

22e Session d'étude sur les techniques de sautage
Les 28 et 29 octobre 1999

Le nitrate d'ammonium : une substance comburante ou explosive?

Pierre Michaud, Ressources naturelles Canada et
Roland Lescault, Ressources naturelles Canada

Le Nitrate d'Ammonium : une substance comburante ou explosive ?

Pierre Michaud¹, Roland Lescault²
Ressources naturelles Canada

Résumé

Les explosifs ont toujours été un objet de fascination, de respect et de crainte. Tout objet peut « exploser ». Même une bouteille de lait en plastique, fermée, contenant un peu de liquide dans le fond, si elle est jetée sans penser dans un feu de camp, peut « exploser », dès que la chaleur transforme le liquide en vapeur. Avec la bonne température et le positionnement de la bouteille, la pression ne cesse de s'accumuler jusqu'à ce que les parois en plastique ne puissent plus contenir la pression.

Il y a aussi les explosions « chimiques » qui sont en fait des réactions chimiques très rapides pouvant créer de la chaleur, du bruit, des chocs ou des ondes sismiques.

On peut contrôler les explosions et faire usage de leur puissance pour des activités telles que l'exploitation d'une carrière ou d'une mine. Dans la plupart des cas, les explosions sont soigneusement planifiées par des techniciens en explosifs.

Mais au fond de quoi s'agit-il ? En termes les plus simples, une explosion - par opposition à la rupture d'un conteneur sous pression - peut être décrite comme un rejet d'énergie instantané entraînant une incroyable poussée vers l'avant de l'air environnant. De façon plus spécifique, le résultat est la production de gaz, de chaleur, de bruit et de vibration semblable à la foudre, qui dépendant de son amplitude peut aplanir les arbres et toute structure dans les environs immédiats.

On dit de l'explosion qu'il y a eu détonation ou déflagration selon la rapidité de réaction. Techniquement, pour qu'une détonation se produise, la réaction explosive doit voyager à travers la substance plus rapidement que le son. Pour une déflagration, la réaction explosive doit voyager plus lentement que le son.

Les explosions chimiques qui se produisent avec des explosifs, tels que de la dynamite ou le mélange de nitrate d'ammonium et de fuel-oil, ont pour résultat la combustion pratiquement instantanée de la matière explosive. Ces explosions entraînent généralement des ondes de choc supersoniques. Ces matières explosives sont fabriquées de telle façon qu'elles sont stables à moins qu'elles ne soient soumises à une source d'énergie extérieure importante. Par exemple, les explosifs commerciaux sont initiés au moyen d'amorces de sautage ou de détonateurs, bien que dans certains cas, ils peuvent être allumés par des températures très élevées, par choc mécanique ou par friction.

-
1. Inspecteur des explosifs
 2. Inspecteur régional des explosifs



Introduction

Le nitrate d'ammonium est un composant industriel important utilisé à grande échelle comme engrais et ingrédient majeur dans la fabrication des explosifs de sautage. Il constitue le composé d'ammonium le plus important du point de vue de son volume de production et de son utilisation.

L'incident de Walden nous a fait ouvrir les yeux encore une fois sur le potentiel dévastateur que peut emmener un certain engrais chimique bien connu sous l'acronyme NA. Le Nitrate d'ammonium en forme de perle destiné à prime à bord à l'agriculture a fait les manchettes aux files des années. Contrairement à ces qualités d'engrais, il peut selon un certain nombre de facteurs devenir un explosif très puissant.

On a effectué des recherches pour tirer des leçons des autres cas mettant en cause le nitrate d'ammonium, l'ANFO et autres explosifs (Voir tableau 1). Les incidents les plus connus sont sans doute les deux explosions accidentelles survenues en 1947 à Brest en France et à Texas City aux États-Unis. Dans les deux cas, des grandes quantités de nitrate d'ammonium étaient transportées à bord d'un navire. Chaque explosion a détruit à grande échelle.

Trois explosions accidentelles mettant en cause des camions contenant seulement du nitrate d'ammonium ont été identifiées. Elles se sont produites à Murdochville (Québec), à Taroom (Australie) et au Brésil.

Plusieurs accidents de camions ont été identifiés impliquant des explosions de ANFO ou des chargements mixtes d'explosifs de sautage et d'agents de sautage comme le nitrate d'ammonium en mélange avec du fuel-oil. Les chargements mixtes contenaient du ANFO, de la dynamite, des détonateurs, des explosifs de sautage ou des amorces détonantes. On a aussi identifié une grande explosion dans un entrepôt.

En décembre 1998, des pneus d'un camion transportant des détonateurs, des émulsions de nitrate d'ammonium et de l'ANFO en plus des relais d'amorçage ont pris feu et l'incident s'est soldé par une explosion à 300 km à l'ouest de Perth, Australie. On ne considère pas les détonateurs comme facteur ayant provoqué l'explosion. L'explosion s'est produite environ 45 minutes après qu'on ait découvert un pneu en feu. On ne sait pas combien de temps les explosifs étaient directement impliqués dans le feu.

On a essayé d'identifier des feux mettant en cause du nitrate d'ammonium qui ne se sont pas terminés par une explosion. On peut trouver plusieurs cas de ce genre consignés dans les dossiers de divers pays. Les cas d'accidents routiers impliquaient divers chargements d'explosifs, variant dans la quantité de petite allant jusqu'à 21 000 kg. Dans un cas, le conducteur du véhicule a déchargé 3 500 kg de ANFO brûlant contre un entrepôt contenant 30 000 kg de ANFO et de dynamite. Le véhicule et l'entrepôt ont brûlé sans exploser.

Chronologie du NA

Les propriétés énergétiques du NA, synthétisée en 1659 par J.R. Glauber, ont été reconnues et utilisées dès les années 1867 lorsque les inventeurs Norrbin et Ohlsson brevèrent l'utilisation du NA avec la nitroglycérine. On effectua des recherches visant à accroître l'utilisation de NA comme matière de remplacement de la NG à cause de son faible coût. Si le NA a été utilisé à des fins commerciales dès 1867, pour les mêmes raisons d'économie pendant la Première guerre mondiale, le mélange de NA avec le TNT dans des proportions de 50/50, fut utilisé pour le remplissage des obus : le mélange était connu sous le nom d'AMATOL.

Si l'utilisation du NA comme composante énergétique des dynamites ont été reconnues et utilisées commercialement depuis les années 1867, les propriétés explosives de cette substance ont vraiment été reconnues et utilisées à partir de 1955 lorsque H.B. Lee et R.L. Akre brevettent le mélange de NA avec une substance carbonifère et démontrent ses performances comme explosif. L'ANFO, explosif peu coûteux, performant, sécuritaire et de chargement rapide était né et remplaçait les dynamites dans les trous de forage secs. Pour améliorer la faible résistance à l'eau du NA, les bouillies aqueuses (à base de NA) et les émulsions (à base de NA) ont fait leur apparition sur le marché des explosifs commerciaux dans les années 70 et 80 respectivement.

Propriétés chimique et physique

Dans sa forme pure, le NA (NH_4NO_3) est composé de 60 % d'oxygène par poids, 33% d'azote, et de 7 % d'hydrogène. Son haut pourcentage d'oxygène en fait le produit idéal lorsque mélangé avec l'huile pour une réaction de balance/oxygène complète c'est-à-dire sans production de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote.

Il y a deux catégories de granules de NA : la catégorie agricole et la catégorie pour explosifs. La différence entre les deux catégories est principalement la porosité et la densité des granules (prill) de la catégorie destinée aux explosifs.

Classification réglementaire-Transport et Entreposage

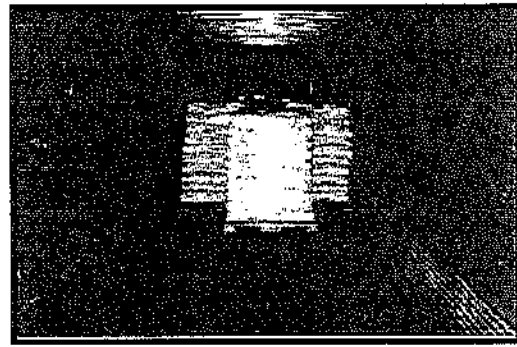
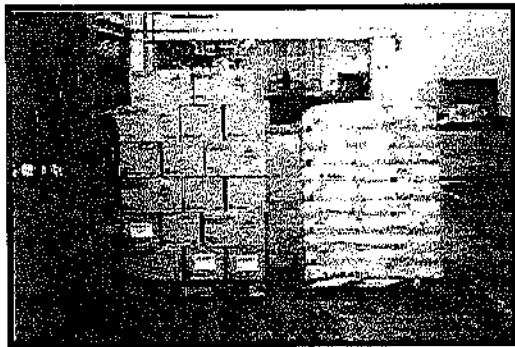
D'après la liste II du Règlement sur le Transport des Matières Dangereuses, le NA en granule destiné aux explosifs est classifié comme oxydant de la classe 5.1 UN 2068 si le contenu en matières carbonifère est inférieur à 0,4%. Si l'on considère que le mélange explosif AN/FO optimal est de 5,7 % matière carbonifère, le NA est-il un **explosif ou un comburant (oxydant)** ?

Pour fin d'entreposage, le NFPA 495 considère le NA comme explosifs s'il est entreposé près d'un explosif et non protégé par un merlon de construction spécifique. La Division de la réglementation des explosifs applique ces règles pour l'octroi des licences

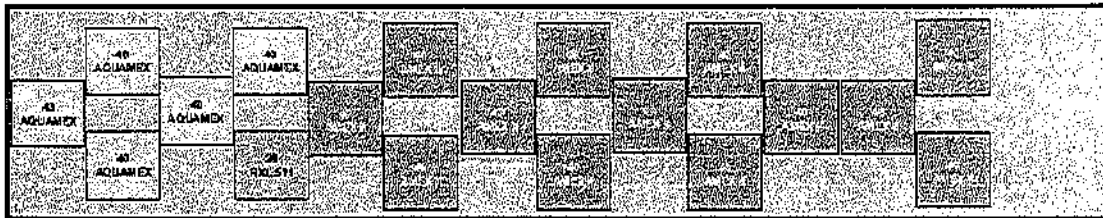
d'entreposage là où le NA est entreposé. Là encore la question demeure : **le NA est-il un explosif ou un comburant (oxydant) ?**

L'accident

Le 5 août 1998, à environ 20h20 un camion-remorque transportant 18 000 kg d'explosifs de sautage¹ a quitté la chaussée en direction ouest sur la route 17 près de Walden à environ 22 km à l'ouest de Sudbury. Le chargement était composé de 4,471 kg de Aquamex, une bouillie aqueuse sensibilisée au TNT ; de 669 kg de RXL 511, une émulsion explosive sensible au détonateur ; et de 13,052 kg de AMEX II, un mélange de nitrate d'ammonium et fuel-oil (voir Annexe I).



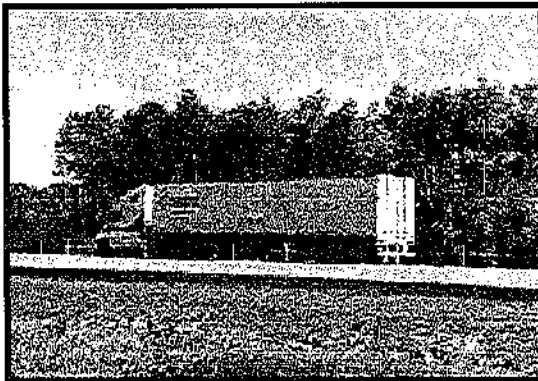
La disposition du chargement était agencée sur dix-neuf palettes à bord de la remorque, tel qu'illustré au schéma suivant. Le devant de la remorque se trouve à gauche. On n'a utilisé aucun moyen pour bloquer, assujettir, caler ou stabiliser le chargement. Aucun de ces moyens n'est requis par le règlement. Les palettes en bois se touchaient dans une forme de X.



La semi-remorque appartenait à Christie Transport Ltd. et avait été construite par une compagnie américaine Great Dane Trailers, Inc. Elle mesurait 53 pi x 8½ pi x 8 pi de haut (16m x 2,6m x 2,4m). Par conséquent le dessus de la semi-remorque se trouvait à 3,6 m (12 pi) au-dessus de la surface de la route.

¹ Environs 13 000 kg du chargement consistait en du nitrate d'ammonium mélangé à du fuel-oil (ANFO). En comparaison, le 19 avril 1995, à Oklahoma City, un camion à explosifs en transportait environ 2 400 kg.

On rapporte que la condition de la semi-remorque était « neuve ». La semi-remorque avait un cadre en aluminium et des parois doublées de contre plaqué. Le plancher était en bois franc et n'était pas muni d'une surface antidérapante.



Le jumeau du camion appartenant à Christie Transport Ltd. impliqué dans l'explosion de Walden.

À la suite d'un incendie qui a duré entre 32 et 37 minutes, les explosifs restants ont détoné et une explosion eue lieu à 20h52 selon les rapports sismiques.

Sur l'impact de la paroi rocheuse, Il semble que le camion et la semi-remorque se sont mis en portefeuille, suivi d'une séparation du camion et de la semi-remorque. Plusieurs témoins ont rapporté que le camion s'est retrouvé en direction Est à environ 180 degrés de sa direction originale et la semi-remorque s'est trouvée faisant toujours face à l'ouest. Le camion-remorque était dans le fossé, penché vers l'avant ou appuyé sur la face rocheuse.

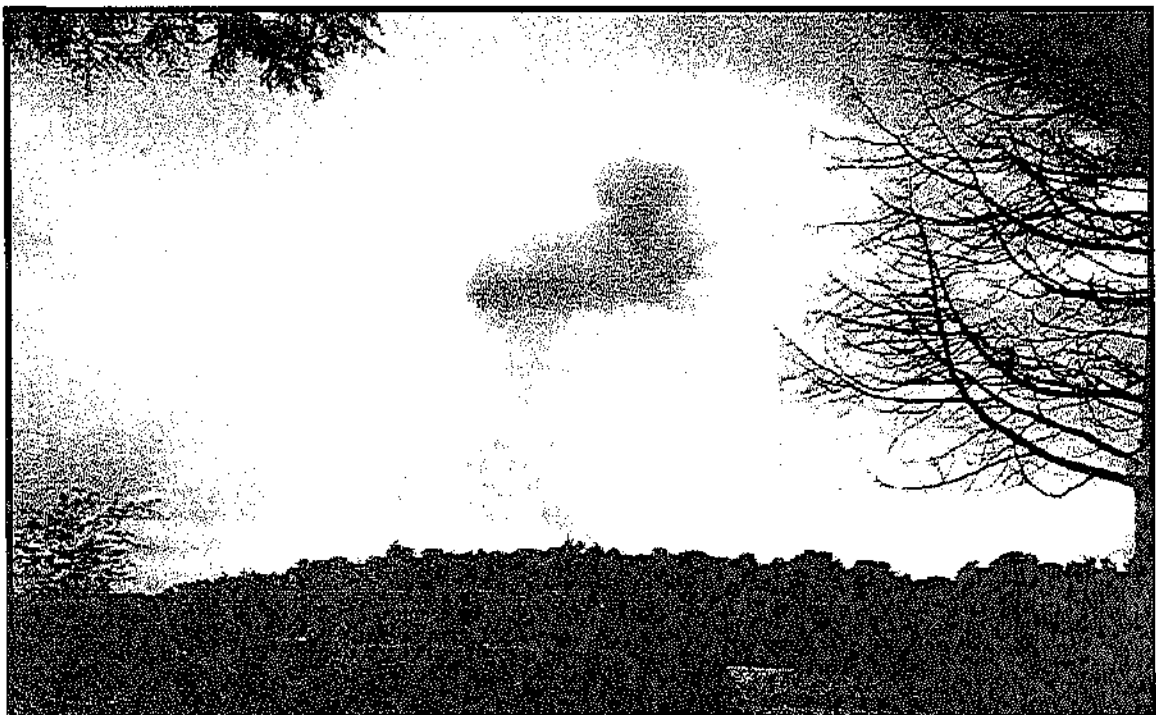
Lors de l'impacte, le véhicule-tracteur a subi des dommages importants à l'avant et du côté du passager. Il semble qu'un ou deux réservoirs d'essence aient été brisés. Le devant de la semi-remorque était arraché, causé peut-être par la collision avec la façade rocheuse ou avec le camion lors de la mise en portefeuille. Le chargement d'explosifs s'est peut-être déchiré contre la paroi avant de la semi-remorque lors de l'arrêt brusque du véhicule. Un petit incendie s'est immédiatement déclenché, mais ce n'est pas claire d'où il provient exactement : du compartiment moteur ou à proximité de celui-ci ou de la cabine du conducteur. Selon les dires des témoins, et appuyés par le comportement du feu, une quantité d'explosifs de sautage aboutit sur le sol à l'avant (vers l'ouest) de la semi-remorque. Un témoin se rappelle avoir vu des boîtes brunes. Or, des boîtes brunes ont servi à contenir du RXL 511 et du Aquamex. Selon d'autres témoins, il y avait de l'AMEX II éparpillés sur le sol et dans des sacs.

Quelques voitures et camions circulant vers l'est et l'ouest se sont arrêtés aussitôt après l'accident. Quelques personnes ont appelé le 911 par téléphone. Pour que le conducteur puisse s'échapper, il a fallu deux hommes à l'extérieur et le conducteur du camion d'explosifs à l'intérieur poussant la porte du passager. On a aidé le conducteur du camion blessé à trouver un abri dans les voies en direction de l'est, à 40-50 m du lieu de l'accident.

Les personnes ont été prévenues du danger par les avertissements du conducteur et par la présence des plaques d'explosifs sur les côtés du véhicule. Une des personnes est

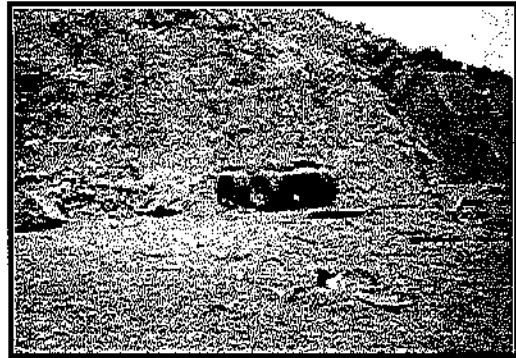
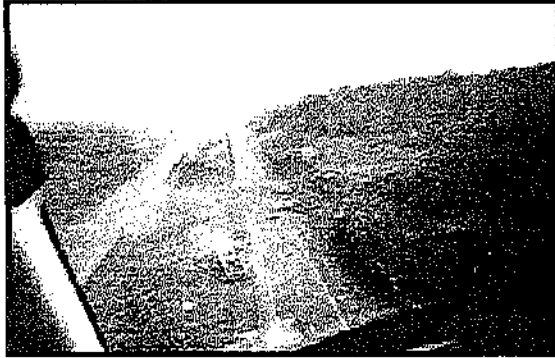
retournée sur ses pas en direction de l'ouest et une autre personne est allée encore plus loin vers l'est pour essayer d'arrêter les voitures le long de la route. Un agent de police au repos a lancé un appel radio à tous les camions pour faire bloquer la circulation plus à l'ouest du lieu de l'accident. Puis il a commencé à demander aux voitures arrêtées de faire demi-tour et de s'éloigner du camion en feu. L'incendie s'amplifia. Alimenté par le camion et le chargement d'explosifs, l'incendie s'est propagé vers l'avant de la semi-remorque. Les flammes avaient atteint 5 à 10 m de haut lorsque les voitures de patrouille de la police provinciale de l'Ontario sont arrivées de Sudbury. Les agents ont évalué la situation, vérifié l'état du conducteur et ont porté main forte pour évacuer les environs. Une ambulance est arrivée pour évacuer le conducteur du camion. Les efforts conjoints ont permis de dégager les lieux à 400 m à l'ouest et 700 m à l'est, en 20-25 minutes.

Lorsque les camions du service d'incendie de Walden arrivèrent à l'est de l'incident, le camion-remorque était en flammes. Le feu était rugissant, une grosse masse de feu blanche et les flammes s'élançaient à près de 15 à 18 m (50-60 pi) dans les dernières 5 à 7 minutes. Les explosifs restants ont détoné à 20h52 (heure déterminée par les rapports sismiques) environ 32 à 37 minutes après l'accident.



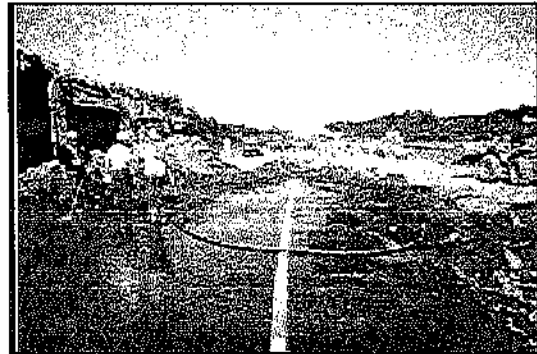
L'explosion eue lieu pendant que CANUTEC, le Centre canadien d'urgence transport, était encore en communication avec le service d'incendie. Les conseillers en mesures correctives de CANUTEC déconseillèrent aux pompiers d'approcher les lieux. Des substances qui n'avaient pas encore explosé auraient pu se trouver éparpillées sur le sol et pouvaient encore détoner. À la suite de l'explosion, des feux de broussailles commencèrent dans les environs, surtout au sud de l'incident. Les débris et les effets de l'explosion se sont faits le plus sentir dans une zone conique s'étendant vers le sud du site de l'explosion, probablement à cause de l'écho au contact avec la paroi rocheuse

coupante. La force a coupé une voie entre les arbrisseaux et les buissons. Deux maisons situées à environ 850-900 m du lieu de l'accident ont été plus endommagées que d'autres. Deux personnes ont été légèrement blessées. Des dommages mineurs ont été subis par des maisons se trouvant à 2 900 m de-là. Les projectiles – la plupart petits mais certains étaient des fragments lourds du camion et des débris de rochers – ont parcouru de longues distances. On a rapporté de petits fragments ayant été retrouvés à 2 460 m plus loin. Le camion d'explosifs a été détruit. L'explosion a laissé une grosse pile de débris de rocher. Un plumeau de fumée noire a été vu à plus de 20 km du lieu de l'explosion.



À 21h20, l'expéditeur commença à mettre en œuvre son plan d'aide en cas d'urgence. Le nettoyage commença le 6 août au matin et dura 10 jours. Pendant ce temps, la circulation fut détournée vers une route régionale. Le travail de nettoyage fut excellent.

Les équipes ont fouillé les débris et les environs pour trouver des explosifs qui n'avaient pas encore détoné, et ont récupéré près de 500 kg d'explosifs, soit moins de 3% du chargement total.



Des représentants de Transports Canada, de Ressources naturelles Canada, du ministère des Transports de l'Ontario, du service d'incendie de Walden et de la police provinciale de l'Ontario étaient sur les lieux pour s'assurer que le nettoyage s'effectuait correctement et que tous les explosifs étaient récupérés. Le ministère des Transports de l'Ontario ont réparé la route et celle-ci fut ouverte à la circulation le 16 août.

L'enquête

Une enquête fut mise sur pied pour déterminer les causes, les facteurs contributifs et les conséquences de l'explosion et pour déterminer si des recommandations peuvent être faites pour améliorer la sécurité. Le groupe d'enquêteurs se composait de représentants de Ressources naturelles Canada et de Transports Canada, assistés de représentants du ministère des Transports de l'Ontario et avec la collaboration de la police provinciale de l'Ontario.

L'enquête portait sur cinq questions :

1. *Pourquoi le camion a-t-il quitté la voie d'une manière incontrôlée ?*
2. *Qu'est-ce qui a causé le feu et pourquoi s'est-il propagé ?*
3. *Pourquoi les explosifs de sautage ont-ils explosé au lieu de brûler ?*
4. *Quels sont les effets de l'explosion par rapport à la distance au site ?*
5. *Quelles modifications réglementaires, s'il y a lieu, devraient être envisagées ?*

L'enquête repose essentiellement sur les témoignages des personnes présentes sur le site car on a pu recouvrir moins de 2% du camion en question et l'explosion a considérablement endommagé le site de l'accident. On a fait appel à des essais en laboratoire pour confirmer les caractéristiques des explosifs en cause. Les travaux effectués à deux laboratoires d'essais métallurgiques ont apporté quelques clarifications sur le déroulement possible des événements et les caractéristiques du feu. De plus, l'enquête a bénéficié de l'expertise des personnes œuvrant dans l'industrie des explosifs et du camionnage.

En mars 1999, à la suite de l'enquête, un rapport a été publié décrivant l'accident et l'explosion. Cinq recommandations sont présentées aux fins de mise en application immédiate. Six autres identifient des domaines qui méritent des études et des recherches plus poussées. Chose intéressante, beaucoup de ces recommandations traitent d'événements accessoires à l'accident de Walden.

Le rapport est disponible sous formats HTML et PDF au site web de Transports Canada, à l'adresse : http://www.tc.gc.ca/tdgoods/general/main_f.htm.

Proposées aux fins d'action immédiate

1. Modifier l'exigence réglementaire autorisant le transport des détonateurs avec des explosifs de sautage, de façon à autoriser les détonateurs seulement dans des chargements complets de moins de 5 000 kg (quantité nette d'explosifs).

2. Assurer que la limite de 10 heures de conduite pour un conducteur de véhicules d'explosifs soit définitive et qu'elle s'applique à toute période de 24 heures.
3. Exiger que les matières de la classe 2 (gaz comprimés) ne peuvent être transportées comme chargement dans aucune partie d'un véhicule transportant plus de 5 000 kg d'explosifs.
4. Assurer que les petites communautés soient au courant de la formation offerte en ce qui a trait aux urgences.
5. Assurer qu'il y ait un porte-parole désigné aux fins de communication entre les autorités locales et les médias sur chaque lieu d'accident mettant en cause des marchandises dangereuses.

Proposées aux fins d'étude et de résolution

Il n'a pas été possible de répondre à toutes les questions soulevées au cours de l'enquête de cet accident. Six questions importantes restent à résoudre. Pour chacune des questions identifiées aux fins d'étude et de résolution, il y a deux étapes nécessaires. La première est de déterminer s'il existe des conditions dans lesquelles le niveau de sécurité peut être amélioré. Si la réponse est affirmative, la deuxième étape est de déterminer si les coûts pour atteindre ce niveau de sécurité amélioré seront compensés par les avantages dont bénéficierait le pays.

1. Devrait-il y avoir des règles pour réduire de 20 000 kg et 5 000 kg la quantité maximale d'explosifs de sautage pouvant être transportée dans un même camion ?
2. Devrait-il y avoir des règles exigeant la présence de deux conducteurs lors du transport d'un chargement d'explosifs, si le trajet dure 8 heures plutôt que 10 heures, comme il est actuellement le cas ?
3. Devrait-il y avoir des restrictions sur la position relative des essieux escamotables et les réservoirs d'essence du camion ?
4. Devrait-il y avoir des règles pour les dispositifs de prévention du feu et de lutte contre l'incendie requis à bord des véhicules d'explosifs ?
5. Devrait-il y avoir des règles pour définir les matériaux de construction d'un camion et d'une semi-remorque ?
6. Devrait-on revoir les distances d'évacuation recommandées dans le cas d'explosifs susceptibles de détoner ?

Conclusion

Le nitrate d'ammonium réagit de trois façons et ces réactions peuvent toutes être concurrentes. Les deux premières réactions se produisent lorsque le nitrate d'ammonium est chauffé lentement ne présentant pas de danger. Même lorsque la réaction est rapide, on peut la contrôler. La seconde réaction est le produit commercial d'oxyde nitreux (gaz hilarant ou essence pour bolide de course). La troisième réaction a lieu lorsque le nitrate d'ammonium détone à une grande vitesse et avec violence. La quatrième réaction représente la détonation d'un mélange stoechiométrique de nitrate d'ammonium et de fuel-oil. Voici la réaction que l'on recherche lorsqu'on utilise le produit dans des mélanges explosifs à usage civil.

En général, les deux dernières réactions se produisent seulement dans des cas de chaleur extrême et en confinement ou à l'aide d'une charge explosive d'amorçage puissante. Bien que l'on montre les réactions du nitrate d'ammonium qui sont caractéristiques des deux extrêmes de décomposition contrôlée et de détonation complète, la décomposition peut avoir lieu selon les deux équations dans des rapports différents. Le nitrate d'ammonium pour engrais a été mis en cause dans un nombre d'explosions. Ces incidents peuvent être attribués à un certain nombre de facteurs :

- température élevée (plus de 250 °C) ;
- pressions élevées ;
- choc (tel qu'une autre explosion) ;
- contamination par une matière organique ou contenant du carbone ;
- présence d'un contaminant catalyseur, tel que les chlorures, le chrome, le cobalt, le cuivre ;

En 1973 au Canada, aux fins d'expérience, on a mis à feu trois chargements de camions d'explosifs de sautage. À la fin de l'expérience, tous les produits ont complètement brûlé dans chaque cas. Une autre étude cite des incidents mettant en cause des incendies d'entrepôts, à bord de navires et dans des wagons couverts et au cours desquels 4 000 tonnes de nitrate d'ammonium ont brûlé en entier ou partiellement sans exploser.

Tous les cas décrits dans le tableau 1, impliquent un feu et une explosion. Cependant, les causes du feu étaient variables. Dans quelques cas, le feu a commencé parce que les pneus ont pris spontanément en feu. Certains feux ont commencé par un accident et la combustion de carburants tels que l'essence ou le diesel. Dans d'autres cas, l'incendie était d'origine criminelle. Dans deux cas, le feu qui a abouti à l'explosion a commencé en raison de matières brûlantes d'une autre explosion. Dans le cas de l'explosion de l'entrepôt, les soudeurs ont accidentellement mis le feu et un camion a pris en feu parce qu'il était garé à côté de l'entrepôt.

Dans tous les cas d'explosion, peu importe la cause, l'explosion ne s'est pas produite immédiatement après l'accident. Le feu a commencé petit à petit pour s'intensifier au fur et à mesure que le feu consommait le camion et les matières explosives à bord. Lorsque disponible, l'information tirée des journaux ou des rapports, sur la durée du feu avant l'explosion variaient entre 10 minutes et 60 minutes.

On souligne que les intervenants à ce genre d'incident doivent être prêts en tout temps car la détonation en masse peut se produire à n'importe quel moment.

Annexe 1 :
Description et conditionnement des explosifs impliqués dans l'accident

AQUAMEX, 170 caisses/4 471 kg

L'Aquamex est une bouillie explosive constitué en grande partie de nitrate d'ammonium en solution et de TNT.

L'Aquamex mis en cause dans l'accident était contenu dans des emballages en forme de saucisses de 75 mm de diamètre x 400 mm. Ceux-ci étaient placés neuf par boîte. Chaque boîte était une boîte de carton dur 4G de 451 mm x 289 mm x 216 mm. (selon la désignation de Transports Canada). Une boîte pleine pesait environ 27 kg

Les boîtes étaient placées sur des palettes de bois. Il y avait 40 boîtes d'Aquamex par palette de bois de 0,9 m x 1,1 m (36" x 42"). Le produit était disposé en cinq couches de sept boîtes chacune en plus d'une sixième couche contenant cinq boîtes. Les 40 boîtes étaient collées ensemble. Les palettes n'étaient pas emballées sous pellicule rétrécissante. Une palette chargée mesurait 143 cm de haut.

Trois boîtes libres étaient empilées sur le dessus d'une palette pleine. Une palette complète avec trois boîtes libres mesurait 20 cm de plus.

AMEX II, 520 sacs/13 052 kg

L'AMEX II consiste en de très minuscules perles poreuses de nitrate d'ammonium mélangées à du fuel-oil. Les perles sont couvertes d'un enrobage anticoagulant. Le fuel-oil est mélangé d'avance avec un colorant orange. L'acronyme en usage pour désigner un mélange de nitrate d'ammonium mélangé à du fuel-oil est NA/H ou ANFO.

Le NA/H mis en cause dans l'accident était contenu dans des sacs en polyéthylène 5H de 699 mm x 406 mm x 76 mm. Un sac plein pesait 25 kg

Les employés de Coniston ont fabriqué 520 sacs de AMEX II pour l'envoi de Hemlo. Les sacs étaient chargés sur 13 palettes en bois de 1m x 1,1 m (40" x 42"). Sur chaque palette, les sacs de AMEX II étaient disposés en couches de 4 sacs, empilés sur une hauteur de 10 couches, totalisant 40 sacs. Les sacs étaient collés ensemble et les palettes entourées d'une pellicule rétrécissante. Une palette complètement chargée de sacs de AMEX II mesurait environ 115 cm de haut.

Annexe 1 : (Suite)
Description et conditionnement des explosifs

RXL 511, 28 caisses/669 kg

Le RXL est une émulsion explosive sensible au détonateur dont la texture crémeuse ressemble à du dentifrice.

Le produit RXL 511 mis en cause dans l'accident était emballé dans des cartouches de carton en spirales de 22 mm x 600 mm. Les cartouches de RXL 511 étaient empaquetées dans des boîtes de carton dur 4G (désignation de Transports Canada) de 674,7 mm x 301,6 mm x 184 ; chaque boîte contenait entre 82 et 86 cartouches. Une boîte pleine pesait environ 22 kg

Les 28 boîtes de RXL 511 étaient chargées sur une palette en bois de 0,9 m x 1 m (36'' x 42''), sept boîtes par couche et quatre couches de haut. Les boîtes étaient collées ensemble. Les palettes n'étaient pas emballées sous pellicule rétrécissante. Une palette chargée de 28 boîtes de RXL 511 mesure environ 86 cm de haut.

Annexe 2 :
Carte géographique du lieu de l'accident

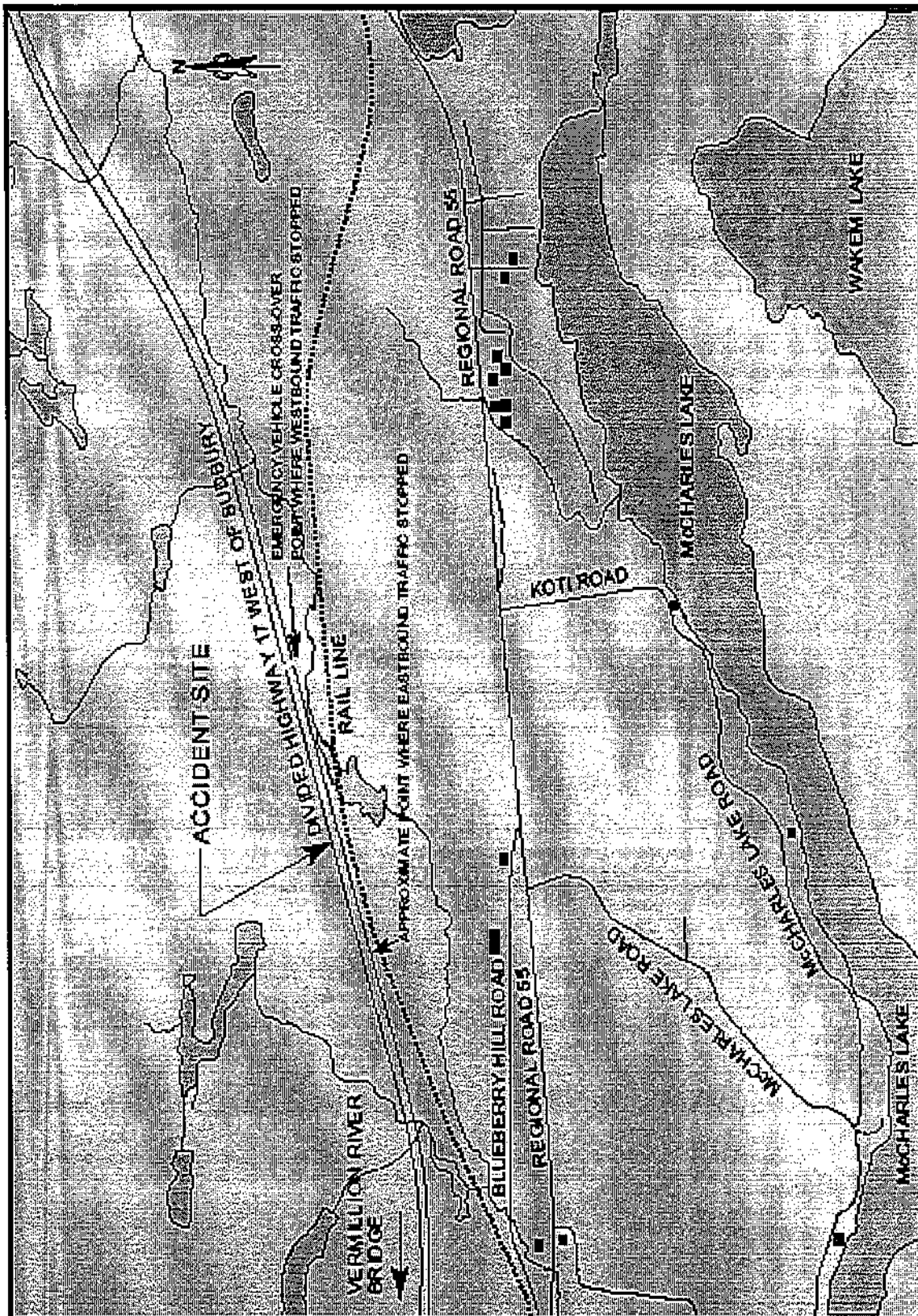


Tableau 1 :
Explosions accidentelles mettant en cause du nitrate d'ammonium (AN) et du
mélange nitrate d'ammonium et fuel-oil (ANFO) à la suite d'un feu dans un camion,
un entrepôt ou à bord d'un navire

Date	Lieu	Type d'explosifs	Pertes de vie	Sommaire
1947 16 avril	Texas City, Texas	2280 tonnes de FGAN 960 tonnes de FGAN	600	Le chargement des engrais à base de nitrate d'ammonium à bord du SS Grandcamp a pris en feu, brûlé et détoné. Une série de feux et d'explosions ont fait détoner le SS High Flyer.
1947 28 juillet	Brest, France	3000 tonnes de AN	21	Le chargement de AN dans le navire enflammé a explosé.
1959 7 août	Roseburg, Oregon	4090 kg de ANFO, 1818 kg de dynamite	13	Un camion garé à côté d'un entrepôt en feu. Le chargement d'explosifs a détoné 15 à 45 minutes plus tard.
1961 27 décembre	Norton, Virginie	55 tons de AN et de ANFO	-	Les opérations de soudure dans un entrepôt de ANFO ont commencé le feu. L'explosion a détruit l'usine.
1964 26 juin	Marshalls Creek, Pennsylvanie	11,818 kg de ANFO, 18,181 kg de dynamite, 99 amorces détonantes électriques	6	Deux pneus arrières dégonflés se sont spontanément enflammés et ont allumé la semi-remorque et son chargement. Le chargement d'explosifs a détoné.
1970	Murdochville, Québec	AN		Incendie dans le garage ou l'entrepôt. Le chargement de nitrate d'ammonium à bord du camion a explosé.
1971 4 juin	Waco, Géorgie	10,455 kg de ANFO et de dynamite	5	Collision entre une voiture et un camion. Rupture du réservoir d'essence de la voiture, éclaboussant de l'essence en feu sur le camion et la semi-remorque. Le chargement d'explosifs a détoné approx. 20 minutes plus tard.
1972 30 août	Taroom, Australie	18,181 kg de AN	3	Vraisemblablement, causé par un feu sur un camion à plate-forme. Le produit s'est liquéfié puis a explosé.
1977 1 septembre	Round Rock, Texas	2,818 kg de ANFO	-	Incendie à l'intérieur d'une remorque entreposant de l'ANFO.
1979 23 avril	Lancaster, New York	5,000 kg de ANFO, 5455 kg de dynamite, 1000 amorces détonantes	-	
1981 29 janvier	Shelbyville, Kentucky	3864 kg de ANFO, 68 kg de boue explosive, 2000 amorces de	-	L'éclatement d'un pneu a fait que le camion s'est renversé, causant la rupture du réservoir d'essence. Le camion a pris en feu suivi d'une détonation.

		sautage électriques		
1986 20 mai	La Crouzille, Correze, France	19,300 kg de dynamite et de gel explosif		Le camionneur s'est arrêté pour changer un pneu, dégonflé et chaud ; il a été interrompu par un orage. Un petit feu a commencé et le chargement a explosé.
1988 29 novembre	Kansas City, Missouri	7727 kg de ANFO+Al, 13,636 kg de ANFO+Al	6	Un incendie d'origine criminelle fait détoner les explosifs chargés à bord de la remorque no 1, approx. 30 minutes plus tard. Les matières en feu de la première remorque mettent le feu au chargement de la deuxième remorque ; une deuxième détonation approx. 40 minutes plus tard.
1989 22 mars	Peterborough, Cambridgeshir e, Royaume – Uni	800 k au total de gel explosif, d'amorces, de détonateurs et de fusibles	1	Des fusibles incorrectement emballées ont été allumés par l'impact ou friction lorsque la camionnette a sauté le parapet. Le feu s'est déclenché. Le chargement a explosé 10 minutes plus tard. Un pompier a été tué par un projectile.
1991 15 février	Thung Maproa, Phnangnga, Thaïlande	Dynamite et détonateurs	123	Le camion s'est renversé sur une route à un virage serré. Une grosse foule s'est amassée près du camion renversé. Le feu possiblement allumé à cause d'une cigarette. L'explosion s'est produite environ 60 minutes plus tard.
1995 15 février	Plei Ku, Vietnam	Dynamite, fusées et détonateurs	?	Le feu s'est allumé à cause des ouvriers qui fumaient à l'arrière du camion. Le conducteur s'est débarrassé du chargement en feu dans la rue. L'explosion a causé beaucoup de dommages.
1997 juillet	Brésil	21,818 kg de FGAN	18	Vraisemblablement le coussinet de roue en feu a allumé le chargement de nitrate d'ammonium
1998 5 août	Walden, Ontario	669 kg d'émulsion, 4 471 kg de boue explosive et 13, 052 kg de ANFO	-	Le camion et la semi-remorque ont quitté la chaussée. Le feu a commencé par le camion puis s'est propagé à la remorque causant la détonation du chargement, environ 40 minutes plus tard.
1998 Décembre	Australie de l'Ouest, 300 km de Perth	Détonateurs, émulsion à base de AN et des amorces	-	Un pneu en feu a causé l'explosion des explosifs de sautage. Les détonateurs ont explosé par solidarité. L'explosion s'est produite environ 45 minutes après la découverte d'un pneu en feu.

Références :

1. Rapport d'enquête sur une explosion qui s'est produite au cours du transport d'explosifs de sautage à Walden, Ontario le 5 août 1998. Enquête dirigée par Ressources naturelles Canada et Transports Canada avec l'assistance du ministère des Transports de l'Ontario et la collaboration de la police provinciale de l'Ontario. Rapport TP 13383 F, mars 1999
2. E.I. du Pont de Nemours & Co. (Inc.), Le Manuel des explosifs, Édition du 175^e anniversaire, Copyright 1980
3. Canadian Industries Limited, Manuel des explosifs, Utilisation pratique des explosifs dans diverses applications, 2^e Édition française, Tous droits réservés, 1965
4. Atlas Powder Company, Explosives and Rock Blasting, Copyright 1987
5. Smith, M. 1999. Sommaire de l'explosion a Walden, bulletin de nouvelles, Vol.19, N° 1, Transport Canada, Sécurité et sûreté, Marchandises dangereuses, pages 4-6, printemps/été 1999
6. TMD-Codification du Règlement sur le transport des marchandises dangereuses. ISBN #1-895832-15-2, Annexe II, Liste I (Explosifs) et Liste II (autres).
7. National Fire Protection Association, NFPA Standard 495, Code for Explosive Materials,