un cinquième quart sans avoir pris de période de repos, on a noté une augmentation de plus de 100 % du sommeil lent avant ce quart, et de 50 % au cours du premier sommeil de récupération. Dans le cas de ceux faisant partie du groupe ayant une période de récupération de 36 heures, le premier sommeil de récupération témoigne d'une augmentation de 60 % du sommeil lent, laquelle est passée à 250 % au cours de la période de sommeil post-travail suivante. Dans le cas de ceux ayant 2 périodes de récupération (48 heures), aucune augmentation du sommeil lent n'a été notée. On peut donc présumer que 48 heures suffisent pour une récupération complète, mais que ce n'est pas vrai d'une période de 36 heures.

Les données concernant les déviations de trajectoires permettent de tirer des conclusions supplémentaires. Premièrement, la performance au volant des conducteurs de nuit est, en général, moins bonne que celle des conducteurs de jour et diminue de façon régulière tout au long du cycle de travail de 4 jours, tant avant qu'après la période de repos de 36 heures. Toutefois, la diminution après les 36 heures de récupération était exagérée étant donné que la diminution de performance était plus marquée au cours du deuxième cycle de travail. Deuxièmement, la performance des conducteurs de jour était pire après la période de repos de 36 heures, correspondant à la plus mauvaise performance préalable à cette période. En ce qui concerne les conducteurs de jour n'ayant pas de période de repos ou en ayant 1 ou 2, la performance s'est amoindrie considérablement dans le premier cas, mais a également diminué au cours des périodes de travail suivant les 36 heures de repos dans le deuxième cas. Les conducteurs ayant 2 périodes de repos ont eu une performance au volant comparable à celle des premières périodes de travail de 4 jours.

À l'instar des données concernant le sommeil, celles liées aux déviations de trajectoires indiquent que deux périodes de repos permettent une récupération suffisante en ce sens que le sommeil et la performance au volant reviennent aux niveaux enregistrés au début du premier cycle de travail. Toutefois, avec une seule période de repos (36 heures de récupération), les données sur le sommeil et la performance au volant indiquent que la récupération est incomplète et que la performance se détériorera à un rythme plus rapide si les exigences de la tâche augmentent. De plus, cette tendance semble s'accroître chez les conducteurs de nuit qui semblent récupérer moins bien que leurs collègues de jour après une période de repos de 36 heures.

PARTIE 5. RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA RECHERCHE FUTURE

On peut conclure que l'état actuel de la recherche indique qu'il n'y a pas suffisamment de données permettant de déterminer la durée appropriée de la période de repos. Les sections suivantes font état de certains axes et stratégies de recherche susceptibles de contribuer à maximiser la performance des conducteurs, à renforcer le pouvoir récupérateur du sommeil, à améliorer la santé et la sécurité des conducteurs et à minimiser les coûts associés aux accidents et à la perte de productivité.

ÉTUDE DE WYLIE ET COLL. (1997)

C'est l'étude de Wylie et coll. (1997) qui apporte les données les plus pertinentes concernant le pouvoir reconstituant de diverses périodes de récupération. Elles sont toutefois incomplètes et à analyser plus avant, les liens complexes entre les divers facteurs pris en compte n'ayant pas été étudiés en profondeur. Les données sur la fréquence cardiaque pourraient, par exemple, s'avérer utiles pour appuyer la nécessité de changer la charge de travail en fonction de la fatigue (comme pour le projet CANALERT '95). Même si le nombre de sujets n'est pas assez grand pour qu'on puisse en arriver à des conclusions, une analyse plus approfondie de ces données pourrait être utile. Les données déjà recueillies permettent de tirer des enseignements et pourraient contribuer à cibler des efforts empiriques plus coûteux.

ÉVALUATIONS ET ENQUÊTES ÉPIDÉMIOLOGIQUES

Les études épidémiologiques du type décrit par Jones et Stein (1987) pourraient servir à examiner l'impact de diverses périodes de repos sur le risque d'accidents. Ces chercheurs ont adopté une approche de comparaison avec des témoins et jumelé 3 conducteurs n'ayant pas eu d'accidents à chaque conducteur ayant eu un accident.

Une autre approche permet de cerner des mesures appropriées contre la fatigue ainsi que le pouvoir récupérateur du repos et du sommeil consisterait à recueillir des informations sur les activités en service et hors-service des conducteurs (conduite, en service, loisir, sommeil) ainsi qu'à évaluer la vigilance et la qualité du sommeil suivant différents protocoles d'expérimentation, sur une période d'un mois par exemple. Il serait possible d'apprécier l'incidence de divers protocoles sur la quantité de sommeil et la vigilance de conducteurs ayant des caractéristiques différentes (âge, etc.).

À la fois le conducteur et l'employeur pourraient tirer parti de ce type de données. Le conducteur peut tirer des enseignements d'une évaluation systématique de la charge de travail et de l'effet bénéfique du sommeil, et les mettre en pratique. Pour l'employeur, les variations systématiques entre travailleurs, horaires de travail et besoins en sommeil lui donneront la possibilité de cibler les

interventions visant à améliorer l'efficacité des conducteurs et à augmenter leur productivité tout en les maintenant plus longtemps dans de meilleures conditions de travail. Ces données aideront également à définir les interventions les plus susceptibles d'être acceptées par les conducteurs et les gestionnaires.

ÉTUDES EXPÉRIMENTALES SUR LE POUVOIR RÉCUPÉRATEUR DU SOMMEIL ET DU REPOS

Il semble donc clair que des travaux empiriques systématiques sur le pouvoir récupérateur du sommeil s'imposent. Ils devront être menés dans des conditions se rapprochant le plus possible de la réalité et être appuyés par des travaux en laboratoire propres à améliorer le contrôle des variables et la précision des mesures.

La nouvelle étude devrait reprendre l'essentiel des travaux de Wylie et coll. (1997), mais en les appliquant à un plus grand nombre de sujets. D'après l'étude précédente, 4 voyages consécutifs de 13 heures entraînent une détérioration importante de la performance au volant. Cette détérioration ainsi que ses causes devraient être réexaminées avec suffisamment de précision pour étayer cette thèse. Il faudrait consigner la durée et l'heure du sommeil dans un journal (dans un ordinateur portable équipé d'un signal de rappel, par exemple) tant au cours du cycle de travail que pendant la période de récupération. Plutôt que de recourir à une surveillance physiologique intrusive, il faudrait utiliser les mesures de la performance qui se sont avérées sensibles au manque de sommeil. On peut également envisager des dispositifs tels que moniteurs d'activité et moniteurs de fréquence cardiaque pour recueillir des données précises sur la charge de travail et sur le sommeil.

De plus, il faudrait prendre des mesures précises sur la performance au volant (telles que variabilité des déviations de trajectoires et variabilité de la vitesse) et la vigilance des conducteurs. Cela peut se faire en mesurant le temps mis à répondre à une tâche secondaire (comme le dispositif avertisseur utilisé par les mécaniciens de locomotives). Le fait de ne pas répondre à une tâche secondaire n'aurait aucune incidence sur la conduite mais serait consigné comme un manque d'attention. Il faudrait de plus prévoir des stimuli impératifs tels que les réponses aux demandes d'informations des répartiteurs.

Comme dans l'étude de Wylie et coll., la nouvelle étude porterait sur 4 ou 5 jours consécutifs de conduite puisqu'il s'agit d'un cycle de travail représentatif au sein de l'industrie. Des évaluations subjectives permettraient de connaître l'état du conducteur ainsi que l'importance de sa participation. Enfin, les mesures physiologiques du sommeil se limiteraient à une nuit au début et à la fin de l'étude pour vérifier si les habitudes de sommeil ont changé, ce qui aurait également comme avantage de réduire les coûts de l'étude. L'obligation de s'astreindre à un trop grand nombre de mesures du sommeil, à part l'inscription des durées et heures dans un journal, pourrait entraîner un manque de coopération et donner un aspect artificiel à l'étude.

L'étude devrait être menée avec 36 sujets, suivant un protocole de conduite de jour et un protocole de conduite de nuit. Le protocole de jour devrait être structuré de manière à ne pas débiter avant 8 h 00 et à pouvoir se terminer à 23 h 00 au plus tard, ce qui correspond aux journées actuelles de conduite de 13 heures et de 15 heures des conducteurs. Le protocole évite ainsi un départ tôt le matin, ce qui en soi tend à détériorer la performance, ainsi qu'une perte de performance attribuable au rythme circadien, laquelle s'amorce habituellement entre 23 h 00 à 1 h 00. Si les conditions opérationnelles indiquent que la plupart des départs matinaux des conducteurs se font 1 heure ou plus avant le moment proposé, il faudrait envisager un groupe distinct, accusant un déficit partiel (naturel) de sommeil.

Le protocole de conduite de nuit devrait comprendre la période allant de 0 h 00 à 7 h 00, débiter à 20 h 00 et se terminer à 11 h 00. La performance aux tâches secondaires décrites plus haut pourrait être surveillée pendant le voyage et servir à déterminer quand les considérations de sécurité dictent d'interrompre le voyage.

Après avoir fait les comparaisons avec le protocole de base pour déterminer les déficits de sommeil, de jour et de nuit, qui se sont développés en fonction des protocoles, il faudrait examiner l'effet de périodes de récupération de 36, 48 et 60 heures. Le moment, la durée et la qualité du sommeil pris au cours de ces périodes de repos en dehors des cycles de travail devraient être soigneusement consignés (ce qui n'a pas été fait dans l'étude de Wylie et coll. sur la récupération). Dans le protocole 36 heures de repos, les deux groupes renverraient 12 sujets sur le même quart pendant un quart après la période de récupération. Autrement dit, 12 conducteurs de jour travailleraient de jour un quart de plus, tout comme 12 conducteurs de nuit travailleraient de nuit un quart de plus. Cela permettrait de faire une comparaison entre les quarts après une période de récupération de 36 heures.

Dans le protocole 48 heures de repos, 12 conducteurs de jour passeraient après la période de repos à la conduite de nuit pendant un quart, et 12 conducteurs de nuit à la conduite de jour pendant un quart. On pourrait ainsi étudier l'incidence de la possibilité de prolonger la période de sommeil après un changement de quart et comparer la performance dans de telles conditions.

En ce qui concerne le protocole 60 heures de repos, si la récupération est suffisante après cette période de congé, la différence entre les deux groupes ne devrait pas dépasser la différence initiale notée au cours du cycle de travail précédent. Si les conducteurs de nuit ne réagissent pas aussi bien au congé que les conducteurs de jour, la différence initiale entre les groupes sera dépassée.

Rien n'empêche de varier sur ce thème, mais l'objectif fondamental est d'évaluer les avantages liés à des périodes de récupération de durées diverses, surtout celles permettant aux conducteurs de dormir la nuit.

ÉTUDES SUR LE CARACTÈRE BÉNÉFIQUE DES SOMMES

Ces études se concentrent sur les règles et règlements s'appliquant aux véhicules utilitaires et non sur les habitudes réelles des conducteurs de camions. C'est pourquoi, on propose d'étudier l'incidence des sommes sur la performance des conducteurs.

Tout le monde sait dans l'industrie que les conducteurs font un somme lorsqu'ils sont fatigués. Ce qu'on sait beaucoup moins, c'est dans quelle mesure cette pratique permet de maintenir la performance du conducteur, de réduire son déficit de sommeil et de maintenir la continuité des opérations. Il faudrait se pencher sur la question. S'il s'avère que les sommes permettent de réduire la fatigue accumulée par les conducteurs travaillant la nuit, alors l'instauration de périodes de récupération plus courtes devient possible.

Dans le cadre d'une première étude, on donnerait aux conducteurs de nuit la possibilité de faire de petits sommes de durée variable et on vérifierait les avantages immédiats et à long terme (au cours d'un même voyage) découlant de ces sommes. On peut mesurer la vigilance et la réponse aux stimuli impératifs mentionnés plus haut mais également le niveau d'activité et la fréquence cardiaque. L'étude viserait les conducteurs de nuit parce qu'on sait que la conduite de nuit entraîne une plus grande détérioration de performance que la conduite de jour.

L'étude examinerait non seulement les avantages subjectifs et objectifs initiaux de petits sommes de durée variable, mais également les avantages à long terme de ces divers sommes pris au cours du cycle circadien. Les données obtenues permettraient aux conducteurs et à l'industrie du camionnage d'évaluer les effets de ces sommes de courte durée. S'ils contribuent à réduire le déficit de sommeil accumulé pendant les quarts de nuit, les entreprises pourraient envisager de les adopter comme mesure de lutte contre la fatigue. De plus, si le nombre de conducteurs participant à l'étude est suffisant, il sera possible de déterminer l'avantage différentiel associé à la fatigue différentielle au début du somme (fonction de différences individuelles ou des effets de la charge de travail précédente). Avec ce genre de données, chaque conducteur serait en mesure d'adapter la durée du somme à son niveau de fatigue.

On peut, par ailleurs, envisager nombre d'autres études visant les contre-mesures, notamment les pauses.

HYPNOSE ET AUTRES STRATÉGIES INDUISANT LE SOMMEIL

La difficulté de dormir le jour est l'une des raisons pour lesquelles les conducteurs de véhicules utilitaires et les travailleurs de nuit n'obtiennent pas suffisamment de sommeil restaurateur. Il leur est difficile de s'endormir et de rester endormis. Aussi serait-il intéressant d'examiner les aides biologiques à cet effet.

Une des plus importantes substances hypnotiques ou inductrices de sommeil est la mélatonine, médicament largement utilisé aux États-Unis en raison de sa disponibilité dans les magasins d'alimentation naturelle. Au Canada, on ne peut l'obtenir directement dans le commerce ou

dans ce type de magasin parce que la Direction générale de la protection de la santé estime qu'il s'agit d'une drogue qui appelle donc un examen minutieux des normes de production. De nombreuses études sont toutefois menées de par le monde en vue d'étudier le potentiel qu'offre la mélatonine comme substance hypnotique naturelle pour favoriser le sommeil.

La mélatonine est une hormone qui n'engendre pas la dépendance, qui est produite la nuit dans le cerveau par la glande pinéale et qui est intimement liée au sommeil. Les études sont peu loquaces quant aux effets secondaires des versions pharmaceutiques de la mélatonine qui semble efficace pour aider à s'endormir à des moments où, biologiquement, cela s'avère difficile. Une étude récente portant sur 12 conducteurs travaillant 12 heures par quart (Sack, Blood et Lewy, 1995) a indiqué que la mélatonine a aidé la moitié d'entre eux à retrouver leur rythme normal plus rapidement. Étant donné que la mélatonine a une demi-vie relativement courte, soit de 30 minutes, elle pourrait offrir des perspectives d'étude intéressantes pour promouvoir le sommeil. De nombreux conducteurs américains utilisant la mélatonine régulièrement, il faudrait étudier ses effets potentiels sur la performance des conducteurs.

Une autre substance intéressante qui n'engendre pas la dépendance et que l'on trouve dans toute une variété de produits alimentaires est le tryptophane. Il s'agit d'un précurseur de la mélatonine, qui semble avoir les mêmes qualités inductrices de sommeil que celle-ci. Cette substance d'origine naturelle mériterait également d'être étudiée.

ÉDUCATION ET SENSIBILISATION DES PERSONNES CONCERNÉES

Il faudrait également mener des études sur l'efficacité de l'éducation et de la sensibilisation aux mesures contre la fatigue auprès des conducteurs et des gestionnaires. Il est probable que nombre de conducteurs ne savent pas l'influence que peuvent avoir le rythme circadien et le sommeil sur leur vie et leurs habitudes quotidiennes. La connaissance de ces facteurs leur permettrait de mieux appréhender les questions de fatigue et de vigilance ainsi que celles des relations avec leurs partenaires, leur famille et leurs contacts sociaux. À défaut de régler ces questions, leur performance au travail ainsi que leur sommeil peuvent s'en trouver perturbés davantage. Il s'agit d'un cercle vicieux, entraînant des problèmes plus graves chez les travailleurs par postes que chez les autres, notamment des problèmes d'ordre conjugal, d'instabilité familiale et autres tels qu'une consommation abusive d'alcool et autres drogues ainsi que des troubles de santé. L'éducation et la sensibilisation devraient donc aider les travailleurs par postes à mieux comprendre leur situation et à connaître les stratégies mises à leur disposition pour mieux gérer leur vie personnelle. Les gestionnaires aussi y gagneraient, car ils connaîtraient les horaires de travail les plus susceptibles de favoriser le repos de leurs conducteurs et de diminuer les risques d'accidents. Ils doivent également prendre conscience qu'ils sont responsables de créer un environnement de travail donnant aux conducteurs la possibilité de se reposer. Pour être efficace, il faut donc que l'éducation soit destinée à la fois aux gestionnaires et aux conducteurs, et non pas seulement à ces derniers.

On pourrait élaborer un programme d'éducation et de sensibilisation à l'intention des conducteurs de camion, le mettre en oeuvre dans certaines entreprises seulement et mettre au point des indicateurs permettant de déterminer s'il entraîne un changement de comportement. D'après les études menées auparavant, dont celle de Wylie et coll. (1997), les travailleurs ne profitent pas adéquatement de leur période de congé pour récupérer et se reposer, et ils peuvent entamer, encore fatigués, leur premier quart de travail. En fait, l'étude de Wylie et coll. (1997) indique que certains conducteurs ont mieux dormi pendant les périodes de travail, même lorsqu'ils travaillaient de nuit. De toute évidence, pour que des mesures prescriptives ou auto-correctrices concernant les périodes de récupération soient bénéfiques, il faut que ces périodes soient utilisées judicieusement. Si l'industrie du camionnage n'appuie pas l'utilisation appropriée du temps hors-service, les périodes de récupération ne seront jamais assez longues. C'est pourquoi on propose de faire une recherche sur les possibilités de modifier les comportements grâce à un programme d'éducation et de sensibilisation. Cette recherche permettrait de maximiser les bienfaits des périodes de repos prescrites ou de somme qu'elle trouverait efficaces.

COMMENTAIRES SUR LES RECHERCHES PROPOSÉES

La section précédente a présenté quelques axes de recherche potentiels. On propose d'aborder la recherche sous plusieurs perspectives. La plupart des projets peuvent être menés en parallèle. Les efforts consentis peuvent être adaptés aux ressources et à la disponibilité des conducteurs. Il est toutefois recommandé d'adopter une approche pragmatique permettant aux conducteurs et aux entreprises de s'allier au gouvernement pour trouver réponse aux questions soulevées. Ni l'industrie, ni le gouvernement ne peuvent à eux seuls atteindre les objectifs visés, mais il est impératif de trouver des solutions. Celles-ci résident dans la volonté d'atteindre des objectifs communs et d'accepter les résultats à l'issue de toutes les étapes du processus.

RÉFÉRENCES

AAA FOUNDATION FOR TRAFFIC SAFETY. *A Report on the Determination and Evaluation of the Role of Fatigue in Heavy Truck Accidents*, Falls Church, VA.

ADUM, O. «Shiftwork of professional drivers», in W.P. Colquhoun, Folkard, S., Knauth, P., et Rutenfranz, J., éd., *Experimental Studies in Shift Work*, p. 273-276, 1975, Westdeutscher Verlag, Opladen, Allemagne de l'Ouest.

ALLUISI, E. A. «Influence of work-rest scheduling and sleep loss on sustained performance», *Aspects of Human Efficiency: Diurnal Rhythm and Loss of Sleep*, The English Universities Press Limited, distribué aux États-Unis par Crane, Russak & Company, New York, New York, 1972, p. 199-215.

ALLUISI, E.A., et CHILES, W.D. «Sustained performance, work-rest scheduling, and diurnal rhythms in man», *Acta Psychologica* (Scandinavie), vol. 27 (1967), p. 436-442.

BJERNER, B., HOLM, A., et SWENSSON, A. «Diurnal variation in mental performance: a study of three-shift workers», *British Journal of Industrial Medicine*, vol. 12, (1955), p. 103-110.

BROWN, I.D., TICKNER, A.H., et SIMMONS, D.C. V. «Effect of prolonged driving on overtaking criteria», *Ergonomics*, vol. 13 (1970), p. 239-242.

COLQUHOUN W.P., et RUTENFRANZ, J., éd. *Studies of Shiftwork*, Londres, Taylor & Francis, 1980.

COLQUHOUN, W.P., FOLKARD, S., KNAUTH, P., et RUTENFRANZ, J., éd. *Experimental Studies in Shift Work*, Westdeutscher Verlag, Opladen, Allemagne de l'Ouest, 1975.

CUNNINGHAM, J.B. «Compressed shift schedules: Altering the relationship between work and non-work.», *Public Administration Review*, vol. 42, n° 5 (1982), p. 438-447.

FEYER, A-M., et WILLIAMSON, A.M. «The impact of alternative operations on fatigue among long distance drivers», *Shiftwork International Newsletter*, vol. 12, n° 1 (1995), p. 14.

FOLKARD, S. «'Time on shift' effects in safety: A mini-review», *Shiftwork International Newsletter*, vol. 12, n° 1 (1995), p. 16.

GRANDJEAN, E. *Fitting the task to the man*. Taylor & Francis, Londres, 1988.

HAMELIN, P. «Lorry driver's time habits in work and their involvement in traffic accidents», *Ergonomics*, vol. 30 (1987), p. 1323-1333.

HAMILTON, P., WILKINSON, R.T., et EDWARDS, R.S. «A study of four days partial sleep deprivation», in W.P. Colquhoun, éd., *Aspects of human efficiency: Diurnal rhythms and loss of sleep*, (Actes du symposium, Strasbourg, France, 1970), Londres, English Univ. Press, 1972, p. 101-113.

HARRIS, W. «Fatigue, circadian rhythm, and truck accidents» in R.R. Mackie, éd., *Vigilance: Theory, Operational Performance, and Physiological Correlates*, Plenum Press, New York, New York, 1977, p. 133-146.

HARRIS, W., et MACKIE R.R. *A study of the relationship among fatigue, hours of service, and safety operations of truck and bus drivers*, rapport final, BMCS-RD-71-2, Washington D.C., U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Motor Carrier Safety, novembre 1972.

HAWORTH, N.L., TRIGGS, T.J., et GREY, E.M. *Driver Fatigue: Concepts, Measurements and Crash Countermeasure*, Department of Transport and Communications, Federal Office of Road Safety, rapport n° CR-72, 1988.

HERBERT, M.J. et JAYNES, W.E. «Performance decrement in vehicle driving», *Journal of Engineering Psychology*, vol. 3 (1964), p. 1-8.

HERTZ, R.P. «Hours of service violations among tractor-trailer drivers», *Accident Analysis & Prevention*, vol. 23, n° 1, (1991), p. 29-36.

HERTZ, R.P. «Tractor-trailer driver fatality: The role of non-consecutive rest in a sleeper berth», *Accident Analysis & Prevention*, vol. 20, n° 6 (1988), p. 431-439.

HILDEBRANDT, G., ROHMERT, W., et RUTENFRANZ, J. «The Influence of Fatigue and Rest Period on the Circadian Variation of Error Frequency In Shift Workers (Engine Drivers)», in Colquhoun, W.P., Folkard, S., Knauth, P., et Rutenfranz, J., éd., *Experimental Studies in Shift Work*, Westdeutscher Verlag, Opladen, Allemagne de l'Ouest, 1975, p. 174-187.

JONES, I.S., et STEIN, H.S. *Effect of Driver Hours of Service on Tractor-Trailer Crash Involvement*, Washington, D.C., Insurance Institute for Highway Safety, 1987.

JOVANIS, P.P., et KANEKO, T. *Exploratory Analysis of Motor Carrier Accident Risk and Daily Driving Patterns*, Transportation Research Group, University of California at Davis, rapport n° UCD-TRG-RR-90-10, 1990.

KNAUTH, P., et RUTENFRANZ, J. «Experimental shiftwork studies of permanent night, and rapidly rotating shift systems», in Colquhoun, et Rutenfranz, J., éd., *Studies in Shiftwork*, Taylor & Francis Ltd., Londres, Angleterre, Reading 7, 1980, p. 81-93.

KOGI, K., TAKAHASHI, M., et ONISHI, N. «Experimental evaluation of frequent eight-hour versus less frequent longer night shifts», in Colquhoun, W.P., Folkard, S., Knauth, P., et Rutenfranz, J., éd., *Experimental Studies in Shift Work*, Westdeutscher Verlag, Opladen, Allemagne de l'Ouest, 1975, p. 103-112.

LEWIS, P.M. *Recommendations for NRC Policy on Shift Scheduling and Overtime at Nuclear Power Plants*, Division of Human Factors Safety. Office of Nuclear Reactor Regulation, U. S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, D. C., 1985.

LEWIS, P.M. *Shift Scheduling and Overtime: A Critical Review of the Literature*, préparé pour la Nuclear Regulatory Commission, contrat DE-AC06-76-RLO, 1985.

LILLE, F. «Le sommeil de jour d'un groupe de travailleurs de nuit», *Le Travail Humain*, vol. 30 (1967), p. 85-97.

MACKIE, R.R., et MILLER, J.C. *Effects of Hours of Service, Regularity of Schedules, and Cargo Loading on Truck and Bus Driver Fatigue*, rapport n° DOT HS-803 799, Human Factors Research, Incorporated, Goleta, Californie, 1978.

MALETTE, R. *Shift Study and Assessment of 48 and 72-hour Rest Breaks*, Ontario Hydro HRP and Development, juillet 1994.

MCDONALD, N. *Fatigue, Safety and the Truck Driver*, Taylor & Francis, Londres et Philadelphie, 1984.

MÖEHLMANN, D., GRZECH-SUKALO, H., et NACHREINER, F. «Drivers workload in public transport operations - An analysis of the efficiency of different work-rest schedules on different shifts», *Shiftwork International Newsletter*, vol 12, n° 1 (1995), p. 126.

MOHLER, S.R. «Physiological index as an aid in developing airline pilot scheduling patterns», *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, vol. 47 (1976), p. 238-247.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD. *Factors That Affect Fatigue in Heavy Truck Accidents*, étude n° NTSB/SS-95/01, Washington, DC, 1995.

NICHOLSON, A.N. «Duty hours and sleep patterns in air crew operating world-wide routes», *Aerospace Medicine*, vol. 43 (1972), p. 138-141.

Occupational Medicine: State of the Art Reviews. Scott, A.J. éd., vol. 5, n° 2 (Shiftwork), 1990.

PETERS, R.D. «Effects of partial and total sleep deprivation on driving performance», *Proceedings from Human Factors and Ergonomics Society*, Santa Monica, CA, Human Factors and Ergonomics Society Inc, vol. 2 (1995), p. 935.

RHODES, W., HESLEGRAVE, R. et UJIMOTO, K.V. *A Study of the Impact of Shiftwork & Overtime on Air Traffic Controllers*, novembre 1994, Centre de développement des transports, Politiques et Coordination, Transports Canada, Montréal, Québec, TP 12257E.

RHODES, W., HESLEGRAVE, R. et UJIMOTO, K.V., *Impact of Shiftwork & Overtime on Air Traffic Controllers - Phase II: Analysis of shift schedule effects on sleep, performance, physiology and social activities*, octobre 1996, Centre de développement des transports, Politiques et Coordination, Transports Canada, Montréal, Québec, TP 12816E

ROSA, R.R., WHEELER, D.D., WARM, J.S., et COLLIGAN, M.J. «Extended workdays: Effects on performance and ratings of fatigue and alertness», *Behaviour Research Methods, Instruments, & Computers*, vol. 17, n° 1 (1985), p. 6-15.

SACCOMANNO, F.F., SHORTREED, J.H., et YU, M. *Effect of driver fatigue on truck accident rates*, Department of Civil Engineering, University of Waterloo, Waterloo, Ontario.

SACK, R.L., BLOOD, M.L., et LEWY, A.J. *Melatonin administration to night-shift workers*, The Sleep and Mood Disorders Laboratory, Oregon Health Sciences University, Portland, Oregon, É.-U.

SPENCER, M.B. «The influence of irregularity of rest and activity on performance: A model based on time since sleep and time of day», *Ergonomics*, vol. 30, n° 9 (1987), p. 1275-1286.

U. S. CONGRESS, OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT, *Biological Rhythms: Implications for the Worker*, OTA-BA-463, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1991.

VERNON, M.H. *Industrial Fatigue and Efficiency*, Dutton, New York, 1921.

WILKINSON, R.T., EDWARDS, R.S., et HAINES, E. «Performance following a night of reduced sleep», *Psychonomic Science*, vol. 5 (1966), p. 471-472.

WYLIE, C.D., SHULTZ, T., MILLER, J.C., MITLER, M.M., et MACKIE, R.R., *Étude sur la fatigue et la vigilance chez les conducteurs de véhicules utilitaires*, octobre 1996, Centre de développement des transports, Sécurité et sûreté, Transports Canada, Montréal, Québec, TP 12875F (aussi distribué par la U.S. FHWA, n° FHWA-MC-97-002).

WYLIE, C.D., SHULTZ, T., MILLER, J.C., MITLER, M.M., ET MACKIE, R.R., *Étude sur la fatigue et la vigilance chez les conducteurs de véhicules utilitaires : sommaire technique*, novembre 1996, Centre de développement des transports, Sécurité et sûreté, Transports Canada, Montréal, Québec. TP 12876F (aussi distribué par la U.S. FHWA, rapport n° FHWA-MC-97-001).

WYLIE, C.D., SHULTZ, T., MILLER, J.C., et MITLER, M.M., *Étude sur le pouvoir de récupération associé aux périodes de repos chez les conducteurs de véhicules utilitaires*, avril 1997, Centre de développement des transports, Sécurité et sûreté, Transports Canada, Montréal, Québec. TP 12850F.