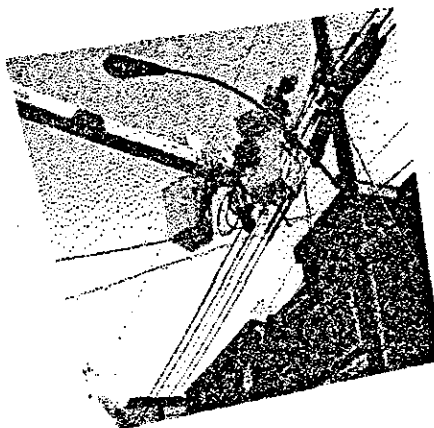


**Accidents par contact d'engins
avec des lignes électriques**
Analyse de 262 accidents survenus au Québec,
en Ontario, aux États-Unis et en France



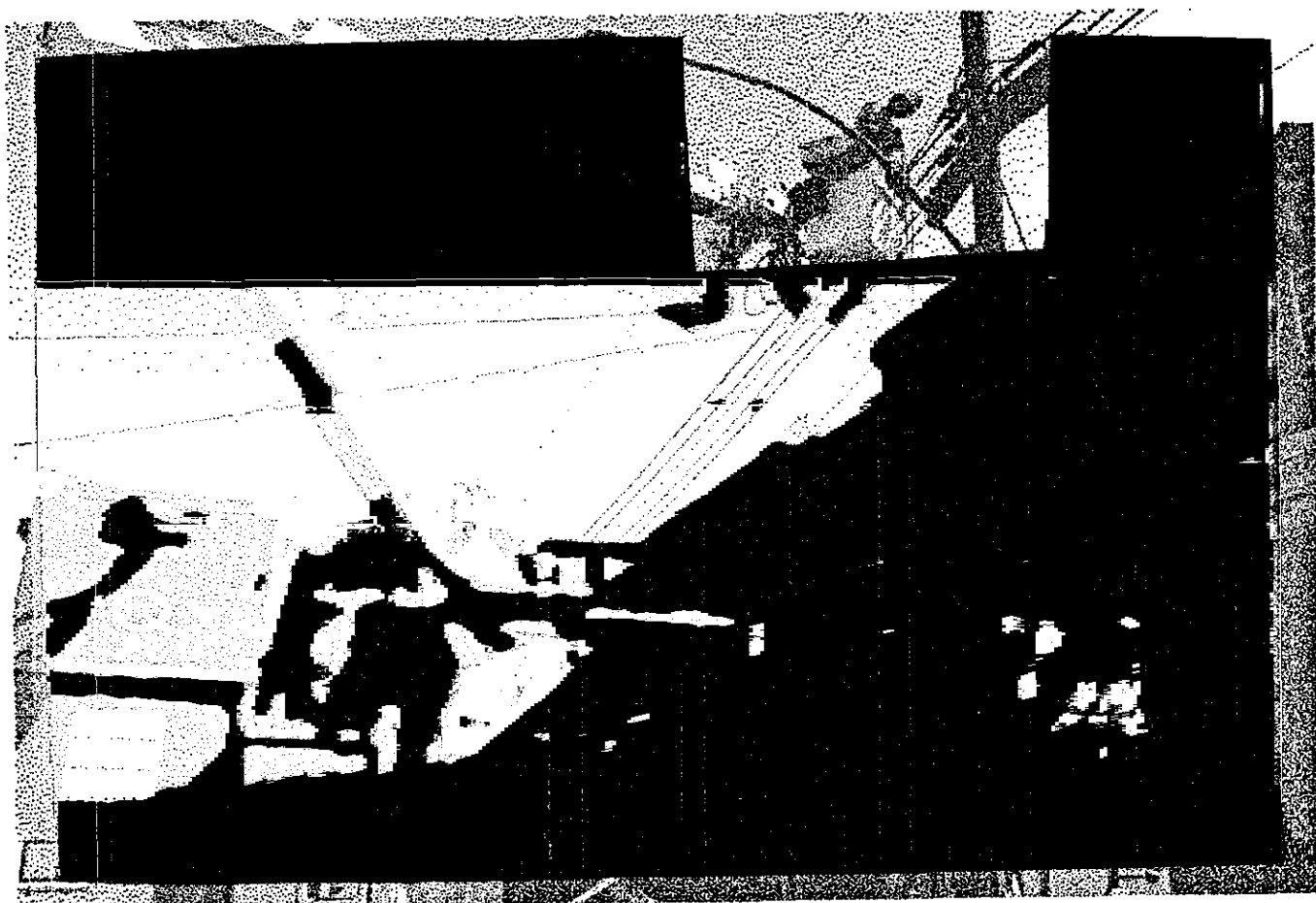
**BILANS DE
CONNAISSANCES**

Joseph-Jean Paques

Mai 1990

B-025

RAPPORT



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

Accidents par contact d'engins avec des lignes électriques

**Analyse de 262 accidents survenus au Québec,
en Ontario, aux États-Unis et en France**

**Joseph-Jean Paques
Programme sécurité-ingénierie, IRSST**

**RELAIS DE
COMMISSAIRES**

RAPPORT

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles de l'auteur.

© Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, janvier 1991.

1^{er} trimestre 1991.

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
- AVANT-PROPOS	iii.
- LISTE DES FIGURES	iv.
1.0 SOMMAIRE	1
2.0 LES ACCIDENTS PAR CONTACT DES MACHINES AVEC DES LIGNES ÉLECTRIQUES	2
3.0 ORIGINE DES ACCIDENTS ÉTUDIÉS	2
3.1 Données du Québec	2
3.2 Données de l'Ontario	2
3.3 Données des États-Unis	3
3.4 Données de la France	3
3.5 Validité générale des données	3
3.6 Bilan des données étudiées	4
3.7 Regroupement des données pour analyse	4
4.0 RÉPARTITION DES ACCIDENTS PAR TYPE DE MACHINE	5
4.1 Définition des types de machine	5
4.2 Répartition par année	8
4.3 Répartition globale	8
5.0 RÉPARTITIONS COMBINÉES DES ACCIDENTS	10
5.1 Répartition par fonction et type de machine	10
5.2 Répartition par type de contact et type de machine ...	11
5.3 Répartition par secteur et type de machine	13
5.4 Répartition par secteur et pays	16

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	PAGE
6.0 CLASSIFICATION DES TAUX D'ACCIDENTS AU QUÉBEC	17
6.1 Population exposée	17
6.2 Estimation du parc des machines	17
6.3 Estimation des taux d'accidents	17
6.4 Classification des taux d'accidents	17
7.0 AUTRES DONNÉES UTILISABLES À TITRE INDICATIF SEULEMENT	18
7.1 Avertissement	18
7.2 Gravité des lésions	18
7.3 Conscience de l'environnement	19
7.4 Mouvement des machines	19
8.0 PROFILS D'ACCIDENTS PAR MACHINE	20
8.1 Grues	20
8.2 Flèches de camion	20
8.3 Bennes	21
8.4 Rétrocaveuses	21
8.5 Nacelles-tarières	21
8.6 Pompes à béton	22
8.7 Équipements divers	22
9.0 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	23
10.0 RÉFÉRENCES	24

AVANT-PROPOS

La présente étude est issue de l'analyse d'accidents effectuée dans le cadre du projet de l'IRSST intitulé "Développement d'un dispositif limiteur de portée pour grues mobiles".

Ce projet a pour but de développer un dispositif sécuritaire limiteur de portée pour grue mobile à flèche fixe.

La clause 5.2.2 du code de sécurité pour les travaux de construction au Québec reconnaît que l'usage d'un tel dispositif constitue un moyen de prévention acceptable lorsqu'un engin de levage travaille à proximité d'une ligne électrique.

Nous tenons à remercier les nombreuses personnes qui nous ont communiqué leurs informations et fait part de leurs commentaires.

Nous avons ainsi beaucoup apprécié la collaboration de la Commission de la santé et sécurité du travail du Québec, de l'Hydro-Québec, de l'Ontario Hydro, du National Institute of Occupational Safety and Health (USA), de l'Institut national de recherche en sécurité (France), de la Construction Safety Association of ONTARIO.

Nous devons une mention spéciale à l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail, Secteur construction, et au comité technique aviseur mis sur pied pour le présent projet. L'expérience et le professionnalisme des membres du comité nous ont été à la fois fort utile et fort agréable. Nous les en remercions tous.

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

	PAGE
FIGURES	
1. a) Grue mobile à flèche fixe	6
1. b) Grue mobile hydraulique	6
1. c) Engin de levage industriel	6
1. d) Grue télescopique automotrice (rough terrain)	6
1. e) Flèche de camion	6
1. f) Benne de camion	7
1. g) Rétrocaveuse	7
1. h) Nacelle	7
1. i) Pelle mécanique	7
1. j) Pompe à béton	7
2. Accidents par contact de ligne, répartition globale au Québec et en Ontario	9
TABLEAUX	
1 Répartition des comptes rendus d'accidents par contact de machines avec des lignes électriques	25
2 Accidents par contact de ligne répartis par type de machine	26
3 Répartition des travailleurs accidentés selon leur fonction et le type de machine	27
4 Répartition des machines par type de contact avec les lignes électriques	28
5 Répartition des machines accidentées par secteur d'activités	29
6 Répartition des accidents par secteur d'activités et par origine des informations	30
7 Estimation du parc des machines en 1988 au Québec	31
8 Classification des taux d'accidents par contact de ligne pour 4 machines au Québec	32

1.0 SOMMAIRE

L'étude d'accidents, survenus lorsque des machines, principalement de chantier, entrent en contact ou amorcent des arcs avec des lignes électriques sous tension, représentent une phase importante du projet de développement d'un dispositif limiteur de portée pour grues mobiles conventionnelles.

Les conclusions de cette étude serviront à indiquer des priorités à suivre dans la prévention de ce genre d'accidents. Elles serviront aussi d'indication dans les moyens de prévention à mettre en oeuvre, selon la technologie des machines en question.

Cette étude, qui porte sur 262 accidents par électrocution survenus lorsque des machines sont entrées en contact avec des lignes électriques, a permis de comparer la situation au Québec, en Ontario, aux États-Unis et en France.

Compte tenu des quantités estimées des machines en opération au Québec, cette étude fait ressortir l'importance du problème associé à l'utilisation des grues et des flèches de camion depuis 15 ans. L'apparition des pompes à béton depuis environ 5 ans s'est aussi accompagnée d'accidents par électrocution de façon très significative.

Divers autres considérations donnent des pistes de prévention selon la population concernée, les parties des machines qui font contact avec les lignes électriques et les secteurs industriels concernés.

Finalement, il est recommandé qu'une concertation soit établie dans le milieu de travail afin de développer des stratégies de prévention communes qui soient adaptées à chaque type de machine et à ses conditions d'utilisation, selon les paramètres analysés dans cette étude.

2.0 LES ACCIDENTS PAR CONTACT DE MACHINES AVEC DES LIGNES ÉLECTRIQUES

Le type d'accident qui a été étudié ici correspond à la situation où:

- une machine mobile, motorisée et automotrice est entrée en contact ou s'est rapprochée suffisamment d'une ligne électrique sous tension pour qu'une circulation de courant électrique ait été établie avec le sol; il faut également qu'un ou plusieurs travailleur ait été affecté par cette circulation de courant électrique.

On notera que, dans cette étude, chaque fois que le mot accident est employé seul, il s'agit toujours d'un accident par contact d'une machine avec une ligne électrique, tel que défini ci-dessus.

3.0 ORIGINE DES ACCIDENTS ÉTUDIÉS

3.1 Données du Québec

Les données d'accidents, par contact de machines avec des lignes électriques, survenus au Québec, ont été extraites de plusieurs sources d'informations.

Une partie vient du fichier spécial de la CSST qui regroupe les accidents les plus graves survenus depuis 1974. Une autre partie vient des publications annuelles officielles d'Hydro-Québec (1), concernant les accidents d'électrocution en général.

Les documents sont présentés, dans la plupart des cas, sous forme de résumés d'accidents.

3.2 Données de l'Ontario

La principale source d'information de l'Ontario vient de publications de l'Ontario Hydro dans sa publication officielle annuelle (2) des accidents d'électrocution du public depuis 1974. Il s'agissait, dans tous les cas, de résumés d'accidents.

3.3 Données des États-Unis

Les rapports d'accidents qui nous ont été communiqués par le National Institute for Occupational Safety and Health (USA), viennent d'un regroupement d'enquête d'accidents avec mortalité qui sont survenus dans 10 états américains depuis 1984 (3), dans le cadre du projet FACE (Fatal Accident Circumstances and Epidemiology). Ce projet, actuellement en cours, permet d'obtenir des rapports d'enquête très détaillés pour les cas d'électrocution. Les rapports d'enquête d'accident ainsi produits étaient très structurés et très détaillés.

3.4 Données de la France

Les accidents par contact de machines avec des lignes électriques, survenus en France et analysés dans le cadre de notre étude, ont été collectés par l'INRS (Institut national de recherche en sécurité) à travers le réseau des CRAM (Caisse régionale d'assurance maladie) (4).

Ces accidents ont été décrits sous une forme très résumée.

3.5 Validité générale des données

Le nombre d'accidents par contact de machines avec des lignes électriques étudiés pour le Québec et pour l'Ontario nous semble relativement représentatif de la réalité, en considérant les accidents graves, c'est-à-dire entraînant environ moitié-moitié de blessés et de décès. Comme ces événements nous ont été principalement rapportés dans le cadre d'activité de compilation annuelle régulière d'accident, même si ces compilations sont incomplètes par rapport à la réalité, elles sont cependant relativement homogènes d'une année à l'autre et sur un même territoire.

Les données venant des États-Unis, si elles sont beaucoup plus complètes que les autres, toutefois ne se réfèrent qu'à des accidents très graves, c'est-à-dire avec mortalité. Elles ne peuvent donc pas être comparées quantitativement avec les données venant du Canada.

Enfin, les accidents étudiés qui sont survenus en France, présentent une plus grande disparité de répartition dans le temps et correspondent plutôt à des accidents très graves, bien que n'entraînant pas toujours de décès. Nous aurions tendance à considérer que la collecte de ces résumés d'accident correspond à un échantillonnage aléatoire. Par contre, sur le plan qualitatif, les circonstances d'accidents ont présenté une certaine homogénéité avec les résultats globaux de l'étude.

3.6 Bilan des données étudiées

À partir du nombre d'accidents étudiés, nous avons pu établir que le nombre d'accidents, par contact de machines avec des lignes électriques, rapporté, par année et par habitant, est du même ordre de grandeur au Québec et en Ontario (tableau 1), soit respectivement .707 et .817 accident par année et par million d'habitants.

Les données issues des États-Unis et de France ne permettent pas de tirer aucune conclusion pour ces deux pays.

3.7 Regroupement des données pour analyse

Compte tenu de l'origine différente des informations analysées et surtout des méthodes de collection différente, nous avons effectué certains regroupements de données dans les cas suivants:

Pour comparer quantitativement, par type d'équipements, la fréquence des accidents, nous n'avons regroupé que les données du Québec et de l'Ontario.

Pour analyser les données détaillées des circonstances d'accidents par type d'équipements, nous avons regroupé les données provenant des quatre territoires, après avoir vérifié que les écarts étaient faibles.

4.0 RÉPARTITION DES ACCIDENTS PAR TYPE DE MACHINE

4.1 Définition des types de machines

Huit (8) types de machines ont été identifiés à partir de normes et de manuels d'opération (5,6,7,):

a) les grues mobiles, automotrices, dont la flèche de levage peut être en poutre à treillis (grue conventionnelle ou grue à flèche fixe) ou bien dont la flèche de levage est extensible (grue télescopique ou grue hydraulique). Certains engins de levage industriels spécialisés ont été regroupés dans cette catégorie. Il ne nous a pas été possible d'établir une distinction entre ces différents types de grue à partir des informations disponibles.

On doit noter que les grues à tour ne sont pas incluses ici. D'ailleurs aucun accident par contact d'une grue à tour avec des lignes électriques n'a été étudié ici.

- b) les flèches de camions, installées sur des camions, en général plats, ou des remorques.
- c) les bennes de camion, soit sur le camion motorisé, soit sur une remorque.
- d) les rétrocaveuses.
- e) les pelles à chenilles et les grues à chenilles.
- f) les pompes à béton utilisant principalement des tuyaux sous pression pour acheminer le produit. Cette catégorie comprend aussi des camions équipés de convoyeur à béton.
- g) les nacelles ou tarières.
- h) les équipements divers incluant les échelles de pompiers et engins de forage principalement.

Les figures 1 a) à 1 j) illustrent les principales machines concernées.

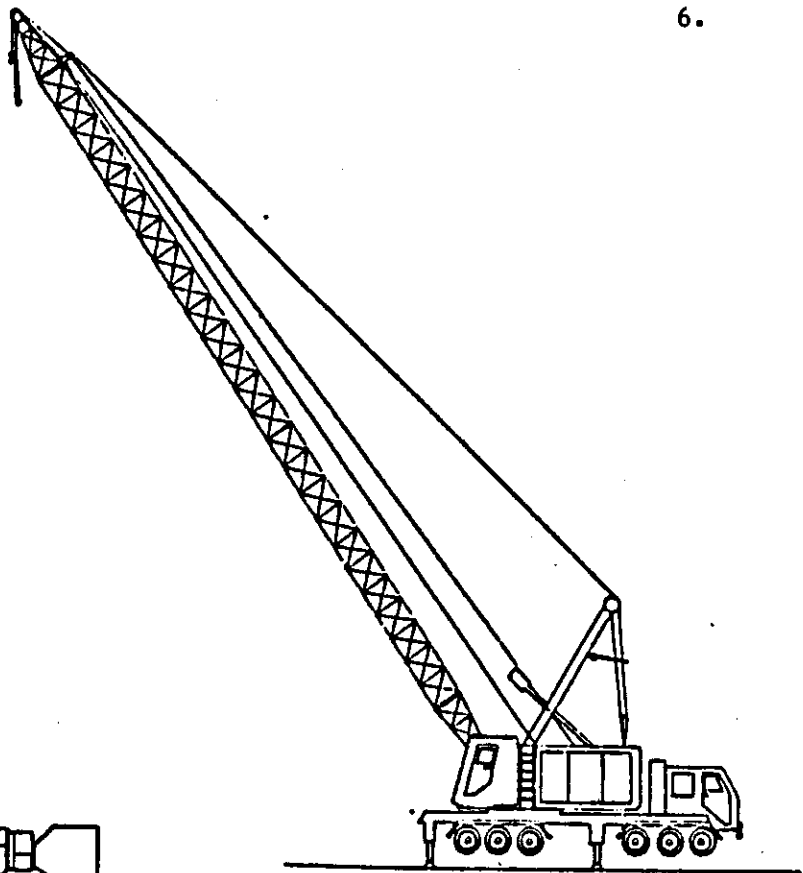


Figure 1.a) Grue mobile à flèche fixe

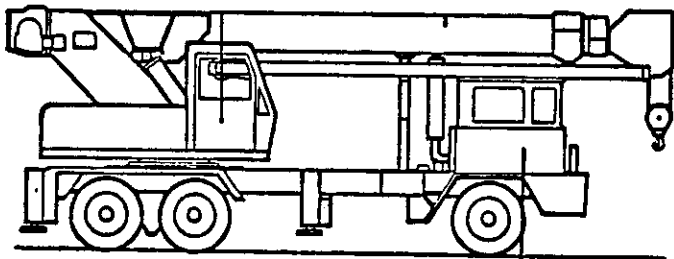


Figure 1.b) Grue mobile hydraulique

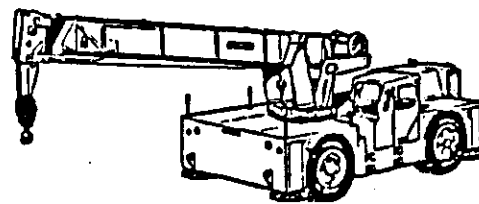


Figure 1.c) Engin de levage industriel

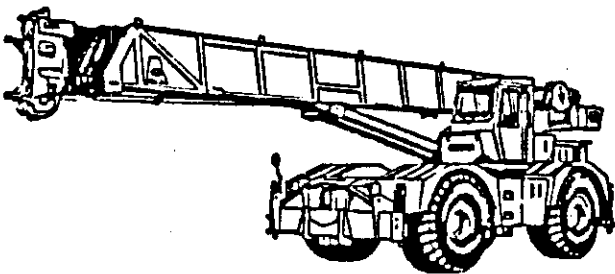


Figure 1.d) Grue télescopique automotrice (rough terrain)

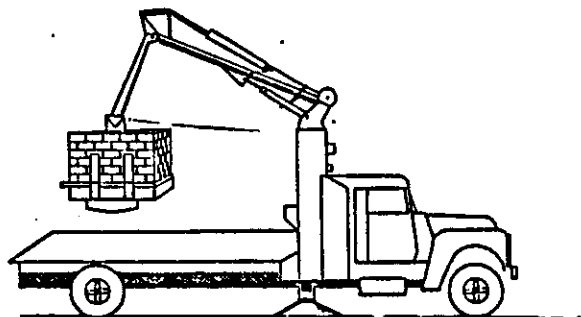


Figure 1.e) Flèche de camion

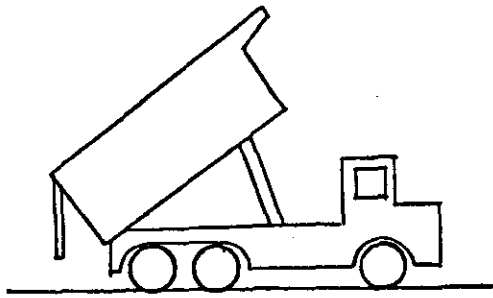


Figure 1.f) Benne de camion

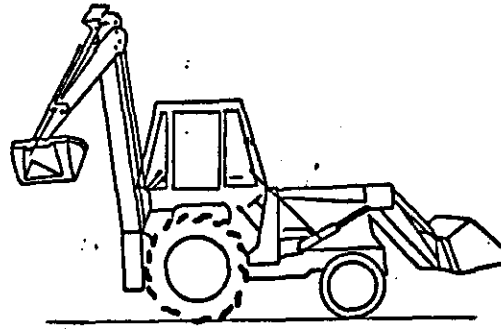


Figure 1.g) Rétrocaveuse

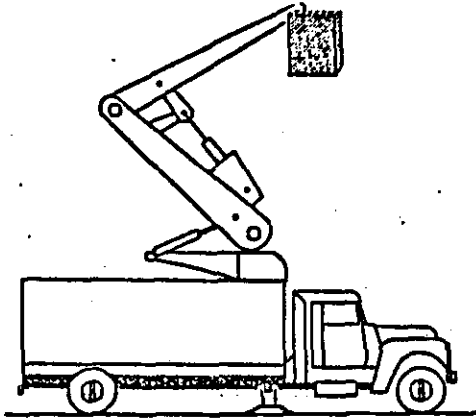


Figure 1.h) Nacelle

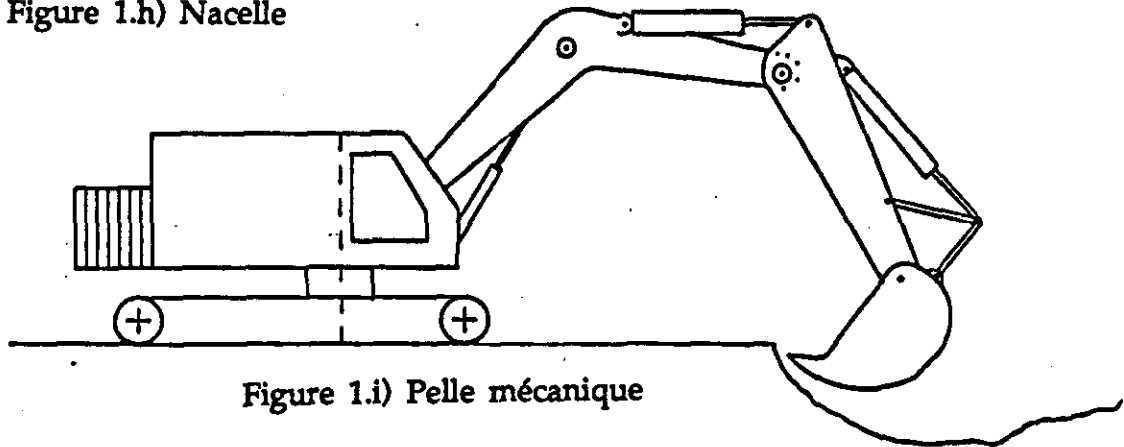


Figure 1.i) Pelle mécanique

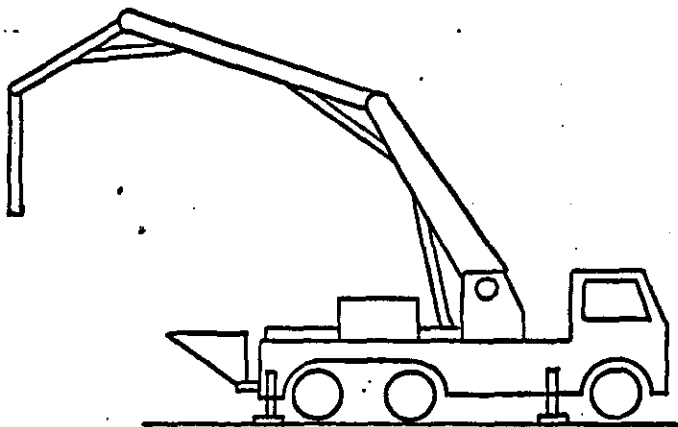


Figure 1.j) Pompe à béton

4.2 Répartition par année

L'analyse de la fréquence des accidents en Ontario et au Québec, de 1974 à 1987, montre une répartition homogène dans le temps pour les accidents impliquant les grues et les flèches de camions.

Par contre seulement depuis 1980, des accidents impliquant nacelles tarières et pompes à béton ont été rapportés.

4.3 Répartition globale

La répartition des accidents par pays et par type de machine montre que les grues et les flèches de camion apparaissent comme les machines les plus souvent impliquées en cas de contact de ligne électrique.

Les autres machines sont impliquées dans une proportion moindre et variable selon les pays.

Le tableau 2 indique le détail de ces répartitions pour les quatre territoires étudiés.

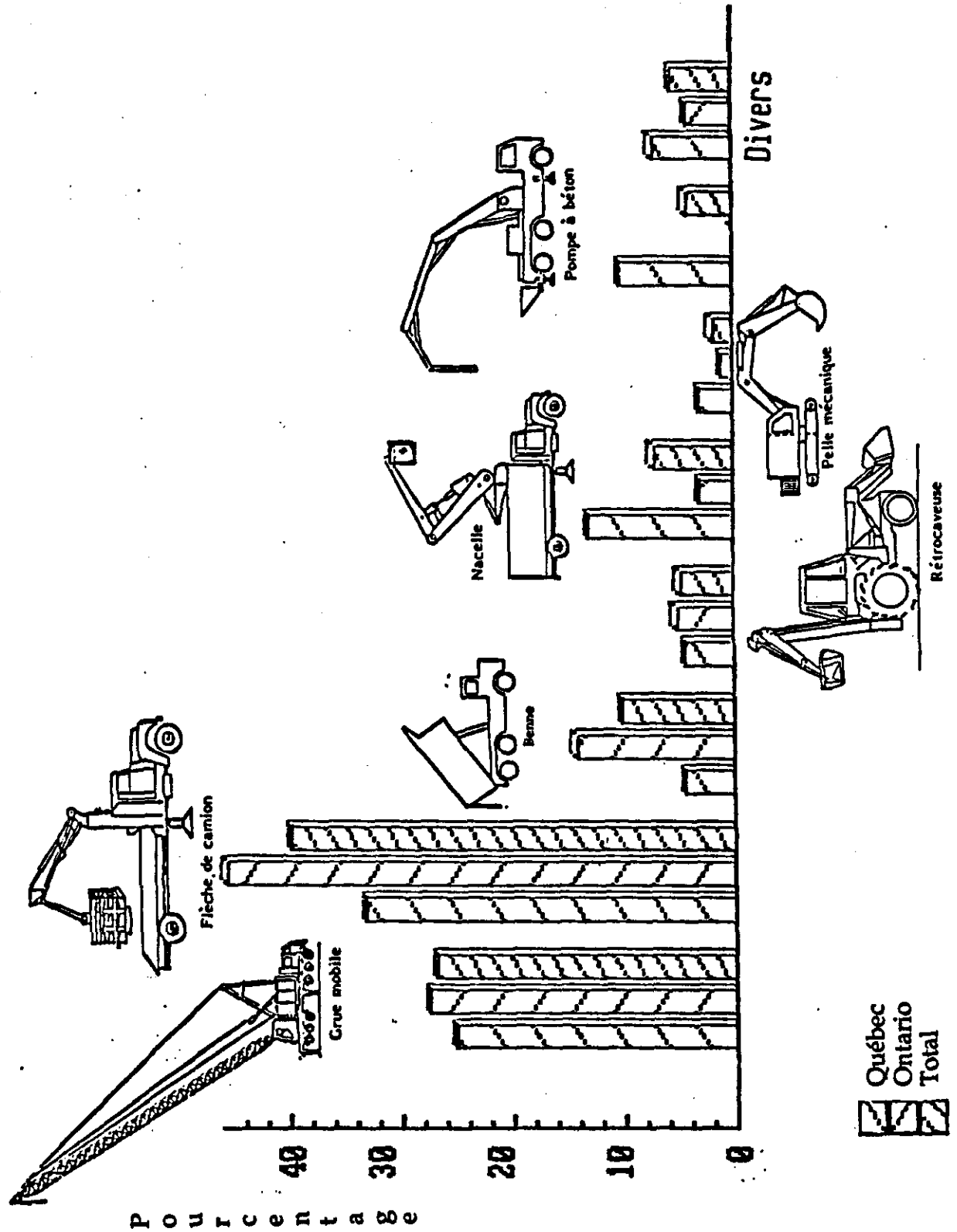
L'analyse détaillée des données du Québec et de l'Ontario permet de tirer les conclusions suivantes:

Le premier type d'équipements impliqués sont les flèches de camion (39.6%) avec une tendance dans ce sens très marquée en Ontario (45.4%). En seconde position, viennent les grues mobiles (26.6%). Ces deux types d'équipements sont responsables d'environ les deux tiers des accidents (66.2%). Le tiers restant vient d'autres machines dont la position relative peut varier entre le Québec et l'Ontario: au Québec, les nacelles-tarières (12.9%) et les pompes à béton (10%) sont responsables de 22.9% des accidents. En Ontario, les bennes de camion apparaissent comme une cause non négligeable (14.1%).

L'Ontario ne rapporte aucun cas associé aux pompes à béton. D'après la Construction Safety Association of Ontario, il semble que l'usage des pompes à béton en Ontario soit encore fort peu répandu, ce qui pourrait expliquer l'absence actuelle d'accident grave, par contact de pompe à béton et de ligne électrique dans cette province.

La figure 2 indique visuellement cette comparaison relative des pourcentages d'accidents au Québec et en Ontario.

FIGURE 2 ACCIDENTS PAR CONTACTS DE LIGNE
REPARTITION AU QUEBEC ET EN ONTARIO



5.0 RÉPARTITIONS COMBINÉES DES ACCIDENTS

5.1 Répartition par fonction et par type de machine

Il a été possible, dans la majorité des cas survenus sur les 4 territoires (83%), de préciser la fonction des accidentés, selon qu'ils opéraient la machine ou qu'ils travaillaient à proximité (appelé aide au sol).

La cohérence des résultats, issus des données provenant des 4 territoires (Québec, Ontario, USA et France), nous a permis d'obtenir la répartition des travailleurs accidentés selon leur fonction et le type de machine pour 6 types d'équipements tel qu'indiqué au tableau 3.

La qualité et la quantité de l'information relative à ce point nous a permis de tirer les conclusions suivantes:

- a) Grues: la majorité des travailleurs concernés par des contacts ou amorçage par des grues sont les aides au sol (90%); les opérateurs de grue qui sont accidentés, le sont en général lorsqu'ils quittent leur cabine. Ce résultat est tout à fait conforme à la conclusion d'une autre étude (réf. 13).
- b) Flèches de camion: la tendance est inversée par rapport aux grues; ce sont en majorité les opérateurs de flèche de camion qui sont accidentés (70%), souvent à travers les accessoires de commande qu'ils manipulent.
- c) Bennes: en général, les conducteurs de camion benne sont les premiers accidentés (77%) lorsque leur engin amorce ou entre en contact avec une ligne électrique; dans certains des cas, l'accident se produit lorsque le chauffeur quitte son véhicule.
- d) Rétrocaveuses: en général, ce sont les aides au sol (70%) qui sont le plus accidentés à cause de contact ou d'amorçage impliquant des rétrocaveuses.
- e) Nacelles-tarières: ici les proportions aide au sol et opérateur se rapprochent (40-60%).

5.2 Répartition par type de contact et type de machine

Le tableau 3 indique le détail de la répartition des machines par type de contact avec les lignes électriques, établie à partir des données provenant des 4 territoires (Québec, Ontario, USA et France).

L'analyse de cette répartition montre un lien très net, quelque soit le territoire concerné, entre le type de contact et la technologie utilisée:

a) Grues

La majorité des accidents se produisent par contact ou amorçage avec un élément de la superstructure ou flèche de la grue (75%). Mais il y a un nombre assez élevé de cas (17%) pour lesquels le câble de levage établit le contact électrique. En fait, la description de certains accidents rapportés aurait tendance à indiquer que les contacts par le câble ont parfois été décrits comme des contacts avec la flèche, ce qui renforcerait artificiellement l'importance de ces cas.

En troisième, viennent les contacts ou amorçage avec les charges (5%). Il semblerait que ce soit principalement des éléments de charpente ou de structure métallique ou en bois qui viennent en contact avec les lignes électriques pendant leur manutention sur des chantiers de construction.

Enfin, aucun cas, où c'est le travailleur lui-même qui a établi le contact avec la ligne électrique, n'a été rapporté avec des équipements de type grue mobile.

b) Flèches de camion

La grande majorité des cas rapportés indique que c'est la flèche de camion elle-même (93%) qui a été l'objet de contact ou d'amorçage électrique.

Loin derrière, viennent le câble (5%) et la charge elle-même (2%).

c) Bennes

Dans tous les cas rapportés impliquant des bennes basculantes de camion, c'est la benne en position inclinée qui a provoqué le contact ou l'amorçage électrique.

Ce résultat ne présente aucune surprise.

d) Rétrocaveuses

Pour les rétrocaveuses, le contact ou l'amorçage par un élément de la machine reste en tête (67%) mais nous devons indiquer l'importance des cas où c'est la charge qui établit le contact ou l'amorçage électrique (22%) au cours d'opération de levage à l'aide d'un crochet installé sur le godet.

e) Nacelles-tarières

Les nacelles-tarières établissent le contact ou l'amorçage électrique en premier lieu par leur superstructure (80%) et en second lieu par le travailleur lui-même (13%).

f) Pelles

Dans tous les cas, c'est la superstructure de la pelle qui a établi le contact ou l'amorçage électrique.

g) Equipements de livraison de béton

Dans cette catégorie, tous les cas d'électrocution rapportés indiquent un contact ou un amorçage électrique par un élément de la superstructure mobile de l'équipement.

Il faut remarquer aussi, que dans le cas des équipements utilisés en France qui sont munis de tapis transporteurs, une bonne partie de ces accidents se produisent au cours des opérations de lavage, après livraison du béton.

h) Engins divers

Cette catégorie montre le plus bas pourcentage de contact par la machine (50 %). Par contre, la charge elle-même est le point de contact avec les lignes électriques dans 31 % des cas, ce qui est important.

5.3 Répartition par secteur et type de machine

5.3.1 Définition des secteurs

Les informations relatives au secteur d'activité économique auquel appartiennent les machines accidentées ont été regroupées en 6 catégories:

- a) Construction: cette catégorie regroupe toutes les activités reliées à la construction, incluant aussi les industries dont l'activité de fabrication et de commerce des matériaux de construction apparaît implicitement ou explicitement dans les résumés d'accidents. Par exemple, les activités de livraison de blocs de béton ou de briques et de fabrication de structure de métal pour bâtiment y sont incluses. Les sablières sont également incluses dans cette catégorie.
- b) Production et distribution d'électricité: en plus des organismes, la plupart du temps publics, de production et distribution d'électricité, les industries de construction de lignes électriques sont incluses dans cette catégorie.
- c) Municipalité et administration publique: nous y avons inclus les activités extérieures des administrations publiques à divers niveaux: éclairage urbain, réseau d'aqueduc, réseau routier, lutte contre l'incendie principalement; les travaux reliés à ces activités sont inclus dans cette catégorie même s'ils sont effectués par des sous-traitants privés par exemple.
- d) Agriculture et travaux connexes: en plus des activités strictement agricoles, sont incluses dans cette catégorie, les activités de construction agricole (drainage) et de livraison de matériaux à usage agricole (tourbe, engrais, etc.).

On retrouve aussi dans cette catégorie, les travaux d'élagage des arbres.

- e) Autres types d'industrie: les entreprises industrielles non identifiées dans les catégories précédentes sont regroupées dans cette catégorie. Ceci regroupe, entre autres, les industries de forage, de sciage, de camionnage et d'installation d'enseignes.
- f) Non précisé: cette catégorie correspond aux accidents pour lesquels il a été impossible d'identifier clairement le secteur concerné.

5.3.2 Répartition des machines accidentées par secteur d'activités économiques

Des corrélations très nettes sont apparues entre les types d'engins impliqués dans les contacts ou amorçages électriques et les secteurs d'activités économiques.

Le détail de cette répartition est indiqué au tableau 5; les données utilisées proviennent des quatre territoires:

a) Grues

La très grosse majorité des cas de contact ou d'amorçage électrique impliquant une grue se retrouve dans l'industrie de la construction ou les industries connexes (62%).

Les industries diverses viennent en second (14%), en ne tenant pas compte des cas pour lesquels cette information n'est pas disponible.

b) Flèche de camion

Encore ici, le secteur le plus touché est le secteur de la construction (74%).

De plus, dans au moins 45% de ces cas, il s'agissait de livraison de matériaux de construction sur un chantier, très souvent de construction domiciliaire.

c) Bennes

Les accidents associés aux bennes de camions se retrouvent d'abord dans les industries de la construction (52%) puis dans les industries diverses (22%). En troisième viennent les activités associées à l'agriculture ou travaux connexes (9%).

d) Rétrocaveuses

Les rétrocaveuses sont associées à des accidents de contact ou d'amorçage électrique principalement dans le secteur de la construction (56%) mais aussi dans les secteurs de production et distribution d'électricité et des municipalités (11% l'un et l'autre).

e) Nacelles-tarières

Les accidents par contact ou amorçage électrique sont concentrés naturellement dans le secteur de la production et distribution d'électricité et activités connexes (67%) puis des municipalités (13%) et enfin dans les activités agricoles et autres industries.

Ici le lien est très net avec l'activité principale impliquée: travaux sur ligne électrique pour le premier cas, signalisation routière, élagage et autres travaux divers pour les cas suivants.

f) Pelles

Tous les accidents rapportés associés à des pelles se produisent dans le secteur de la construction.

g) Livraison de béton

Tous les accidents étudiés associés à des équipements de livraison de béton se sont produits dans le secteur de la construction.

h) Engins divers

Les engins divers sont répartis un peu dans tous les secteurs.

Les accidents impliquant divers engins dans les industries diverses (50%), sont associés en majorité (7 cas sur 8) à des équipements de forage de puits.

5.4 Répartition par secteur et par pays

Il nous a semblé intéressant de comparer la répartition des accidents par secteur entre les quatre sources d'information, pour confirmer les tendances générales qui ressortent lorsque l'ensemble des données provenant des quatre sources d'information est aggloméré.

Le tableau 6 indique la répartition des accidents par contact de ligne, selon le secteur et selon le pays.

La première conclusion de cette comparaison est que le secteur de la construction est le premier concerné (61.1%) par les accidents qui surviennent suite à un contact en un équipement et une ligne électrique.

Le second secteur économique concerné est constitué des autres types d'industries (14.9%). Il est à noter que cette classification est homogène sur les quatre territoires étudiés.

6.0 CLASSIFICATION DES TAUX D'ACCIDENTS AU QUÉBEC

6.1 Population exposée

À des fins de calculs, nous avons considéré que les données étudiées portaient sur les populations telles que mentionnées au tableau 3.5., soit de 6.6 millions d'habitants au Québec en 1988.

Par ailleurs, la Commission de la construction du Québec a indiqué qu'en 1988, environ 1 200 grutiers inscrits ont travaillé en moyenne 1 230 heures chacun environ (9).

6.2 Estimation du parc des machines

Par recoupement, entrevue, rapports divers (10,11,12) et discussions, nous sommes arrivés à une estimation partiel du parc de certains équipements concernées par notre étude, pour les provinces de Québec et d'Ontario.

L'estimation de la quantité de grues mobiles, de flèches de camion, de nacelles ou tarières et de pompes à béton pour l'année 1988 apparaît dans le tableau 7.

6.3 Estimation des taux d'accidents

Pour quatre types de machine (grues, flèches de camion, nacelles ou tarières et pompes à béton) un calcul a été effectué pour identifier la priorité d'intervention de prévention.

À partir du nombre d'accidents par année, le nombre d'accidents par machine et par année au Québec a été calculé.

Le détail de ces calculs sont indiqués au tableau 8.

6.4 Classification des taux d'accidents

En se basant sur le taux d'accident par année et par machine, les priorités d'intervention suivantes peuvent être établies:

- 1) Pompes à béton
- 2) Grues
- 3) Flèches de camion et nacelles ou tarières

7.0 AUTRES DONNÉES UTILISABLES À TITRE INDICATIF SEULEMENT

7.1 Avertissement

D'autres informations particulières ont aussi été analysées dans cette étude mais comme il n'a été possible de les obtenir que de façon partielle et fragmentaire, leur interprétation est sujette à caution et ne doit pas être prise de façon absolue et rigoureuse.

Toutefois nous les avons conservées car nous y avons vu des indications ou des confirmations de situations réalistes. Sans qu'il ait été possible de quantifier ces données de façon objective, leur interprétation qualitative nous a semblé significative néanmoins. Par ailleurs, le genre d'informations supplémentaires qu'il faudrait aller chercher dans les rapports d'accidents de ce type à l'avenir pourra en être déduit.

7.2 Gravité des lésions

L'analyse des 262 accidents montre que les électrocutions, entraînées lors de contact entre des lignes électriques et des machines, sont des accidents graves.

En effet au Québec et en Ontario, les accidents ont fait 51 et 54% de blessés, et 49 et 46% de décès. La gravité de ce type d'accident a déjà été mise en évidence dans d'autres rapports (13, 14).

Notons qu'il est très difficile de prévoir réellement l'ampleur des lésions qui seront entraînées par un accident survenant lorsque des machines entrent en contact ou amorce un arc électrique avec des lignes électriques.

En effet, la position du travailleur, ses gestes et son comportement au moment de l'accident, les vêtements et équipements de protection qu'il porte, l'humidité de l'atmosphère sont parmi les principaux éléments qui influent le passage du courant électrique pour un équipement donné qui travaille dans des conditions données.

En fait, la lecture de certains rapports d'accidents particulièrement détaillés, fait ressortir une grande disparité des lésions pour le même accident. Malheureusement là aussi, les données manquent pour faire une exploitation scientifique de ces résultats.

7.3 Conscience de l'environnement

Pour certains rapports, il a été possible d'obtenir des informations sur la perception de l'environnement de travail par les travailleurs accidentés.

Bien qu'il ne soit pas possible d'interpréter scientifiquement ces résultats, nous avons pu constater que pour, 12 rapports suffisamment précis en provenance des USA:

- dans 10 cas, les travailleurs affectés par l'accident avaient conscience de la présence de la ligne électrique et de ses dangers;
- dans 2 cas, ils n'avaient pas conscience de la présence de la ligne électrique;
- dans 2 cas, les travailleurs accidentés ou ceux qui se sont portés à leur secours n'avaient pas conscience que l'accident était causé par un contact avec une ligne électrique sous tension.

7.4 Mouvement des machines

Nous avons cherché, également à connaître la nature du mouvement de la machine qui a fait rapprocher sa superstructure avec les lignes électriques sous tension.

Là aussi la petite quantité des informations disponibles ne nous a pas permis de savoir nettement s'il s'agissait d'un mouvement de rotation de la flèche, d'extension de la flèche, de levée ou de descente de la flèche, de levage ou descente de la charge, de translation au sol ou autres.

Toutefois, nous avons pu constater que des accidents se produisent aussi en cours de translation horizontale des engins; un certain lien avec le type d'engin est probable mais la faible quantité d'informations dans ce domaine ne nous permet pas de le faire hors de tout doute.

8. PROFILS D'ACCIDENTS PAR MACHINE

Basé sur les analyses précédentes, nous avons pu déduire certains scénarios ou certains types de circonstances qui sont plus spécifiquement associés à certains types de machines.

8.1 Grues

Sans qu'il soit possible de différencier entre les grues conventionnelles les grues télescopiques ou les grues industrielles, nous pouvons dire que les contacts ou amorçages électriques associés aux grues surviennent en général par contact de la flèche ou du câble de levage. Les victimes sont en majorité des aides au sol et appartiennent la plupart du temps à l'industrie de la construction. Si l'opérateur est accidenté, l'accident se produit la plupart du temps lorsqu'il quitte sa cabine après que le contact ou l'amorçage électrique ait été établi.

Enfin, au Québec et en Ontario, il semblerait que ces accidents produisent une proportion un peu supérieure (60%) de blessures que de mortalités (40%). Nous devons aussi mentionner que dans certains rapports détaillés, nous avons pu remarquer que le port d'équipements de protection individuelle isolants (gants et bottes) a réduit le degré de lésion chez différents travailleurs en position d'aide au sol affectés par le même accident et avec des positions identiques.

8.2 Flèches de camion

En général, le contact ou amorçage électrique de flèches de camion survient lorsque l'opérateur manoeuvre sa flèche et que celle-ci approche la ligne électrique, très souvent au cours d'opération de livraison de matériaux de construction. L'opérateur est la personne la première concernée par l'accident, soit qu'il soit électrocuté à travers la boîte de commande à distance non isolée, soit en actionnant les commandes de la flèche depuis le sol, soit enfin en quittant le camion après que le contact ou l'amorçage ait eu lieu.

8.3 Bennes

Dans le cas de bennes, en général l'accident affecte principalement le conducteur du camion au moment où il quitte son véhicule, après que le contact ou l'amorçage ait été établi. La plupart du temps, le chauffeur appartient à une industrie de la construction mais aussi, à l'occasion, à une entreprise du secteur des transports.

8.4 Rétrocaveuses

La trop faible quantité de rapports disponibles ne permet pas objectivement d'extraire un scénario type pour ces deux équipements.

Nous pouvons mentionner que des accidents étudiés surviennent parfois au cours d'opération de levage de charges, du genre tuyaux, ce qui ne représente pas l'utilisation normale et courante de ces équipements. Ce sont les aides au sol qui sont le plus affectés par ce genre d'accident.

8.5 Nacelles et tarières

Les contacts ou amorçages électriques impliquant des nacelles ou tarières semblent moins évidents en terme d'interprétation.

Ce genre d'accidents concerne principalement les travailleurs associés aux travaux et activités autour des lignes électriques de distributions ou les travailleurs qui effectuent des opérations d'élagage.

Il semblerait qu'au Québec et en Ontario, ce sont les opérateurs qui sont les plus touchés par ces accidents.

Aucun scénario évident ne semble ressortir au delà de ces considérations générales.

8.6 Pompes à béton

Au Québec et en Ontario, les pompes à béton provoquent des contacts ou des amorçages électriques avec les lignes électriques lorsque la structure d'acheminement du béton s'approche de la ligne électrique soit au cours du déploiement ou repliement, ou en cours de distribution. Dans ce cas, l'opérateur est le premier touché par l'accident, soit à travers la boîte de commande à distance non isolée soit en actionnant les commandes de la flèche depuis le sol. Dans ce cas un travailleur en position d'aide au sol en appui sur l'équipement ou qui guide le dispositif d'acheminement du béton pourra également être concerné par cet accident.

En France, où l'usage de tapis roulants déployables semble plus répandu qu'au Québec, des accidents surviennent fréquemment au cours du lavage de ces équipements.

8.7 Équipements divers

Bien que cette catégorie concerne des équipements très dissemblables et que le nombre rapports soit réduit, nous pouvons décrire un scénario assez fréquent.

Une machine de forage de puits s'installe à proximité d'une ligne électrique; au cours des mouvements de levée et de descente pendant le travail normal de l'équipement, la partie supérieure de l'équipement entre en contact ou amorce avec la ligne électrique. L'opérateur est le premier concerné par l'accident.

9.0 CONCLUSION ET RECOMMANDATION

Cette étude a permis de relativiser l'importance des types de machines vis à vis des accidents qui surviennent par contact ou amorçage électrique avec des lignes électriques et de dégager des circonstances générales d'accidents par type de machine.

À partir de cette étude, des stratégies de prévention adaptées à chaque sorte de machine et d'industrie qui les emploie, pourraient être élaborées.

Nous recommandons donc que des consultations soient organisées avec les milieux de travail qui emploient ces machines et les intervenants en prévention, afin que des principes directeurs soient établis à la lumière des expériences respectives et des résultats de cette étude.

Les pompes à béton, les grues, les flèches de camions et les nacelles et tarières se présentent en priorité pour cette action de concertation.

Il serait approprié de s'assurer que les moyens de prévention généralement connus soient réévalués principalement en comparaison avec les résultats de cette étude afin de vérifier s'ils sont bien adaptés à chaque type de machine et de circonstance de travail.

Enfin, il faudrait, à la suite de cette concertation, déterminer si des activités particulières de recherche ou de développement sont requises pour que les intervenants en prévention puissent disposer des meilleurs moyens possibles ayant fait leurs preuves.

10. RÉFÉRENCES

- 1.- Accidents électriques chez le public de 1981 à 1988. Hydro-Québec. 1981 à 1989.
- 2.- Electrical accidents to the public de 1981 à 1988. Ontario Hydro. 1979 à 1988.
- 3.- Face Investigations 1982 - 1989. NIOSH Morgantown
- 4.- Prévention des contacts directs d'engins avec des lignes électriques aériennes. Journée d'études. INRS Juin 1989.
- 5.- D.E. Dickie. Manuel du grutier. Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec 1985.
- 6.- Grues mobiles. ACNOR Z-150. 1974
- 7.- D.E. DICKIE. Mobile Crane Manual. Construction safety association of Ontario. Septembre 1982.
- 8.- Grues mobiles, Généralités-classification. Norme française NF ES2-084. Décembre 1980.
- 9.- Statistiques des grutiers de 1979 à 1988. Commission de la construction du Québec. 1989.
- 10.- Ian Springate. Report on the qualifications required of boom trude operators. Juin 1988.
- 11.- Inventaire des équipements 1989. Hydro-Québec, Direction approvisionnement de l'exploitation. 1989.
- 12.- J.P. Vautrin, B. Clauyade, J.P. Gérardin. Contrôleurs d'état de charge de grues mobiles, bilan des analyses. INRS ND.124 3e trimestre 1986.
- 13.- Anthonu Suruda. Electrocution at work. Professional safety. Juillet 1988.
- 14.- J.-M. de Courcy. Spécification pour l'étude de faisabilité, la fabrication d'un prototype et l'expérimentation d'un système de détection de la proximité des lignes haute tension pour grues mobiles et autres équipements. Commission des accidents du travail du Québec, Service de la recherche. Novembre 1979.

TABEAU 1. RÉPARTITION DES COMPTES RENDUS D'ACCIDENTS PAR CONTACT DE MACHINES AVEC DES LIGNES ÉLECTRIQUES

	Québec		Ontario		USA		France	
Nombre d'accidents étudiés	70		99		23		70	
Période couverte	février 74 à février 89		juin 74 à septembre 87		décembre 84 à décembre 88		juin 72 à novembre 87	
Durée de couverture	15 ans		13.3 ans		4 ans		11.4 ans	
Population (estimée en 1988)	6.6 Mh		9.1 Mh		51.8 Mh*		56 Mh	
Nombre d'accidents rapportés par an	4.67/an		7.44/an		NA**		NA**	
Nombre d'accidents rapportés par million d'habitants et par an	.707/mh/an		.817/mh/an		NA**		NA**	
Nombre de blessés	Nbr	%	Nbr	%	Nbr	%	Nbr	%
	40	50.6%	61	53.5%	14	35T	32	37.2%
Nombre de décès	Nbr	%	Nbr	%	Nbr	%	Nbr	%
	39	49.4%	53	46.5%	26	65%	54	62.8%
Nombre de travailleurs impliqués	Nbr	%	Nbr	%	Nbr	%	Nbr	%
	79	100.0%	114	100.0%	40	100.0%	86	100.0%

* Les rapports d'accidents ne proviennent que de 10 états américains regroupant 51.8 millions d'habitants.

** Vue la façon aléatoire et partielle de collecte des données, aucun chiffre significatif ne peut être établi ici à des fins de comparaison.

**TABEAU 2 ACCIDENTS PAR CONTACT DE LIGNE RÉPARTIS
PAR TYPE DE MACHINE**

	Québec		Ontario		TOTAL Qué. + Ont.		USA*		France*		TOTAL*	
	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%
Grues mobiles	18	25.7%	27	27.2%	45	26.6%	10	43.5%	36	51.4%	91	35.1%
Flèches de camion	23	32.9%	45	45.4%	67	39.6%	7	30.4%	14	20.0%	89	33.6%
Bennes de camion	3	4.3%	14	14.1%	17	10.0%	0	0.0%	6	8.6%	23	8.8%
Rétrocaveuses	3	4.3%	5	5.1%	8	4.7%	0	0.0%	1	1.4%	9	3.4%
Nacelles-tarières	9	12.9%	3	3.0%	12	7.1	1	4.3%	2	2.9%	15	5.7%
Pelles ou grues à chenilles	2	2.9%	1	1.0%	3	1.7	1	4.3%	1	1.4%	5	1.9%
Livraison de béton	7	10.0%	0	0.0%	7	4.1	1	4.3%	6	8.6%	14	5.3%
Engins divers	5	7.1%	4	4.0%	9	5.3	3	13.0%	4	5.7%	16	6.1%
Tous engins confondus	70	27.0%	99	38.0%	169	10.0%	23	8.0%	70	27.0%	262	100%

* Ces données sont indiquées à titre de comparaison seulement avec les données du Québec et de l'Ontario.

**TABLEAU 3 RÉPARTITION DES TRAVAILLEURS ACCIDENTÉS
SELON LEUR FONCTION ET LE TYPE DE MACHINE**

Équipements	Aides au sol		Opérateurs	
	Qté	%	Qté	%
Grues mobiles	89	90%	10	10%
Flèches de camion	26	30%	62	70%
Bennes de camion	6	23%	20	77%
Rétrocaveuses	7	70%	3	30%
Nacelles-tarières	7	39%	11	61%

**TABEAU 4 RÉPARTITION DES MACHINES PAR TYPE DE CONTACT
AVEC LES LIGNES ÉLECTRIQUES**

	Homme		Machine		Charge		Câble		Non précisé	
	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%
Grues mobiles	0	0%	69	75%	5	5%	16	17%	2	3%
Flèches de camion	0	0%	82	93%	2	2%	4	5%	0	0%
Bennes de camion	0	0%	23	100%	0	0%	0	0%	0	0%
Rétrocaveuses	1	11%	6	67%	2	22%	0	0%	0	0%
Nacelles-tarières	2	13%	12	80%	0	0%	0	0%	1	7%
Pelles ou grues à chenilles	0	0%	5	100%	0	0%	0	0%	0	0%
Livraison de béton	0	0%	14	100%	0	0%	0	0%	0	0%
Engins divers	2	13%	8	50%	5	31%	0	0%	1	6%

**TABLEAU 5 RÉPARTITION DES MACHINES ACCIDENTÉES
PAR SECTEUR D'ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES**

	Construction et activités connexes		Électricité et activités connexes		Municipalité et adm. publique		Agriculture et travaux connexes		Autres types d'industries		Non précisé	
	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%
Grues mobiles	57	62%	3	3%	2	2%	0	0%	10	14%	17	18%
Flèches de camion	65	74%	0	0%	1	1%	4	5%	12	14%	5	6%
Bennes de camion	12	52%	0	0%	0	0%	2	9%	5	22%	4	17%
Rétrocaveuses	5	56%	1	11%	1	11%	0	0%	0	0%	2	22%
Nacelles-tarières	0	0%	10	67%	2	13%	1	7%	1	7%	1	7%
Pelles ou grues à chenilles	4	80%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	20%
Livraison de béton	14	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Engins divers	3	19%	1	6%	4	25%	0	0%	8	50%	0	0%
TOTAL	160	61 %	15	5,7 %	10	3,8 %	7	2,6 %	36	13,7 %	30	11,5%

**TABEAU 6 RÉPARTITION DES ACCIDENTS PAR SECTEUR D'ACTIVITÉS
ET PAR ORIGINE DES INFORMATIONS**

	Québec		Ontario		USA		France		TOTAL	
	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%	Qté	%
Construction et activités connexes	38	54.3%	60	60.6%	15	65.2%	47	67.1%	160	61.1%
Électricité et activités connexes	8	11.4%	4	4.0%	1	4.3%	2	2.9%	15	5.7%
Municipalités et administration publique	6	8.6%	1	1.0%	1	4.3%	2	2.9%	10	3.8%
Agriculture et travaux connexes	1	1.4%	6	6.1%	0	0.0%	0	0.0%	7	2.7%
Autres types d'industries	9	12.9%	16	16.2%	6	26.1%	8	11.4%	39	14.9%
Non précisé	8	11.4%	12	12.1%	0	0.0%	11	15.7%	31	11.8%

TABLEAU 7 ESTIMATION DU PARC DES MACHINES EN 1988 AU QUÉBEC

		Québec
Grues	Construction	700
	Industries	500
	Total	1 200
Flèches de camion	Construction	2 500
	Électricité et municipalité	900
	Autres	800
	Total	4 200
Nacelles ou tarières	Électricité	1 000
	Autres	1 000
	Total	2 000
Pompes à béton		200

Remarque: Il ne s'agit que d'estimations à partir d'avis de spécialistes ou d'extrapolations d'estimations réalisées dans le cadre d'autres études.

**TABEAU 8 CLASSIFICATION DES TAUX D'ACCIDENTS PAR CONTACT
DE LIGNE POUR 4 MACHINES AU QUÉBEC**

	Grues	Flèches de camion	Nacelles ou tarières	Pompes à béton
* Nombre d'accidents étudiés	18	23	9	7
Période couverte	15 ans	15 ans	10 ans**	4 ans**
Quantité d'engins estimée en 1988	900	4 200	2 000	200
* Nombre d'accidents par année	1.2	1.53	0.9	1.75
* Nombre d'accidents par année et par machine	.0013	.00036	.00045	.00875
Classement	2	3	3	1

Remarques: L'astérisque * indique que ces chiffres ne reflètent pas la totalité des accidents de ce genre mais seulement ceux qui ont pu être réunis. Les résultats de ce tableau ne peuvent être utilisés qu'à des fins de priorité d'intervention.

Deux astérisques (**) indiquent que la période couverte a été commencée l'année où le premier accident avec ce type d'équipement a été rapporté au Québec ou en Ontario.