



**RAPPORT N° 246**

**ANALYSE DES DONNEES ACCIDENTELLES POUR LE  
TRANSPORT DE MATIERES DANGEREUSES PAR  
ROUTES**

---

*D. RAFFESTIN*

**Juillet 1996**

**Contrat IPSN n° C 4050 5B 027740/LB**

SIEGE SOCIAL ET ADMINISTRATIF :

ROUTE DU PANORAMA BP 48 F-92263 FONTENAY AUX ROSES CEDEX  
TEL : +33 1 58 35 74 67 FAX : +33 1 40 84 90 34  
E-MAIL : sec@cepn.asso.fr WEB : <http://www.cepn.asso.fr/>



## RESUME

Dans l'optique d'apprécier les risques inhérents au transport par voies routières de matières radioactives, il est nécessaire d'analyser statistiquement les bases de données d'accidents disponibles afin d'identifier les événements accidentels caractéristiques. Le nombre d'accidents de matières radioactives étant faible, il ne permet pas d'analyse statistique fiable. En conséquence, le critère d'analyse a été étendu à l'ensemble des accidents de matières dangereuses. En France, ces accidents sont recensés par le Ministère des Transports. L'analyse statistique de l'environnement accidentel porte donc sur les fichiers de la MTMD (Mission de Transport des Matières Dangereuses) sur la période 1987 à 1992.

Sur cette période, 1123 accidents impliquant un véhicule transportant des matières dangereuses (VTMD) ont été observés, pour un total de 1852 véhicules accidentés de tous types dont 1133 VTMD. L'analyse de l'évolution du nombre d'accidents sur la période 1987-1992 révèle une légère décroissance avec une moyenne de 200 accidents par an.

Ces accidents interviennent principalement hors agglomération (83% des cas) et se produisent dans 59% des cas sur routes nationales, voies express ou autoroutes. La présence d'ouvrages d'art ne semble pas être un élément influant de l'accident. La principale cause d'accident demeure l'erreur humaine du conducteur de VTMD (54%, dont 25% correspondent à une vitesse excessive). De plus, 38% des conducteurs ayant suivi une formation TMD et étant impliqués dans un accident sont en infraction par rapport au code de la route et/ou 32% présentent une vitesse excessive ou non maîtrisée. Il convient de noter que sur cette période, la matière dangereuse n'a jamais été à l'origine d'un accident. En terme de conséquences corporelles, 115 décès sont observés sur un total de 2217 usagers impliqués dans les accidents. Un traitement complémentaire fait apparaître que le nombre de morts par accident décroît fortement avec l'augmentation de la taille de l'agglomération.

## II

Plus des 3/4 des matières dangereuses impliquées sont constituées de produits pétroliers. Cette fraction est à mettre en regard d'une enquête effectuée sur l'autoroute A1 qui indique que 87% des matières dangereuses sont transportées en citernes. Il convient de noter que 10 accidents de matières radioactives ont été relevés durant ces 6 années, mais aucun n'a donné lieu à des rejets de matières, alors que celui-ci est observé dans près de 40 % des accidents tout type de matières confondues.

L'analyse spécifique des paramètres et des scénarios accidentels associés aux véhicules transportant des matières dangereuses (1133 véhicules) (cf. Arbre d'événement fig.9, p21) révèle qu'un impact (vitesse non nulle) intervient pour 52% des véhicules, l'incendie dans 4% des cas et le renversement dans 45% des cas. En terme d'événements combinés, il apparaît que l'explosion (0,6%) est toujours associé au feu et que le renversement se produit pour la moitié des chocs. Les vitesses d'impact relevées sur le disque au moment de l'accident présentent une allure gaussienne autour de 70 km/h, le choc étant frontal dans 41% des cas. L'analyse des données d'intervention en cas d'incendie indique que 85% des feux sont éteints en moins de 30 minutes.

En raison de la prépondérance du conditionnement en citerne dans le trafic de matières dangereuses et du grand nombre d'accidents qui lui est associé, il apparaît intéressant d'analyser spécifiquement cet échantillon. Les véhicules citernes représentent 73% des véhicules VTMD impliqués (829 sur un total de 1133 VTMD). La perforation des cuves est observée pour 15% des véhicules et constitue le principal dégât observé à la citerne, un défaut d'étanchéité à une fermeture intervenant dans 7% des cas. La répartition des scénarios accidentels pour les véhicules citernes est sensiblement identique à celle de l'ensemble des véhicules, il convient néanmoins de remarquer une proportion légèrement supérieure de renversement (49%). Sur l'ensemble des produits transportés en citerne (882 pour 829 véhicules en raison des transports combinés), 288 se sont répandus, soit 40% en éliminant les citernes vides. Des disparités sont observées suivant la classe de produit transporté en citerne, en effet, les liquides inflammables présentent un taux de relâchement de 46 % tandis que les gaz comprimés, liquéfiés ou dissous s'épandent dans seulement 18% des cas.

### III

L'ensemble de ces analyses a permis d'identifier les paramètres importants de l'accident et de déterminer les probabilités conditionnelles d'occurrence des principaux scénarios d'accident. Afin de compléter la description de l'événement accidentel, une étude statistique complémentaire a été menée sur des réseaux autoroutiers dans l'optique d'évaluer les probabilités d'accident. Les données retenues concernent la totalité des accidents de poids-lourds survenus sur les différents réseaux considérés, le faible nombre d'accidents impliquant des poids-lourds transportant des matières dangereuses ne permettant pas une étude statistique fiable.

Une première analyse a été menée sur les autoroutes A1, A2, A26 et A4 du réseau SANEF (Société des autoroutes du nord-est de la France) pour la période 1986-1990. Sur les cinq années considérées, 2794 accidents ont été recensés (17 accidents de matières dangereuses), plus de la moitié intervenant sur l'autoroute A1 (Paris-Lille). La connaissance des trafics annuels permet de déterminer les probabilités d'accident par véhicule.kilomètre sur l'ensemble des autoroutes et des périodes considérées. Celles-ci sont assez homogènes, et évoluent entre  $2,4 \cdot 10^{-7}$  acc./véh.km et  $6,0 \cdot 10^{-7}$  acc./véh.km. La probabilité moyenne a été évaluée à  $4,7 \cdot 10^{-7}$  acc./véh.km avec un écart type de  $10^{-7}$ . Il est intéressant, à ce titre, de remarquer qu'un accroissement de 40% du risque d'accident est observé au niveau des extrémités de tronçons (1 km de part et d'autres des entrée-sortie). De plus, la probabilité d'accident apparaît très peu corrélée au trafic (véhicule.jour), une des explications possible pourrait être que les risques entraînés par une augmentation du flux seraient compensés par la vitesse plus faible des véhicules associée à une vigilance accrue du conducteur.

Une analyse complémentaire a été menée sur les autoroutes du Sud de la France (ASF) sur la période 1989-1993. La probabilité moyenne sur ce réseau s'élève à  $3,12 \cdot 10^{-7}$  acc./véh.km. Ce résultat est tout à fait comparable à celui des autoroutes de la SANEF, la valeur légèrement plus faible obtenue s'expliquant vraisemblablement par de meilleures conditions météorologiques.

En conclusion, il apparaît raisonnable de considérer une probabilité moyenne d'accident de poids-lourd sur autoroute de  $4 \cdot 10^{-7}$  acc./véh.km. Une valeur comparable peut être retenue pour les véhicules transportant des matières dangereuses sur l'ensemble du réseau national. Il convient de noter que cette estimation est assez proche des probabilités observées aux Etats-Unis ( $15 \cdot 10^{-7}$  acc./véh.km), en Grande- Bretagne ( $6,7 \cdot 10^{-7}$  acc./véh.km) et aux Pays-Bas ( $4,4 \cdot 10^{-7}$  acc./véh.km).



## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>LA BASE DE DONNEES</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>TRAITEMENT STATISTIQUE DE LA BASE DE DONNEES</b>	<b>7</b>
<b>3.1.</b>	<b>Evolution annuelle</b>	<b>7</b>
<b>3.2.</b>	<b>L'environnement accidentel</b>	<b>8</b>
<b>3.3.</b>	<b>Les conséquences corporelles</b>	<b>19</b>
<b>3.4.</b>	<b>Les matières dangereuses transportées</b>	<b>21</b>
<b>3.5.</b>	<b>Analyse spécifique des véhicules impliqués transportant des matières dangereuses</b>	<b>27</b>
<b>3.6.</b>	<b>Accident de matières radioactives</b>	<b>29</b>
<b>3.7.</b>	<b>Analyse des vitesses d'impact</b>	<b>30</b>
<b>3.8.</b>	<b>Analyse des interventions contre les incendies</b>	<b>35</b>
3.8.1.	Analyse de la base de données MTMD	35
3.8.2.	Analyse des interventions de la brigade des sapeurs-pompiers	37
<b>3.9.</b>	<b>Les accidents de véhicules-citernes</b>	<b>37</b>
<b>4.</b>	<b>ANALYSE STATISTIQUE DES ACCIDENTS DE POIDS LOURDS SUR LES RESEAUX AUTOROUTIERS</b>	<b>41</b>
<b>4.1.</b>	<b>Le réseau d'autoroute du Nord-Est de la France (SANEF)</b>	<b>41</b>
4.1.1.	Analyse de la base de données utilisée	41
4.1.2.	Analyse de l'environnement accidentel	43
4.1.3.	Analyse des probabilités d'accident	45
<b>4.2.</b>	<b>Probabilités d'accident sur le réseau d'autoroutes du Sud de la France (ASF)</b>	<b>46</b>
<b>4.3.</b>	<b>Conclusion de l'analyse des accidents autoroutiers</b>	<b>47</b>



## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b>	<b>Répartition des accidents par urbanisation</b>	<b>10</b>
<b>Tableau 2.</b>	<b>Répartition des accidents par catégorie de voie en fonction du profil</b>	<b>11</b>
<b>Tableau 3.</b>	<b>Répartition des accidents par catégorie de voie en fonction de l'ouvrage d'art</b>	<b>13</b>
<b>Tableau 4.</b>	<b>Les causes présumées principales de l'accident</b>	<b>15</b>
<b>Tableau 5.</b>	<b>Les types d'infractions relevés par véhicule</b>	<b>18</b>
<b>Tableau 6.</b>	<b>Répartition des dégâts corporels</b>	<b>19</b>
<b>Tableau 7.</b>	<b>Répartition des tués par accident suivant la taille de l'agglomération</b>	<b>20</b>
<b>Tableau 8.</b>	<b>Répartition des blessés par accident suivant la taille de l'agglomération</b>	<b>21</b>
<b>Tableau 9.</b>	<b>Conditionnement de la matière accidentée</b>	<b>22</b>
<b>Tableau 10.</b>	<b>Répartition des chargements solides accidentés en fonction de la masse transportée</b>	<b>23</b>
<b>Tableau 11.</b>	<b>Répartition des chargements liquides accidentés en fonction du volume transportée</b>	<b>23</b>
<b>Tableau 12.</b>	<b>Fraction relâchée suivant la classe de matière impliquée</b>	<b>25</b>
<b>Tableau 13.</b>	<b>Liste des numéros ONU des principaux produits accidentés</b>	<b>26</b>
<b>Tableau 14.</b>	<b>Scénarios d'accidents des véhicules transportant des matières dangereuses</b>	<b>27</b>
<b>Tableau 15.</b>	<b>Description des accidents impliquant des matières radioactives du fichier MTMD</b>	<b>29</b>
<b>Tableau 16.</b>	<b>Partie heurtée en fonction de la vitesse d'impact (km/h)</b>	<b>31</b>
<b>Tableau 17.</b>	<b>Obstacle mobile heurté en fonction de la vitesse d'impact (km/h)</b>	<b>33</b>
<b>Tableau 18.</b>	<b>Répartition des vitesses d'impact suivant la catégorie d'obstacle fixe (km/h)</b>	<b>34</b>
<b>Tableau 19.</b>	<b>Dégâts à la citerne ou au conteneur-citerne</b>	<b>37</b>
<b>Tableau 20.</b>	<b>Types d'accidents survenus aux véhicules citernes</b>	<b>38</b>
<b>Tableau 21.</b>	<b>Taux d'ouverture des citernes impliquées dans un accident de VTMD</b>	<b>39</b>
<b>Tableau 22.</b>	<b>Accidents et trafics sur le réseau SANEF (1986-1990)</b>	<b>42</b>
<b>Tableau 23.</b>	<b>Probabilités d'accident (acc./véh.km) sur le réseau SANEF (période 1986-1990)</b>	<b>45</b>



## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b>	<b>Evolution du nombre d'accidents sur la période 1980-1992</b>	<b>7</b>
<b>Figure 2.</b>	<b>Répartition des PL impliqués par accident</b>	<b>8</b>
<b>Figure 3.</b>	<b>Répartition des accidents par taille d'agglomération sur la période 1987-1992</b>	<b>10</b>
<b>Figure 4.</b>	<b>Répartition des accidents par catégories de voies</b>	<b>12</b>
<b>Figure 5.</b>	<b>Répartition des accidents selon les ouvrages d'art</b>	<b>13</b>
<b>Figure 6.</b>	<b>Silhouette des véhicules impliqués</b>	<b>14</b>
<b>Figure 7.</b>	<b>Répartition du conditionnement par année des VTMD impliqués dans un accident</b>	<b>22</b>
<b>Figure 8.</b>	<b>Classe RTMD des matières impliquées</b>	<b>24</b>
<b>Figure 9.</b>	<b>Arbre d'événement des accidents de PLMD</b>	<b>28</b>
<b>Figure 10.</b>	<b>Répartition des vitesses d'impact</b>	<b>30</b>
<b>Figure 11.</b>	<b>Répartition des parties heurtées</b>	<b>31</b>
<b>Figure 12.</b>	<b>Répartition des durées d'intervention des pompiers sachant incendie</b>	<b>36</b>
<b>Figure 13.</b>	<b>Répartition des délais d'arrivée</b>	<b>37</b>
<b>Figure 14.</b>	<b>Nombre d'accidents annuels sur les autoroutes A1, A2, A26 et A4</b>	<b>42</b>
<b>Figure 15.</b>	<b>Influence du trafic sur la probabilité annuelle d'accident par km</b>	<b>44</b>
<b>Figure 16.</b>	<b>Probabilité d'accident sur les autoroutes A1, A2, A26 et A4.</b>	<b>46</b>



## **1. INTRODUCTION**

Dans le cadre des évaluations de risques associés au transport de matières radioactives, l'analyse statistique représente une étape primordiale. Le traitement de bases de données d'accidents permet d'analyser les conditions accidentelles (feu, impact,...), afin de déterminer les contraintes potentielles subies par le chargement. A partir des données relatives au trafic sur certains itinéraires et du nombre d'accidents observés, la probabilité d'accident peut alors être déterminée. Ces différents éléments associés à la connaissance plus précise de l'environnement accidentel constituent certains des critères d'appréciation du risque associé au transport.

Néanmoins, le faible nombre d'accidents impliquant des matières radioactives ne permettant pas une analyse statistiquement fiable, il importe d'étendre le critère de sélection à l'ensemble des transports de matières dangereuses. Ces dossiers d'accidents sont centralisés par la Mission du Transport des Matières Dangereuses (MTMD) du Ministère des Transports qui collecte ainsi l'ensemble des accidents ayant impliqué un véhicule transportant des matières dangereuses.

Ce rapport présente les traitements statistiques issus de l'analyse des 1123 accidents survenus durant la période 1987 à 1992, une analyse complémentaire sur les probabilités d'accident ayant été menée sur les fichiers de différentes sociétés d'autoroutes.



## 2. LA BASE DE DONNEES

En France, la Mission du Transport des Matières Dangereuses centralise tous les accidents de transport routier de matières dangereuses. Les données sont issues de procès verbaux établis par la Gendarmerie Nationale, la Police Nationale, les CRS ou la Police des Frontières.

La base analysée dans ce rapport concerne les accidents survenus de 1987 à 1992 impliquant un véhicule transportant des matières dangereuses. Les accidents pris en compte sont ceux justifiant l'intervention des forces de l'ordre.

Sur cette période, 1123 accidents ont été recensés et l'ensemble des données collectées a été regroupé sous 6 fichiers distincts. Ils concernent les caractéristiques générales, les infrastructures, les véhicules, les produits transportés, les usagers impliqués et une description de l'intervention. Les principaux champs de ces fichiers sont présentés ci-après :

### Caractéristiques générales :

Un enregistrement par accident, contient des informations sur l'environnement accidentel.

- Type d'accident (Matériel ou Corporel)
- Luminosité, conditions atmosphériques
- Type de collision (frontale,...)
- Taille de l'agglomération
- Cause de l'accident
- Nombre de véhicules impliqués
- Nombre de tués, blessés
- Présence d'incendie
- Epanchage

Infrastructures :

1210 enregistrements décrivant l'infrastructure routière de l'accident, un enregistrement par voie.

- Catégorie de la route
- Largeur
- Régime de circulation
- Dénivellation
- Courbure
- Etat de la Surface
- Ouvrage d'art

Véhicules :

1852 enregistrements, un par véhicule.

- Catégorie de véhicule
- Matière dangereuse
- Renseignements sur le véhicule
- Vitesse au moment de l'accident
- Partie heurtée
- Type d'obstacle
- Présence d'incendie ou d'explosion
- Renversement

Produits transportés :

1219 enregistrements, un par produit.

- Classe du produit (RTMD, ADR, ONU)
- Code de danger
- Conditionnement
- Quantité transportée
- Quantité épandue

Usagers :

2217 enregistrements, un par personne.

- Catégorie (passager, conducteur,...)
- Gravité (tué, blessé,...)

- Type de dégâts corporels
- Infraction

Interventions :

2930 enregistrements, un par service intervenu.

- Qualité de l'intervenant
- Délai d'intervention
- Durée d'intervention
- Moyens utilisés

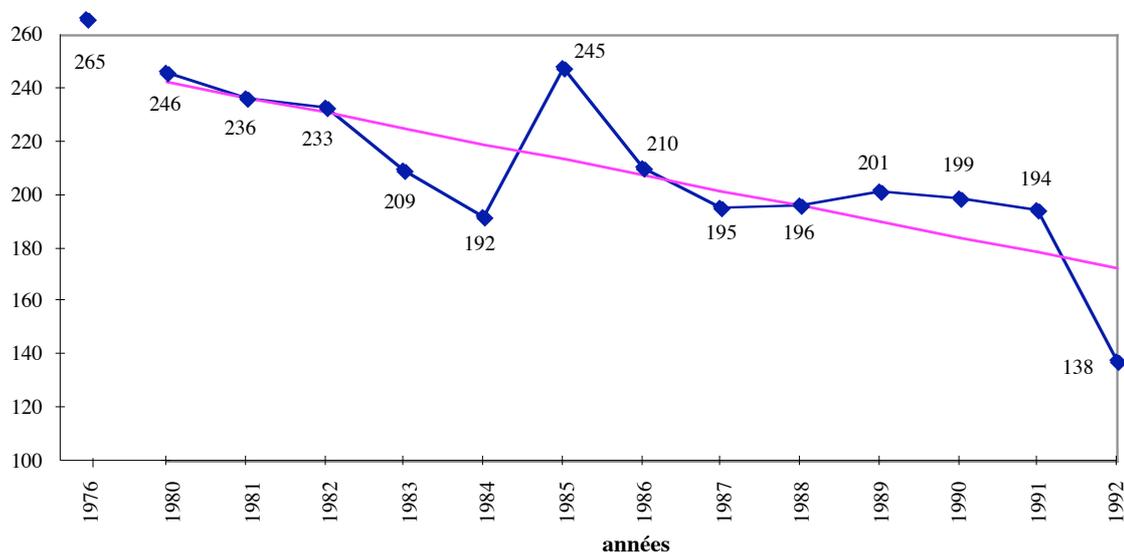


### 3. TRAITEMENT STATISTIQUE DE LA BASE DE DONNEES

Les analyses présentées ci-après synthétisent l'état ou l'évolution de différents paramètres représentatifs d'un accident. Elles illustrent l'état de l'environnement accidentel (densités, ouvrages d'art,...), les causes et conséquences de l'accident, la répartition d'indicateurs représentatifs de contraintes préjudiciables pour le chargement (vitesses d'impact, feu) et l'influence du conditionnement ou de la matière transportée. Néanmoins, aucune donnée de trafic n'étant disponible, ces résultats ne constituent que des probabilités conditionnelles d'événement sachant accident.

#### 3.1. Evolution annuelle

Sur les douze dernières années, le nombre annuel d'accidents de PLMD semble en régression. L'interpolation linéaire des données révèle un coefficient directeur de l'ordre de -5,8 accidents par an (Figure 1).

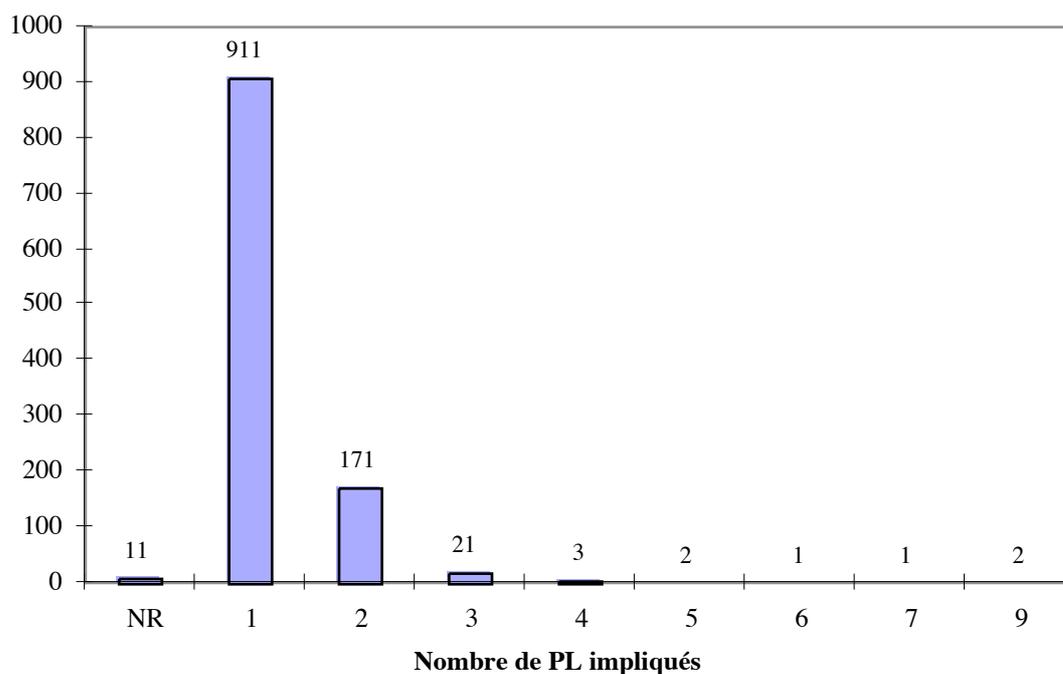


**Figure 1. Evolution du nombre d'accidents sur la période 1980-1992**

Une certaine constance du nombre d'accidents annuels est observée entre 1987 et 1991, environ 197 accidents par an, seule l'année 1992 présente un nombre plus faible

d'accidents, les accidents sur cette période n'ayant vraisemblablement pas été complètement renseignés à la date d'obtention du fichier.

Au-delà du nombre d'accidents, plusieurs véhicules pouvant participer à un accident, il est intéressant d'analyser la répartition du nombre de poids lourds (PL) impliqués par accidents (Figure 2) sur la période de référence 1987-1992.



**Figure 2. Répartition des PL impliqués par accident**

L'examen de cette figure révèle que les accidents impliquant des matières dangereuses concernent en moyenne 1,2 poids lourds (1,7 véhicules de tous types étant impliqués par accident), les répartitions annuelles apparaissant stables. En fait, 81 % des accidents n'impliquent qu'un seul poids lourd, 15 % en impliquent 2 et très peu d'accidents davantage.

### **3.2. L'environnement accidentel**

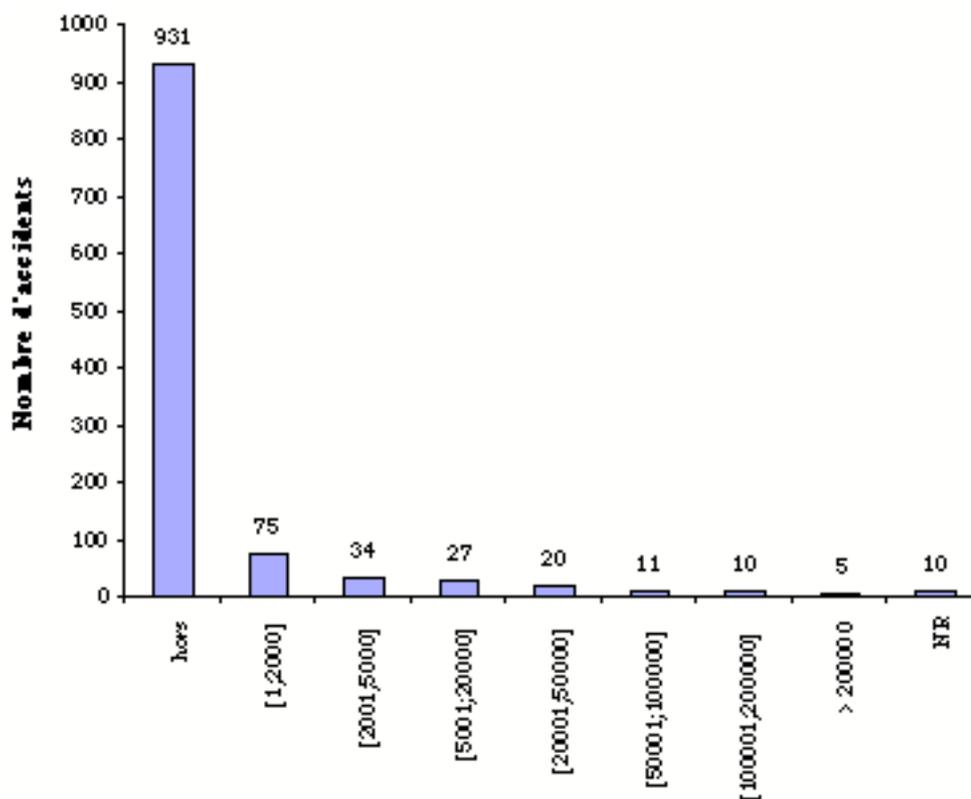
Pour la mise en place de plans d'urgence en cas d'accident ou pour l'évaluation des expositions collectives en cas d'accident de PL transportant des matières radioactives, il est intéressant de pouvoir identifier les "environnements" les plus fréquemment rencontrés. Dans ce cadre, l'appréciation des densités de populations aux abords des accidents constitue un élément important. Le Tableau 1 décrit la répartition des

accidents dans les différentes catégories d'urbanisation sur la période 87-92. La Figure 3 illustre ces valeurs sur l'ensemble de la période.

**Tableau 1. Répartition des accidents par urbanisation**

Nombre d'habitants	Nombre d'accidents suivant la taille de l'agglomération						Total	%
	1987	1988	1989	1990	1991	1992		
hors agglo.	153	160	166	171	164	117	931	82,9%
[1;2000]	15	16	14	7	13	10	75	6,7%
]2000;5000]	11	7	3	4	3	6	34	3,0%
]5000;20000]	3	5	9	5	3	2	27	2,4%
]20000;50000]	3	4	5	5	3	0	20	1,8%
]50000;100000]	4	1	1	4	0	1	11	1,0%
]100000;200000]	5	3	2	0	0	0	10	0,9%
>200000	1	0	1	0	3	0	5	0,5%
NR *	0	0	0	3	5	2	10	0,9%
<b>Total</b>	195	196	201	199	194	138	1123	100,0%
%	17,4%	17,5%	17,9%	17,7%	17,3%	12,3%	100,0%	

\* NR : Non renseigné

**Figure 3. Répartition des accidents par taille d'agglomération sur la période 1987-1992**

Il apparaît très clairement que les accidents interviennent principalement hors agglomération, plus de 90 % des accidents ayant lieu dans des agglomérations de moins de 5000 habitants (plus de 80 % hors agglomération). Sur la période 1990-1992, seuls 14,9% des accidents interviennent en agglomération contre 19 % entre 1987 et 1989, une explication envisageable pourrait être la politique de contournement des villes par les VTMD.

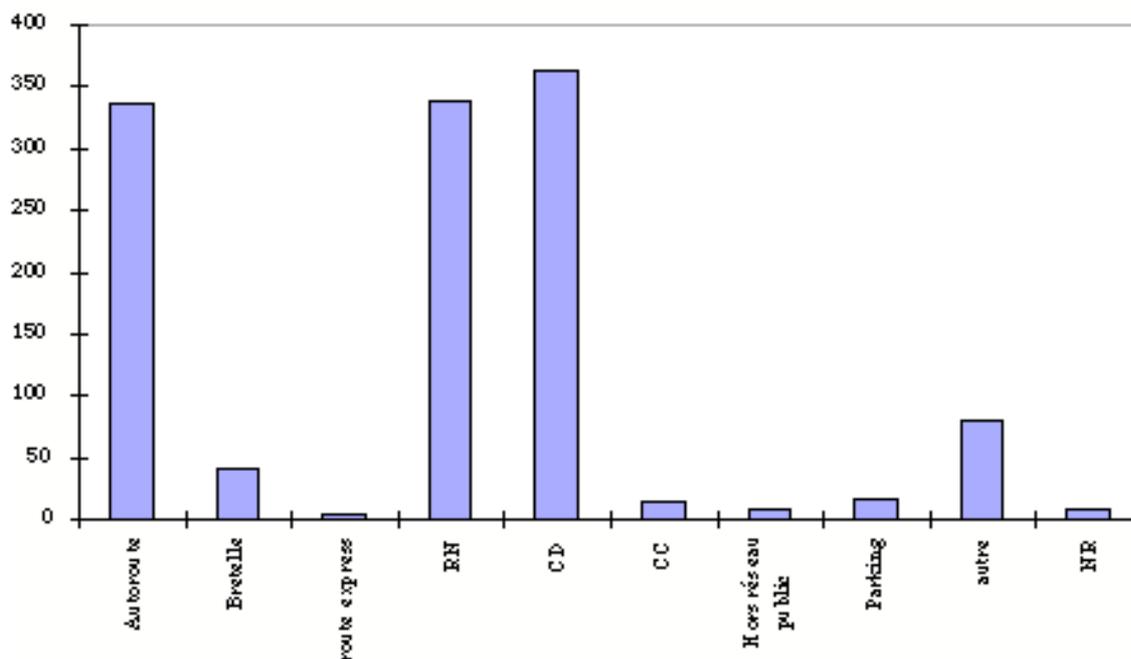
Dans ce cadre, il convient d'analyser l'influence de la catégorie de voie sur le nombre d'accidents (Tableau 2). Cette analyse est tirée du fichier infrastructure contenant 1210 enregistrements (un par voie).

**Tableau 2. Répartition des accidents par catégorie de voie en fonction du profil**

Profil	Catégorie de voie										Total
	Autoroutes	Bretelle d'autoroutes	Route express	RN 1	CD 2	CC 3	Hors réseau public	Parking	Autre	N. R.	
plat	216	14	2	173	213	10	4	7	48	1	688
montée	40	7	1	34	31	1	0	0	4	1	119
descente	25	7	0	57	27	1	1	0	3	0	121
sommet de côte	3	0	0	5	7	0	0	0	0	0	15
bas de descente	1	2	0	21	18	1	0	0	0	0	43
N. R.	51	11	1	48	67	1	4	9	25	7	224
<b>Total</b>	<b>336</b>	<b>41</b>	<b>4</b>	<b>338</b>	<b>363</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>80</b>	<b>9</b>	<b>1210</b>

1 : Route Nationale      2 : Chemin Départemental      3 : Chemin communal

Les véhicules transportant des matières dangereuses empruntant principalement des routes nationales ou des autoroutes, plus de la moitié des accidents est observée sur ces types de voies (Figure 4). Le réseau autoroutier représente environ 40% du trafic total tous véhicules confondus [1], et 30 % des accidents de matières dangereuses. Bien qu'il soit difficile de connaître la répartition du trafic des PLMD, la fréquence d'accident sur autoroute apparaît plus faible que sur route nationale (cf. chap. 4). En éliminant les accidents non renseignés, plus de 70 % des accidents interviennent sur routes plates, une analyse plus détaillée nécessiterait de connaître la répartition de profil du réseau français.



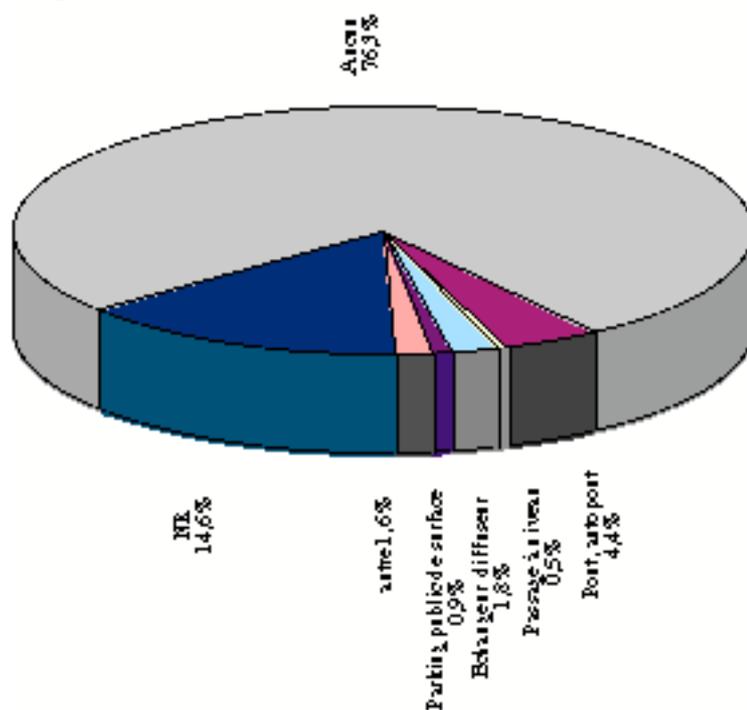
**Figure 4. Répartition des accidents par catégories de voies**

La présence d'ouvrage d'art est un élément important dans la description de l'environnement accidentel. Il induit en effet un risque supplémentaire tant au point de vue de l'initiation de l'accident que des conséquences et peut gêner la récupération éventuelle de la matière transportée. Le Tableau 3 présente la répartition des accidents impliquant des matières dangereuses, suivant la catégorie de voie et la présence d'ouvrage d'art.

**Tableau 3. Répartition des accidents par catégorie de voie en fonction de l'ouvrage d'art**

Ouvrage d'art	Autoroutes	Bretelle d'autoroutes	Route express	RN	CD	CC	Hors réseau public	Parking	Autre	N. R.	Total
Aucun	271	29	3	255	272	12	7	11	61	2	<b>923</b>
Pont, autopont	13	1	0	19	15	0	0	0	5	0	<b>53</b>
Passage à niveau	0	0	0	2	3	0	0	0	1	0	<b>6</b>
Echangeur - Diffuseur	7	5	0	7	2	0	0	0	1	0	<b>22</b>
Parking public de surface	4	1	0	2	2	0	0	2	0	0	<b>11</b>
Autre	6	0	1	4	6	0	0	0	2	0	<b>19</b>
NR	35	5	0	49	63	2	2	3	10	7	<b>176</b>
<b>Total</b>	<b>336</b>	<b>41</b>	<b>4</b>	<b>338</b>	<b>363</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>80</b>	<b>9</b>	<b>1210</b>

La présence d'ouvrages d'art ne semble pas être un élément déterminant de l'accident, ils interviennent néanmoins dans 11% des accidents (23 % en tenant compte des données non renseignées). Les ponts sont associés à 4,4% des accidents, soit 47 % des ouvrages d'art impliqués (Figure 5).



**Figure 5. Répartition des accidents selon les ouvrages d'art**

Les résultats statistiques comparés sur les périodes 1987-1989 et 1987-1992 apparaissent homogènes. L'absence de passages spéciaux sur les lieux de l'accident demeure constant avec environ 89% des cas. Le pourcentage d'accidents intervenant sur autoroute est en légère hausse (27% à 28%), en raison notamment de l'accroissement du trafic relatif sur ces voies [1].

La Figure 6 illustre la distribution des silhouettes des 1852 véhicules accidentés sur la période 1987-1992.

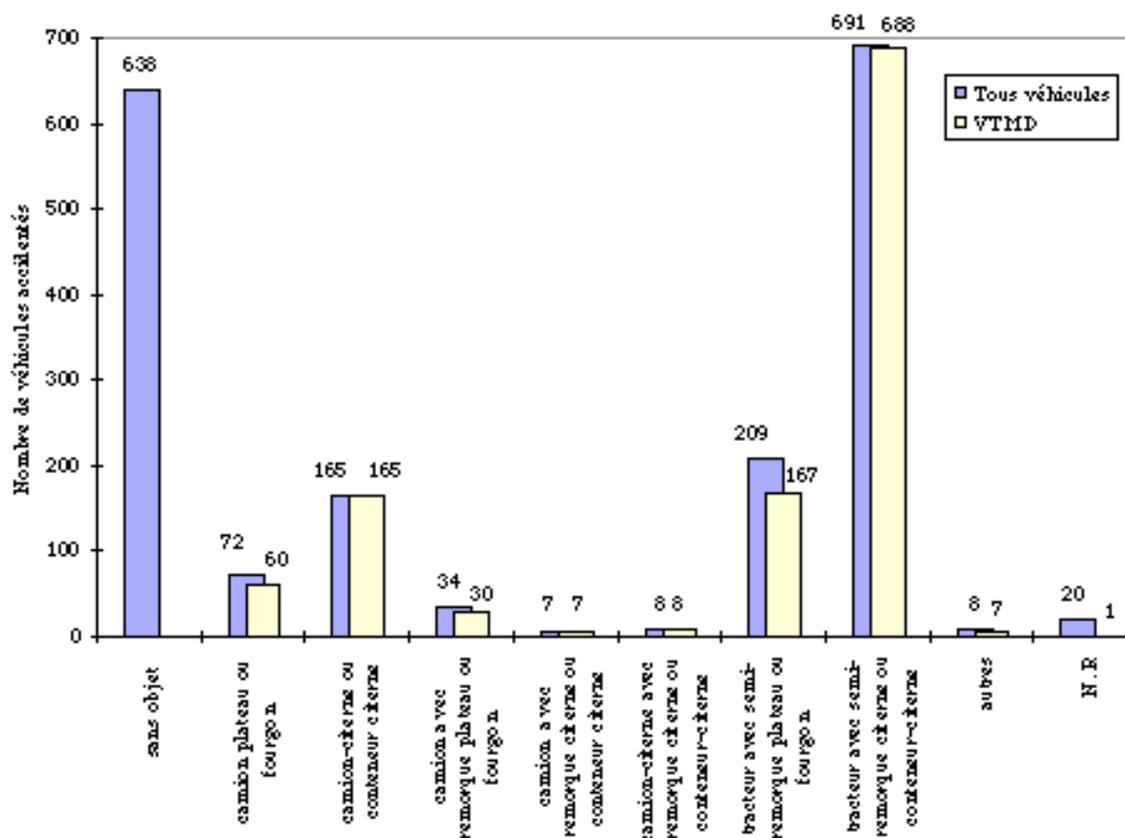


Figure 6. Silhouette des véhicules impliqués

Les tracteurs semi-remorque citerne ou conteneur-citerne représentent la plus grande partie des véhicules accidentés (~ 48%) et plus des trois quarts des 1133 VTMD (véhicule transportant des matières dangereuses), il est malheureusement difficile d'apprécier la part précise de ces véhicules dans le transport global de matières dangereuses.

Afin de mieux appréhender l'environnement accidentel, il convient de s'intéresser à la cause principale de l'accident. Le Tableau 4 liste l'ensemble des causes présumées et leurs occurrences.

**Tableau 4. Les causes présumées principales de l'accident**

Cause présumée	Nbr	%
100 - Cause imputable à la matière dangereuse	0	0,00%
<b>Cause imputable au véhicule transportant la matière dangereuse</b>	<b>698</b>	<b>62,16%</b>
<i>Causes humaines :</i>	<b>601</b>	<b>53,52%</b>
201 - Cause humaine mal définie	26	2,32%
202 - Excès de vitesse caractérisé dans virage	60	5,34%
203 - Excès de vitesse caractérisé hors virage	76	6,77%
204 - Vitesse excessive compte tenu des circonstances dans virage	85	7,57%
205 - Vitesse excessive compte tenu des circonstances hors virage	55	4,90%
206 - Alcoolémie supérieure à 0,80 g/l	24	2,14%
207 - Défaillance du chauffeur	62	5,52%
208 - Absence ou insuffisance d'arrimage	26	2,32%
209 - Ecart sur accotement	65	5,79%
210 - Manoeuvre maladroite ou dangereuse	52	4,63%
211 - Perte de contrôle du véhicule sans excès de vitesse	56	4,99%
212 - Refus de priorité ou non respect de l'arrêt à un stop ou un feu rouge	12	1,07%
213 - Vanne restée ouverte	0	0,00%
214 - Imprudence ou négligence du chauffeur à l'arrêt	2	0,18%
215 - Stationnement sur accotement non stabilisé ou autre endroit dangereux signalé ou réglementairement interdit	0	0,00%
<i>Causes matérielles :</i>	<b>97</b>	<b>8,64%</b>
301 - Rupture d'attelage	7	0,62%
302 - Eclatement de pneumatique	14	1,25%
303 - Défaut d'entretien du véhicule	4	0,36%
304 - Rupture de direction	0	0,00%
305 - Blocage de direction	2	0,18%
306 - Rupture d'amortisseur	0	0,0%
307 - Rupture (de boulons) d'essieu ou de train de pneumatiques avant ou arrière	10	0,89%
308 - Défaillance ou non fonctionnement des freins	25	2,23%
309 - Détachement de roue	1	0,09%
310 - Court circuit	3	0,27%

Tableau 4. Les causes presumées de l'accident (suite)

Cause présumée	Nbr	%
<i>Causes matérielles (suite) :</i>		
311 - Divers	11	0,98%
312 - Cause indéterminée	8	0,71%
313 - Rupture de récipient ou d'emballage	10	0,89%
314 - Echauffement anormal des freins ayant provoqué incendie et/ou éclatement des pneus	2	0,18%
<b>Cause non imputable au véhicule transportant la matière dangereuse (Tiers responsable)</b>	<b>410</b>	<b>36,51%</b>
<i>Causes humaines :</i>		
	<b>328</b>	<b>29,21%</b>
401 - Cause humaine mal définie	54	4,81%
402 - Excès de vitesse caractérisé dans virage	2	0,18%
403 - Excès de vitesse caractérisé hors virage	17	1,51%
404 - Vitesse excessive compte tenu des circonstances dans virage	15	1,34%
405 - Vitesse excessive compte tenu des circonstances hors virage	42	3,74%
406 - Alcoolémie supérieure à 0,80 g/l	16	1,42%
407 - Défaillance du chauffeur	33	2,94%
408 - Absence ou insuffisance d'arrimage	1	0,09%
409 - Ecart sur accotement	7	0,62%
410 - Manoeuvre maladroite ou dangereuse	66	5,88%
411 - Perte de contrôle du véhicule sans excès de vitesse	44	3,92%
412 - Refus de priorité ou non respect de l'arrêt à un stop ou un feu rouge	27	2,40%
413 - Vanne restée ouverte	0	0,00%
414 - Imprudence ou négligence du chauffeur à l'arrêt	1	0,09%
415 - Stationnement sur accotement non stabilisé ou autre endroit dangereux signalé ou réglementairement interdit	3	0,27%
<i>Causes matérielles :</i>		
	<b>7</b>	<b>0,62%</b>
501 - Rupture d'attelage	0	0,00%
502 - Eclatement des pneumatiques	1	0,09%
503 - Défaut d'entretien du véhicule	0	0,00%
504 - Rupture de direction	0	0,00%
505 - Blocage de direction	0	0,00%
506 - Rupture d'amortisseur	0	0,00%
507 - Rupture (de boulons) d'essieu ou de train de pneumatiques avant ou arrière	0	0,00%
508 - Défaillance ou non fonctionnement des freins	1	0,09%

**Tableau 4. Les causes presumées de l'accident (suite)**

Cause présumée	Nbr	%
<i>Causes matérielles (suite):</i>		
509 - Détachement de roue	0	0,00%
510 - Court-circuit	0	0,00%
511 - Divers	2	0,18%
512 - Cause indéterminée	3	0,27%
513 - Rupture de récipient ou d'emballage	0	0,00%
514 - Echauffement anormal des freins ayant provoqué incendie et/ou éclatement des pneus	0	0,00%
<i>Cause externe:</i>	<b>75</b>	<b>6,68%</b>
601 - Intempéries	9	0,80%
602 - Chaussée verglacée ou glissante	33	2,94%
603 - Mauvais état de la chaussée	5	0,45%
604 - Mauvais état des dépendances de la chaussée (accotement meuble, instable, dénivellation)	6	0,53%
605 - Ecart sur accotement lors d'un croisement sur chaussée étroite	15	1,34%
699 - Causes indéterminées	7	0,62%
699 - Causes indéterminées	12	1,07%
Non Renseigné	3	0,27%
<b>Total</b>	<b>1123</b>	<b>100%</b>

Sur cet échantillon, la matière dangereuse n'a jamais été la cause initiale de l'accident. Il apparaît que près de 25% des accidents sont consécutifs à une vitesse excessive du véhicule transportant des matières dangereuses (202, 203, 204, 205), et plus de la moitié des accidents sont imputables à une erreur du chauffeur. La cause matérielle la plus fréquente est la défaillance des freins avec 2,3% des cas. Ces valeurs sont néanmoins à considérer avec réserve, la cause d'un accident étant souvent difficilement appréciable.

Dans le cadre de l'analyse des événements initiant l'accident, le Tableau 5 présente le nombre d'occurrences des différentes infractions relevées et le pourcentage de conducteurs impliqués. Il convient de noter que plusieurs infractions peuvent être associées à un même usager. Tous les véhicules impliqués ne transportant pas de matières dangereuses, une distinction a été faite entre le cas général et les infractions relatives aux conducteurs ayant une attestation de formation en TMD (transport des matières dangereuses). Il apparaît néanmoins que ce critère n'est pas suffisant pour assurer la sélection de tous les véhicules en infraction transportant des matières

dangereuses, ainsi 93 véhicules sont en infraction vis-à-vis de la réglementation MTMD et seulement 15 dans la seconde classe (chauffeurs ayant une attestation de formation TMD).

**Tableau 5. Les types d'infractions relevés par véhicule**

<b>Infractions relevées</b>	<b>Tous véhicules</b>		<b>Formation TMD</b>	
<b>Nombre de conducteurs impliqués</b>	<b>1817</b>		<b>475</b>	
<b>Infraction à la réglementation sociale</b>	<b>47</b>	<b>2,6%</b>	<b>15</b>	<b>3,2%</b>
Dépassement du temps de travail	36	2,0%	11	2,3%
Autre infraction sociale	20	1,1%	7	1,5%
<b>Infraction à la réglementation MTMD</b>	<b>93</b>	<b>5,1%</b>	<b>15</b>	<b>3,2%</b>
Date de visite technique dépassée pour le véhicule	2	0,1%	2	0,4%
Date de visite technique dépassée pour la remorque	3	0,2%	2	0,4%
Défaut de certificat de formation	4	0,2%	2	0,4%
Absence ou non conformité de la déclaration de chargement	24	1,3%	0	0,0%
Absence ou non conformité de la carte jaune	6	0,3%	1	0,2%
Absence ou non conformité de l'agrément ADR	4	0,2%	0	0,0%
Absence ou non conformité des fiches de sécurité	16	0,9%	1	0,2%
Défaut de panneaux oranges	30	1,7%	0	0,0%
Défaut de plaque étiquette de danger	39	2,1%	1	0,2%
Absence ou non conformité des étiquettes de colis	4	0,2%	0	0,0%
Emballages non conformes	1	0,1%	0	0,0%
Chargements en commun non autorisés	1	0,1%	0	0,0%
Défaut ou non conformité des extincteurs	24	1,3%	0	0,0%
Non conformité du chronotachygraphe	52	2,9%	17	3,6%
Défaut ou non conformité d'autres équipements	7	0,4%	1	0,2%
Autres infractions	35	1,9%	5	1,1%
<b>Infractions au code la route</b>	<b>656</b>	<b>36,1%</b>	<b>182</b>	<b>38,3%</b>
Vitesse excessive	278	15,3%	103	21,7%
Non maîtrise ou dépassement de la vitesse limite	216	11,9%	50	10,5%
Alcoolémie	50	2,8%	8	1,7%
Refus de priorité	9	0,5%	1	0,2%
Non respect d'un stop	18	1,0%	2	0,4%
Manoeuvre interdite	35	1,9%	2	0,4%
Stationnement interdit	5	0,3%	1	0,2%
Circulation en période interdite	11	0,6%	3	0,6%
Autre infraction au code	193	10,6%	52	10,9%

Les principales infractions sont relatives au code de la route. Ainsi, le dépassement de vitesse limite ou vitesse excessive est observé pour 27% des conducteurs. Une infraction ou plus à la réglementation des matières dangereuses a été relevée chez 3,2% des conducteurs ayant une attestation de formation en TMD.

### 3.3. Les conséquences corporelles

Des données spécifiques à chaque personne impliquée dans un accident de matières dangereuses sont disponibles dans le fichier usagers. La répartition des dégâts corporels (Tableau 6) est issue du traitement de cette base.

**Tableau 6. Répartition des dégâts corporels**

Dégâts	Nbre	%
Tué	115	5,19%
Blessé grave	213	9,61%
Blessé léger	554	24,99%
Blessé NR	49	2,21%
Indemne	1265	57,06%
NR	21	0,95%
<b>Total</b>	<b>2217</b>	<b>100,00 %</b>

Sur 2217 usagers impliqués dans un accident, 5% sont décédés et 43 % subissent des dégâts corporels. Au regard du nombre total d'accidents (1123) et de véhicules impliqués (1852), le nombre moyen de personnes impliquées par véhicule est de l'ordre de 1,2, avec 1,7 véhicules impliqués par accident.

Bien que la probabilité d'accident soit usuellement plus importante en agglomération, le nombre de tués par accident est généralement plus faible. Le Tableau 7 étudie l'influence de la taille de l'agglomération sur le nombre de tués par accident.

**Tableau 7. Répartition des tués par accident suivant la taille de l'agglomération**

	Nombre de tués suivant la taille de l'agglomération						
	0	1	2	3	4	Total	%
hors	845	76	7	2	1	<b>931</b>	82,90%
[1;2000]	68	4	1	2	0	<b>75</b>	6,68%
]2000;5000]	30	4	0	0	0	<b>34</b>	3,03%
]5000;20000]	25	2	0	0	0	<b>27</b>	2,40%
]20000;50000]	20	0	0	0	0	<b>20</b>	1,78%
]50000;100000]	11	0	0	0	0	<b>11</b>	0,98%
]100000;200000]	10	0	0	0	0	<b>10</b>	0,89%
>200000	5	0	0	0	0	<b>5</b>	0,45%
NR	10	0	0	0	0	<b>10</b>	0,89%
<b>Total</b>	<b>1024</b>	<b>86</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1123</b>	100 %
%	91,18%	7,66%	0,71%	0,36%	0,09%	100,00%	

Près de 9 % des accidents sont mortels, ces types d'accidents intervenant principalement hors agglomération. Il apparaît que le nombre de tués diminue fortement avec l'augmentation de la taille de l'agglomération. Les fichiers véhicules et caractéristiques générales étant distincts, il est difficile d'apprécier la corrélation entre la vitesse d'impact et la taille de l'agglomération ou le nombre de tués. Néanmoins, les vitesses étant réglementairement plus faibles en agglomération, les conséquences des accidents sont souvent mécaniques et non corporelles.

**Tableau 8. Répartition des blessés par accident suivant la taille de l'agglomération**

Taille	Nombre de Blessés suivant la taille de l'agglomération														Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	13	14	15	23	
hors	479	322	84	27	7	2	3	2	1	0	1	1	1	1	<b>931</b>
[1;2000]	40	26	6	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>75</b>
]2000;5000]	17	9	3	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>34</b>
]5000;20000]	13	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>27</b>
]20000;50000]	11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>20</b>
]50000;100000]	8	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>11</b>
]100000;200000]	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>10</b>
>200000	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>5</b>
NR	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>9</b>
(vide)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>
<b>Total</b>	<b>582</b>	<b>389</b>	<b>98</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1123</b>
%	51,8%	34,6%	8,7%	2,9%	0,7%	0,3%	0,3%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	100%

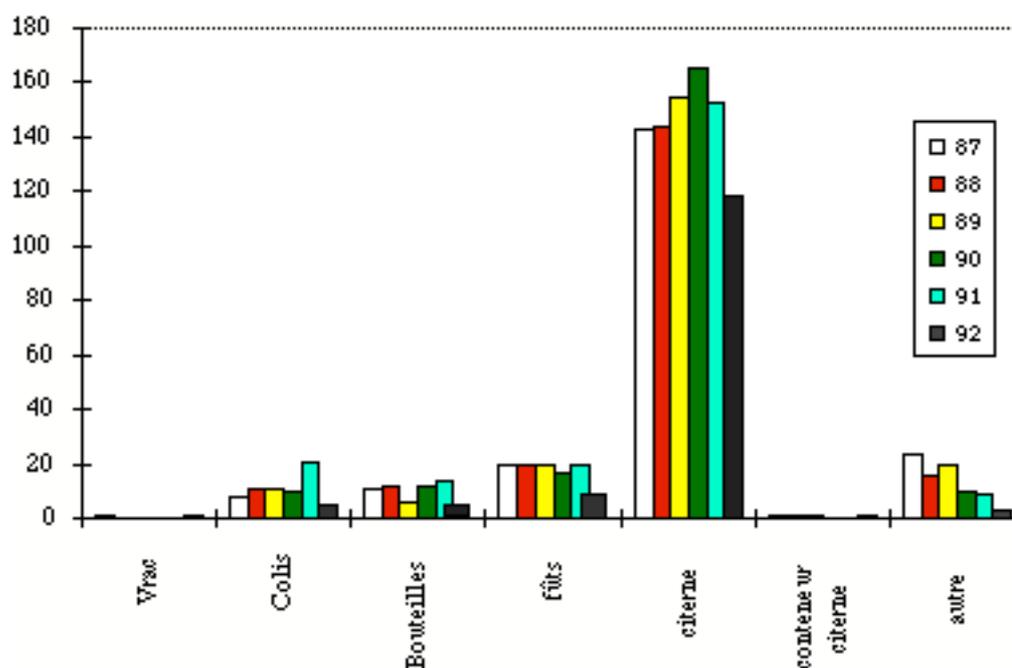
Une corrélation similaire apparaît sur le nombre de blessés par accident, celui-ci est d'autant plus faible que la taille de l'agglomération est importante.

### 3.4. Les matières dangereuses transportées

Le Tableau 9 et la Figure 7 indiquent la répartition du conditionnement de la matière dangereuse transportée impliquée dans un accident. Près des 3/4 des matières impliquées sont des produits pétroliers transportés en citerne. Il convient de rappeler les résultats d'une enquête réalisée sur l'autoroute A1 [2] qui révèle que 87,2 % des matières dangereuses sont transportées en citernes, 7,7% en fûts et 5,1% en bouteilles. Ainsi les probabilités d'accident semblent assez homogènes quel que soit le conditionnement de la matière transportée.

**Tableau 9. Conditionnement de la matière accidentée**

	Années						Total	%
	87	88	89	90	91	92		
Vrac	1	0	0	0	0	1	2	0,2%
Colis	8	11	11	10	21	5	66	5,4%
Bouteilles	11	12	6	12	15	7	632	5,1%
Fûts	20	20	20	17	20	9	106	8,7%
Citerne	143	144	155	165	153	118	878	72,1%
Conteneur citerne	1	1	1	0	0	1	4	0,3%
Autre	23	16	20	10	9	3	81	6,7%
NR	0	0	3	1	143	1	19	1,5%
<b>Total</b>	<b>207</b>	<b>204</b>	<b>216</b>	<b>215</b>	<b>232</b>	<b>145</b>	<b>1219</b>	

**Figure 7. Répartition du conditionnement par année des VTMD impliqués dans un accident**

Le Tableau 10 et le Tableau 11 indiquent la distribution des classes de quantités transportées suivant l'état de la matière.

**Tableau 10. Répartition des chargements solides accidentés en fonction de la masse transportée**

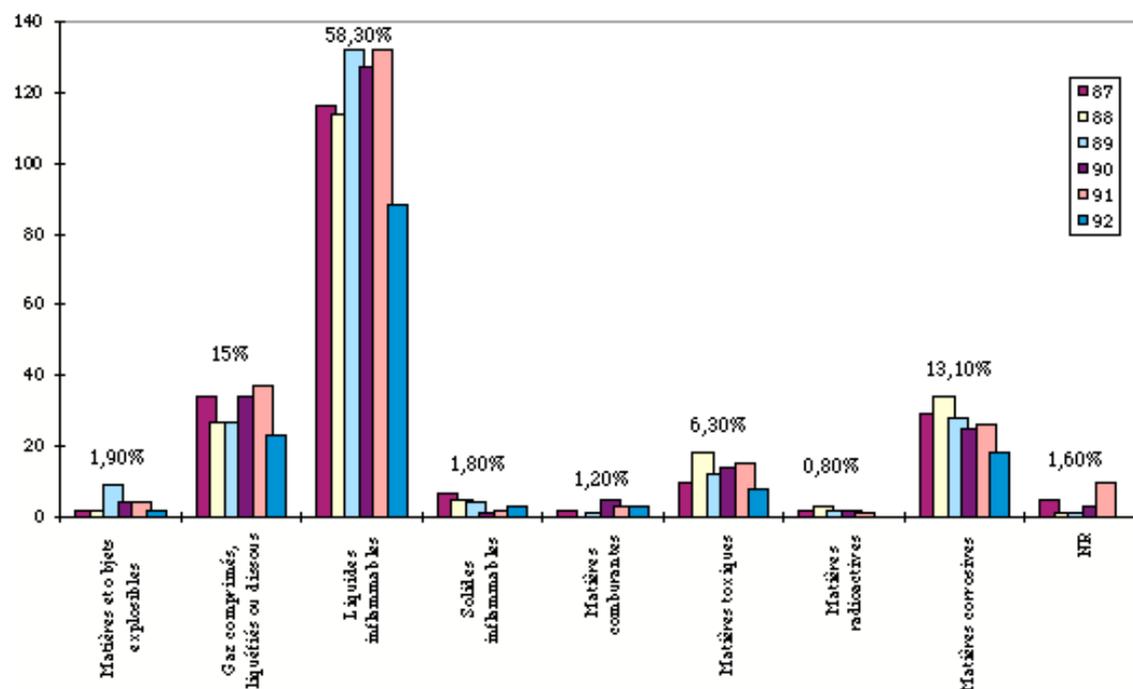
Quantité transportée kg	Nbre	%
< 1000	52	17%
1000-5000	48	16%
5000-10000	22	7%
10000-15000	24	8%
15000-20000	32	10%
20000-25000	97	32%
25000-30000	29	9%
> 30000	3	1%
<b>Total</b>	<b>307</b>	<b>100 %</b>

**Tableau 11. Répartition des chargements liquides accidentés en fonction du volume transportée**

Quantité transportée L	Nbre	%
< 1000	178	25%
1000-5000	68	10%
5000-10000	59	8%
10000-15000	56	8%
15000-20000	39	5%
20000-25000	52	7%
25000-30000	70	10%
30000-35000	167	23%
> 30000	26	4%
<b>Total</b>	<b>715</b>	<b>100%</b>

Les produits sous forme liquide sont transportés en plus grande quantité que les produits solides, en moyenne 15800 litres contre 13900 kg pour les chargements solides. Cet écart est vraisemblablement lié au transport par camion-citerne de produits pétroliers liquides.

Dans le cadre de l'analyse de la matière impliquée, il apparaît nécessaire de présenter le nombre d'accidents associés aux différentes classes de matières (Figure 8).



**Figure 8. Classe RTMD des matières impliquées**

La classe de matière la plus couramment transportée étant celle des liquides inflammables constitués principalement par les produits pétroliers, celle-ci est logiquement impliquée dans la majorité des accidents (58,3%). Le Tableau 12 présente le pourcentage de matières relâchées à la suite d'un accident suivant la classe RTMD de la matière impliquée.

**Tableau 12. Fraction relâchée suivant la classe de matière impliquée**

	% de matière épandue					
	vide	0%	< 50%	< 100%	100%	Total
Matières et objets explosibles	0	22	1	0	0	23
Gaz comprimés, liquéfiés ou dissous	53	110	10	3	7	183
Liquides inflammables	112	323	176	50	48	709
Solides inflammables	2	11	6	1	2	22
Matières comburantes	2	9	3	0	0	14
Matières toxiques	14	42	17	2	2	77
Matières radioactives	0	10	0	0	0	10
Matières corrosives	19	83	41	10	7	160
NR	14	2	3	0	2	21
<b>Total</b>	<b>216</b>	<b>612</b>	<b>257</b>	<b>66</b>	<b>68</b>	<b>1219</b>
%	17,7%	50,2%	21,1%	5,4%	5,6%	100%

Un rejet de matière est observé dans environ 32% du total des matières impliquées et dans 40% des cas si les citernes vides sont écartées. La classe des liquides inflammables présente le plus fort pourcentage de rejet (39%) en raison notamment de son conditionnement majoritaire en citerne. Il convient de noter qu'il s'agit de taux d'épandage par produit (1219 produits) et non par transport (1133 VTMD).

Le Tableau 13 présente la répartition des matières impliquées dans un accident suivant la numérotation ONU [3].

**Tableau 13. Liste des numéros ONU des principaux produits accidentés**

N° ONU	Nbr.	%	N° ONU	Nbr.	%
1202 Gazole	294	24,1%	2187 Dioxyde de carbone liquide	5	0,4%
1203 Essence	244	20,0%	2831 Méthylchloroforme, Trichloréthane	5	0,4%
1965 Hydrocarbures gazeux liquéfiés	85	7,0%	1072 Oxygène comprimé	5	0,4%
1977 Azote liquide réfrigéré	24	2,0%	1247 Méthacrylate de méthyle monomère stabilisé	4	0,3%
1223 Kérosène, Huile de paraffine	20	1,6%	1710 Trichloroéthylène	4	0,3%
1789 Acide chlorhydrique en solution	20	1,6%	1750 Acide chloracétique liquide	4	0,3%
1824 Hydroxyde de sodium en solution, Soude	20	1,6%	1759 Solide corrosifs	4	0,3%
1993 Liquide inflammables	17	1,4%	1823 Hydroxyde de sodium solide Soude caustique solide	4	0,3%
1170 Alcool, Ethanol	14	1,1%	1897 Perchloréthylène, Tetrachloéthylène	4	0,3%
1760 Liquides corrosifs	12	1,0%	1951 Argon liquide réfrigéré	4	0,3%
1791 Eau de Javel, Hypochlorite	11	0,9%	2489 Diisocyanate de diphénylmethane	4	0,3%
1830 Acide sulfurique	10	0,8%	2586 Acides alkyl, aryl, ou toluène sulfoniques liquides	4	0,3%
2810 Liquides toxiques	10	0,8%	1090 Acétone, Cétone propane	3	0,2%
1073 Oxygène liquide	9	0,70%	1230 Méthanol	3	0,2%
1263 Bases pour laques, vernis	8	0,70%	1593 Chlorure de méthylène	3	0,2%
1049 Hydrogène comprimé	7	0,60%	1790 Acide fluorhydrique en solution	3	0,2%
1805 Acide phosphorique	7	0,6%	1832 Acide sulfurique résiduaire	3	0,2%
2811 Solides toxiques	7	0,6%	1917 Acrylate d'éthyle stabilisé	3	0,2%
1866 Solutions de résine	6	0,5%	2214 Anhydride phtalique (solide/fondu)	3	0,2%
2031 Acide azotique, nitrique	6	0,5%	2426 Nitrate d'ammonium liquide, solution chaude concentrée	3	0,2%
1294 Méthane phénilique, toluène	5	0,4%	2789 Acide acétique glacial /solution	3	0,2%
1999 Bitume, Goudron	5	0,4%	autres	162	13,3%
2055 Cinnamène, styrol phénilméthylène,	5	0,4%	vide	133	10,9%
			<b>Total</b>	<b>1219</b>	<b>100%</b>

Les produits les plus fréquemment impliqués dans un accident sont les produits pétroliers, le gazole (n°1202) et l'essence ou le fuel (n°1203) représentant respectivement 24 et 20 % du total et les hydrocarbures gazeux liquéfiés 7 % (n°1265).

Ces produits correspondent par ailleurs à la moitié des matières dangereuses transportées [2]. En conséquence, la probabilité d'accident des véhicules transportant des produits pétroliers apparaît comparable à la moyenne du transport des matières dangereuses.

### 3.5. Analyse spécifique des véhicules impliqués transportant des matières dangereuses

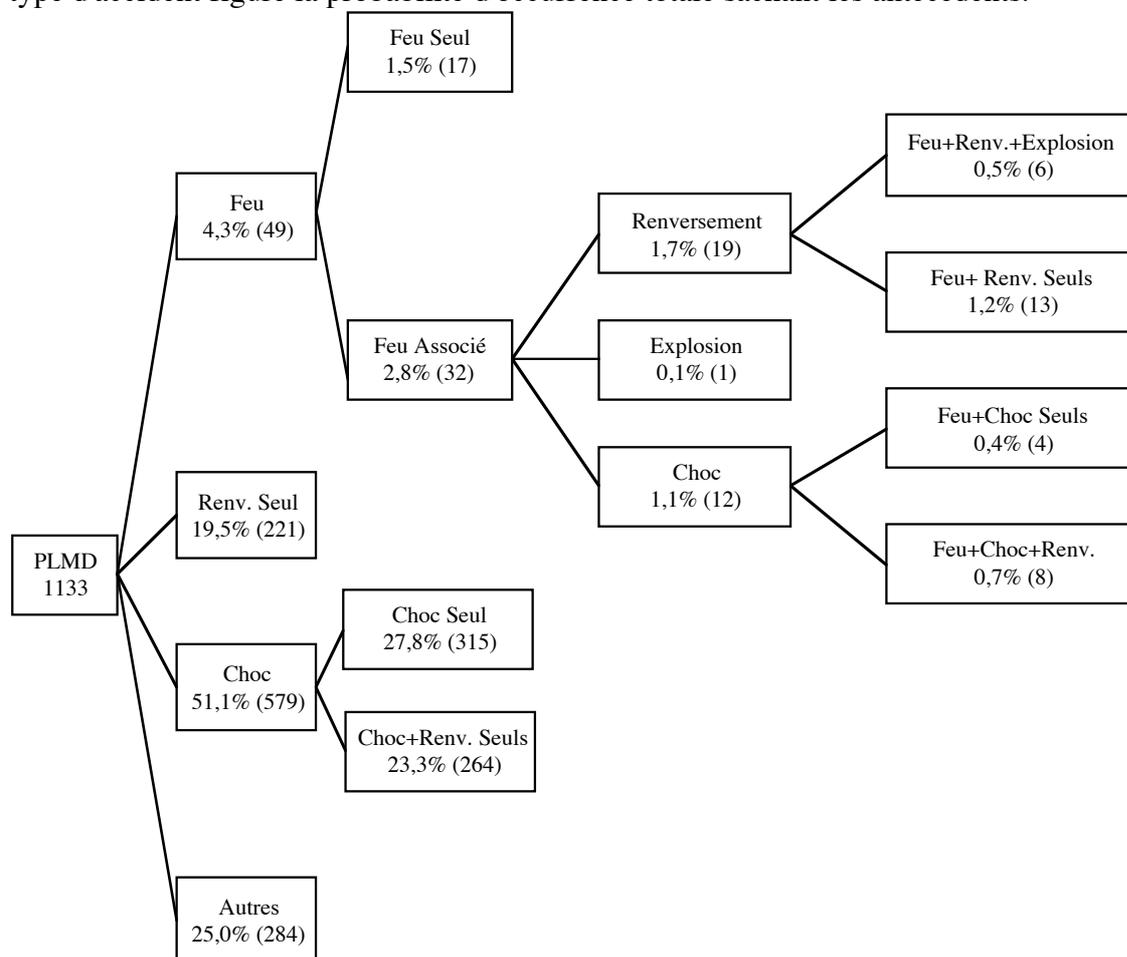
Tous les véhicules impliqués dans un accident ne transportant pas de matières dangereuses, il est intéressant d'effectuer une analyse spécifique du fichier ne concernant que les véhicules MD. Sur un total de 1142 VTMD recensés sur 1852 véhicules de tous types, seuls 1133 enregistrements sont exploitables car suffisamment renseignés, les traitements statistiques portent donc sur cet échantillon (soit 61,2% des véhicules). Sur les 1123 accidents, 15 accidents impliquent deux véhicules transportant des matières dangereuses et 2 en impliquent 3. En conséquence, 1,5% des accidents de PLMD impliquent au moins 2 PLMD. Le Tableau 14 présente les occurrences non exclusives des principaux scénarios d'accidents observés.

**Tableau 14. Scénarios d'accidents des véhicules transportant des matières dangereuses**

Types d'événement	Années						Total	% des VTMD
	87	88	89	90	91	92		
Incendie	10	6	13	10	4	6	49	4,3%
Explosion	1	2	2	0	0	2	7	0,6%
Choc (Vitesse > 0)	66	113	100	126	108	78	591	52,2%
Renv. sans fuite	47	41	39	31	42	26	226	20,0%
Renv. avec fuite	45	45	53	59	50	34	286	25,2%

Les risques d'incendie des VTMD sont de 4,3 % à comparer à 2,7% pour l'ensemble des véhicules. Cette différence s'explique par le grand nombre de transports d'hydrocarbure inflammable dans la classe des MD. Les 2/3 des accidents de PLMD interviennent à des vitesses non nulles et 45,2% se renversent. La présence de renversement avec relâchement de matière est observée pour 25% des véhicules. Les probabilités

conditionnelles sont synthétisées dans l'arbre d'événement de la Figure 9. Sous chaque type d'accident figure la probabilité d'occurrence totale sachant les antécédents.



**Figure 9. Arbre d'événement des accidents de PLMD**

Il apparaît que l'explosion est toujours associée à un incendie et intervient dans 14% des feux. Le renversement est consécutif à la moitié des chocs (vitesse d'impact non nulle) et intervient dans 45 % du total des VTMD accidentés. La combinaison choc+feu est observée dans 1% des cas, 2% des chocs étant suivis d'un feu.

### 3.6. Accident de matières radioactives

Dans le cadre des accidents de matières dangereuses, il est intéressant d'extraire les accidents impliquant des matières radioactives, le Tableau 15 ci-dessous décrit ces événements.

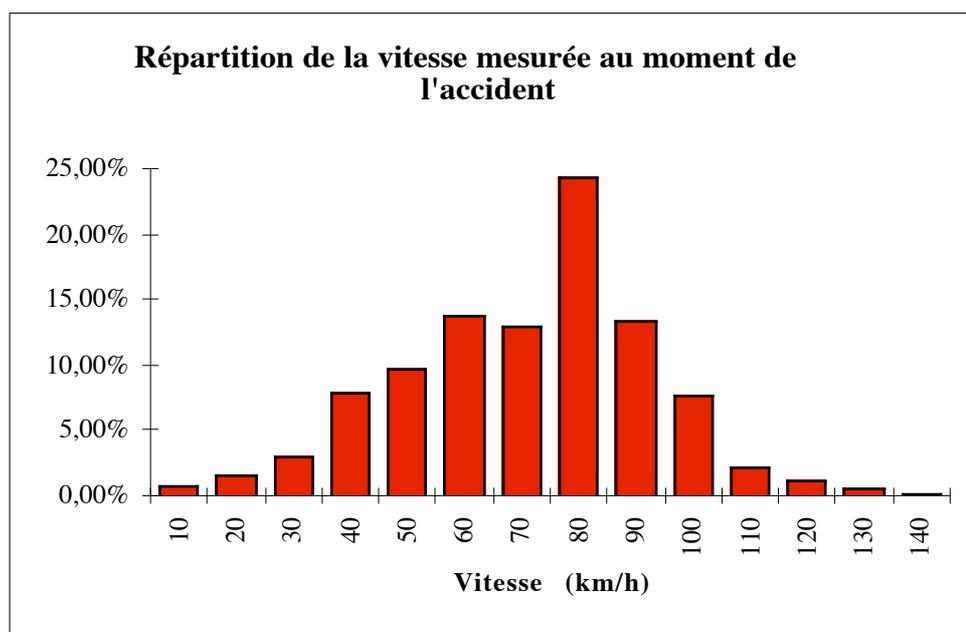
**Tableau 15. Description des accidents impliquant des matières radioactives du fichier MTMD**

Année	Produit	Unité	Qté	Rejet	Commentaire
87	Matières radioactives	kg	202	0	
87	Déchets nucléaires	kg	5000	0	Emballage IU 09
88	Produits médicaux radioactifs	kg	4000	0	
88	Déchets technologiques	l	30000	0	Pas de fuite
88	Matière de faible activité	kg	300	0	
89	Déchets radioactifs	kg	12400	0	Caissons
89	Co-60, Cs-137, Na-22	kg	1	0	5 colis de produits radioactifs
90	Césium 137	kg	1	0	Quantités transportées inconnues
90	Caméras vidéo de surveillance	U	4	0	4 caisses scarabe
91	Iridium 92	g	25	0	25g de matière brute. 2,940t avec le conditionnement conteneur

Sur les 10 accidents impliquant des matières radioactives dans la période 1987 à 1992, aucun n'a donné lieu à des rejets de matière.

### 3.7. Analyse des vitesses d'impact

La Figure 10 présente la répartition par classe des vitesses mesurées au moment de l'accident, les valeurs nulles n'ayant pas été prises en compte.



**Figure 10. Répartition des vitesses d'impact**

Ce graphique est issu du traitement du fichier véhicule, il illustre les vitesses d'impact non nulles mesurées au moment de l'accident. Le profil de distribution est du type Gaussien centré sur 70 km/h (la vitesse maximale autorisée étant de 80 km/h) et d'écart type

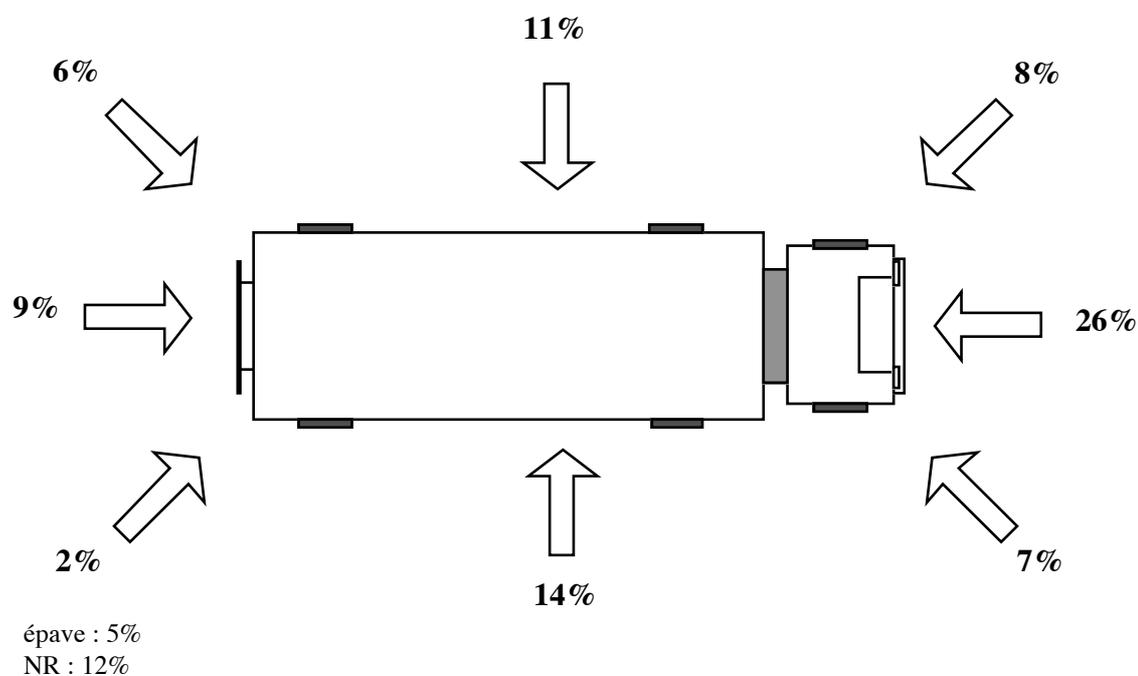
22 km/h. Les vitesses nulles ont été retirées du traitement, il apparaît en effet que les vitesses inconnues sont codées 0 dans le fichier. Ces vitesses nulles sont nombreuses, la vitesse n'étant appréciée que par lecture du disque des PL, celle des autres véhicules (VL,...) n'étant pas accessible.

Le Tableau 16 présente la localisation de l'impact sur le véhicule suivant la classe de vitesse d'impact au moment de l'accident.

**Tableau 16. Partie heurtée en fonction de la vitesse d'impact (km/h)**

	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	135	Total
<b>Avant</b>	283	2	5	4	8	10	22	32	54	35	17	5	5	4	<b>486</b>
<b>av. droit</b>	58	0	0	0	1	8	5	9	24	9	6	2	0	1	<b>123</b>
<b>av. gauche</b>	73	0	1	3	7	5	13	15	26	6	1	0	0	0	<b>150</b>
<b>arrière</b>	112	1	2	4	7	9	7	8	13	0	1	0	0	0	<b>164</b>
<b>arr. droit</b>	27	0	1	1	0	1	5	1	2	1	1	0	0	0	<b>40</b>
<b>arr. gauche</b>	61	1	6	5	7	1	8	5	8	3	0	1	0	0	<b>106</b>
<b>coté droit</b>	123	3	2	4	9	22	24	15	35	7	4	1	2	0	<b>251</b>
<b>coté gauche</b>	106	0	1	6	15	15	19	11	18	11	5	0	1	0	<b>208</b>
<b>épave</b>	69	0	0	2	5	1	4	3	7	7	3	1	0	0	<b>102</b>
<b>NR</b>	184	0	1	4	3	1	4	8	10	2	4	1	0	0	<b>222</b>
<b>Total</b>	<b>1096</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>33</b>	<b>62</b>	<b>73</b>	<b>111</b>	<b>107</b>	<b>197</b>	<b>81</b>	<b>42</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>1852</b>

Les chocs sont frontaux dans 30 % des accidents, une proportion à peu près similaire est observée pour les chocs latéraux droit ou gauche. La Figure 11 illustre la localisation des impacts.

**Figure 11. Répartition des parties heurtées**

En raison de l'incertitude sur la nature des vitesses nulles, il apparaît intéressant d'analyser spécifiquement ces accidents. Il apparaît qu'un seul accident de vitesse non nulle dans la classe 0-10 km/h a été observé, celui-ci correspond à un choc à 8 km/h sur la partie avant gauche. Les chocs avant et de côté apparaissent principalement à des vitesses élevées (entre 60 à 100 km/h), les autres parties heurtées étant réparties de façon homogène quelle que soit la vitesse.

Les Tableaux 17 et 18 indiquent la catégorie d'obstacle mobile ou fixe rencontrée lors de l'impact.

**Tableau 17. Obstacle mobile heurté en fonction de la vitesse d'impact (km/h)**

	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140	Total
piéton	2	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	6
animal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 roues	5	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	9
VL	158	3	6	14	10	14	27	30	47	15	2	1	1	0	328
VU PTC<3,5T	25	0	2	1	1	2	4	4	6	2	0	0	1	0	48
VU PTC>3,5T	90	0	2	2	5	4	11	7	10	6	3	0	0	1	141
VU PTC>3,5T+rem.	35	0	0	1	1	2	1	4	2	3	1	0	0	2	52
tracteur solo	6	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	9
TR+semi-remorque	346	0	1	3	14	12	16	15	39	29	19	6	4	2	506
TC	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
tracteur agricole	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
train	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
autre véhicule sur rail	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
engin spécial	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
autres	5	0	0	0	0	0	2	1	2	2	0	0	0	0	12
NR	66	0	4	0	0	3	2	2	4	3	3	0	0	0	87
Sans objet	354	4	3	11	30	32	46	43	83	21	14	4	2	0	647
<b>Total</b>	<b>1096</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>33</b>	<b>62</b>	<b>73</b>	<b>111</b>	<b>107</b>	<b>197</b>	<b>81</b>	<b>42</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>1852</b>

**Tableau 18. Répartition des vitesses d'impact suivant la catégorie d'obstacle fixe (km/h)**

	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140	Total
<b>1</b>	28	0	0	2	1	5	7	3	2	3	2	1	0	0	<b>54</b>
<b>2</b>	77	1	0	0	4	5	5	9	35	15	8	4	1	0	<b>164</b>
<b>3</b>	2	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	<b>5</b>
<b>4</b>	9	0	0	0	0	0	1	1	3	3	0	0	0	0	<b>17</b>
<b>6</b>	7	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	<b>10</b>
<b>7</b>	9	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	<b>14</b>
<b>8</b>	2	0	0	1	0	3	3	1	2	0	0	0	0	0	<b>12</b>
<b>9</b>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>3</b>
<b>10</b>	14	0	0	1	0	0	2	3	5	1	1	0	0	0	<b>27</b>
<b>11</b>	10	0	0	0	1	0	0	2	4	0	2	0	0	0	<b>19</b>
<b>13</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	<b>1</b>
<b>14</b>	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	<b>4</b>
<b>16</b>	16	0	0	0	0	0	1	1	3	1	0	0	0	0	<b>22</b>
<b>18</b>	3	0	0	1	0	0	0	0	5	0	1	0	0	0	<b>10</b>
<b>20</b>	15	0	0	0	2	0	2	2	3	0	1	0	0	0	<b>25</b>
<b>21</b>	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	<b>3</b>
<b>22</b>	20	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	1	0	0	<b>26</b>
<b>23</b>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>24</b>	4	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	<b>6</b>
<b>25</b>	4	1	0	0	3	0	0	0	1	2	0	0	0	0	<b>11</b>
<b>26</b>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>27</b>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>28</b>	92	1	2	2	11	15	12	11	16	6	3	1	1	0	<b>173</b>
<b>29</b>	32	1	1	2	2	4	2	7	5	2	2	0	0	0	<b>60</b>
<b>99</b>	201	1	3	7	9	7	12	13	31	11	5	1	0	3	<b>304</b>
<b>00</b>	542	2	12	17	26	33	61	49	72	35	16	3	6	2	<b>876</b>
<b>Total</b>	<b>1096</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>33</b>	<b>62</b>	<b>73</b>	<b>111</b>	<b>107</b>	<b>197</b>	<b>81</b>	<b>42</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>1852</b>

avec

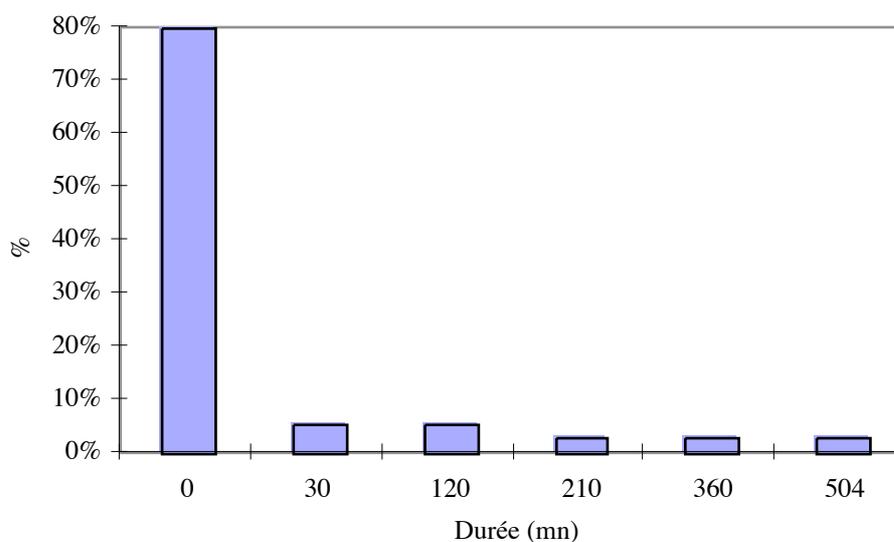
1 bâtiment, mur, pile de pont	17 poteau parcmètre
1 glissière métallique en section courante	18 autre poteau
1 extrémité de glissière métallique	19 2 roues
1 glissière béton en section courante	20 VL
1 extrémité de glissière béton	21 VU PTC<3,5T
1 protection bordure chaussée	22 VU PTC>3,5T
1 protection bordure pont	23 engin spécial
1 bordure trottoir	24 autre véhicule
1 îlot ou refuge piéton	25 autre obstacle sur chaussée
1 arbre	26 autre obstacle sur trottoir
1 panneau de signalisation	27 passage à niveau
1 pied de portique	28 sortie de chaussée sans obstacle
1 borne de signal	29 autre obstacle
1 candélabre	99 non renseigné
1 borne d'appel d'urgence	00 sans objet
1 poteau EDF ou PTT	

L'analyse croisée entre les vitesses d'impact et les catégories d'obstacles mobiles ou fixes ne révèle pas de corrélations évidentes. Les poids lourds avec remorques constituent l'obstacle mobile le plus courant avec 27,3% des cas, contrairement aux véhicules légers (17,7%). Les impacts interviennent principalement à faible vitesse (72% des vitesses à moins de 50 km/h vs 58%). Les principaux obstacles fixes rencontrés sont les glissières métalliques en section courante avec 9 % des accidents, les sorties de chaussée sans obstacle représentant 9,3 % des accidents.

### 3.8. Analyse des interventions contre les incendies

#### 3.8.1. Analyse de la base de données MTMD

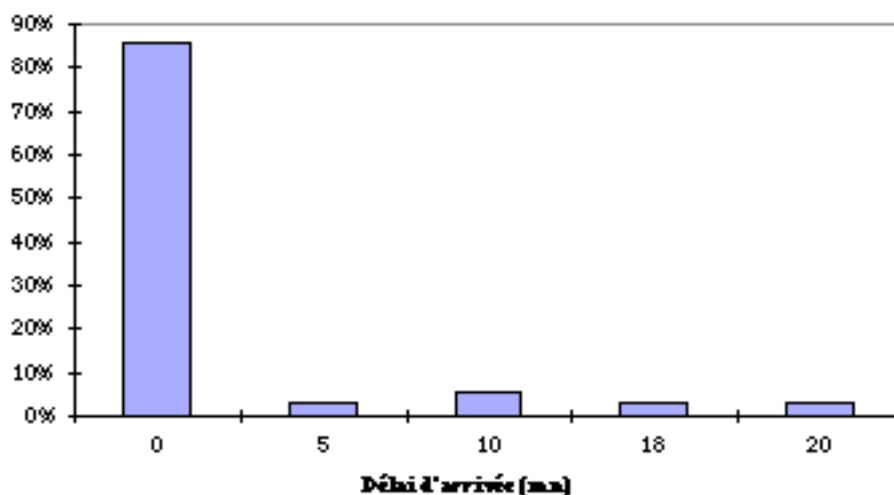
Des données étant disponibles sur la qualité de l'intervenant (pompiers, police, gendarmerie,...) et sur les caractéristiques de l'intervention, il est intéressant d'analyser spécifiquement les incendies. Sont considérés comme tels, les accidents nécessitant l'intervention des pompiers et de moyens de lutte contre l'incendie.



**Figure 12. Répartition des durées d'intervention des pompiers sachant incendie**

Cette figure révèle que plus de 85 % des incendies sont éteints en moins de 30 mn. Les interventions nécessitant des moyens de lutte contre l'incendie représentent 1,8 % des cas. Il convient de noter que la durée d'intervention ne correspond pas forcément à la durée de feu et que plusieurs interventions peuvent être associées à un même accident.

La Figure 13 présente les délais d'arrivée des pompiers sur les lieux de l'accident, la durée d'intervention devant être majorée de ces temps. Néanmoins, il apparaît que plus de 85 % des interventions ne présentent pas de délai d'arrivée. Cette rubrique étant vraisemblablement mal renseignée, il est difficile d'analyser ce traitement.



### Figure 13. Répartition des délais d'arrivée

#### 3.8.2. Analyse des interventions de la brigade des sapeurs-pompiers

Le rapport d'activité annuelle 1993 des Sapeurs-Pompiers de Paris [4] décrit le type et le nombre d'interventions effectuées dans l'agglomération parisienne. Sur 332 032 interventions, 31 252 (9,4%) sont relatives à des accidents de circulation. Les accidents de véhicules (PL et VL) sur route représentent 8644 cas (28% des accidents de circulation). Les incendies de PL et VL totalisent 3046 interventions (43 transports de voyageurs, 2704 véhicules de tourisme, 177 transports de marchandises non dangereuses et 2 transports d'hydrocarbures), soit 35% des accidents de véhicules sur route. Seuls 9% de ces incendies interviennent sur autoroutes, voies expresses et périphérique.

#### 3.9. Les accidents de véhicules-citernes

D'après une enquête réalisée sur l'autoroute A1 au péage de Chevrières et de Fresnes [2], les matières de classe 3 (matières liquides inflammables) représentent près de la moitié des transports de matières dangereuses, les véhicules citernes représentant 87% des types de conditionnement. Il est donc important d'analyser spécifiquement les accidents relatifs à ce type de transport. Dans ce cadre, le Tableau 19 présente les types de dégâts subis par la citerne.

**Tableau 19. Dégâts à la citerne ou au conteneur-citerne**

	87	88	89	90	91	92	Total	%
Nbre d'accidents de citernes	145	145	153	146	129	111	829	
Cuve perforée	26	22	23	23	18	10	122	14,72%
Soudure ouverte	2	8	0	1	2	0	13	1,57%
Couvercle de dôme arraché	19	8	11	7	3	2	50	6,03%
Robinet ou tuyauterie arrachés	8	6	4	7	1	1	27	3,26%
Défaut d'étanchéité à une fermeture	5	16	13	21	2	1	58	7,00%
Défaut d'étanchéité à une soupape	4	4	3	1			12	1,45%
Autres accessoires détériorés	19	99	47	32	20	4	221	26,66%

Sur les 1852 véhicules impliqués, 829 sont des véhicules-citernes, soit 45%. Sur le total des véhicules citernes impliqués dans un accident, 122 cuves ont été perforées (14,7%). Plusieurs dégâts pouvant être observés sur une même citerne, il est difficile à partir du Tableau 19 d'apprécier le nombre de citernes endommagées.

Le Tableau 20 présente les types d'accidents survenus aux citernes sur la période 87-92. Près de la moitié des citernes accidentées se sont renversées, la fréquence d'incendie étant relativement faible (4,6%). La perforation de la cuve intervient dans 15% des cas, les autres cas de fuite étant dus à des ruptures de canalisation ou de soudure.

**Tableau 20. Types d'accidents survenus aux véhicules citernes**

	87	88	89	90	91	92	Total	%
Incendie	9	3	9	7	4	6	38	4,6%
Explosion	1	2	2	0	0	2	7	0,8%
Renv. sans fuite	39	33	32	25	25	19	173	20,9%
Renv. avec fuite	37	37	45	46	35	32	232	28,0%
Perforation	26	22	23	23	18	10	122	14,7%

Il apparaît intéressant d'analyser spécifiquement la fraction de matière relâchée dans le cas d'un accident de véhicule-citerne. Le Tableau 21 présente les taux d'ouverture des matières de classe RTMD 2 (Gaz comprimés, liquéfiés ou dissous) et 3 (Liquides inflammables) conditionnées en citerne ou conteneur-citerne.

**Tableau 21. Taux d'ouverture des citernes impliquées dans un accident de VTMD**

% épandue	Conditionnement en citernes			
	Gaz comprimés, liquéfiés ou dissous		Liquides inflammables	
<i>vide</i>	37	-	105	-
0%	67	81,7%	280	53,6%
≤ 50%	7	8,5%	156	29,9%
< 100%	1	1,2%	43	8,2%
100%	7	8,5%	43	8,2%
<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>100%</b>	<b>522</b>	<b>100%</b>

Environ 46% des citernes transportant des liquides inflammable s'épandent en cas d'accident. Un camion-citerne chargé a donc pratiquement une chance sur deux de relâcher une partie de son contenu en cas d'accident. Ces fortes probabilités conditionnelles ne sont pas observées dans le cas des transports de gaz comprimés, liquéfiés ou dissous, où seules 18% des citernes chargées répandent une partie de leur contenu. Néanmoins, dans ce dernier cas, la probabilité de relâchement totale est plus importante, en raison notamment d'une plus grande volatilité. Sur l'ensemble des 882 produits transportés en citerne ou conteneur-citerne (gaz, liquides inflammables, matières comburantes, toxiques, corrosives,...), 288 se sont répandus consécutivement à l'accident, soit 40% (hors citernes vides).

L'analyse comparative des données sur les périodes 1987-1989 et 1987-1992 révèle que la fraction de matière impliquée conditionnée en citerne est assez stable (+ de 70%), de même que la proportion de matières appartenant à la classe des liquides inflammables (58%). Le taux de perforation des citernes est en légère baisse, il décroît de 15,9% à 14,72%, ces résultats demeurant néanmoins comparables. Par contre, le pourcentage de véhicule-citerne répandant une partie de son chargement augmente de 44% entre 1987 à 1989 à 46% entre 1987 à 1992.



## **4. ANALYSE STATISTIQUE DES ACCIDENTS DE POIDS LOURDS SUR LES RESEAUX AUTOROUTIERS**

### **4.1. Le réseau d'autoroute du Nord-Est de la France (SANEF)**

Une analyse a été menée à partir d'une base de données d'accidents de poids-lourds (PL) concernant la période 1986 à 1990 [5], et comprenant les autoroutes A1, A2, A26 et A4 du réseau SANEF (Société des Autoroutes du Nord-Est de la France). Une étude de l'environnement accidentel a été réalisée afin de définir les divers facteurs influant sur la typologie des accidents. Les taux d'accident en termes d'accident par véhicule.km ont ensuite été évalués sur les différentes autoroutes, tout au long de la période prise en compte.

#### **4.1.1. Analyse de la base de données utilisée**

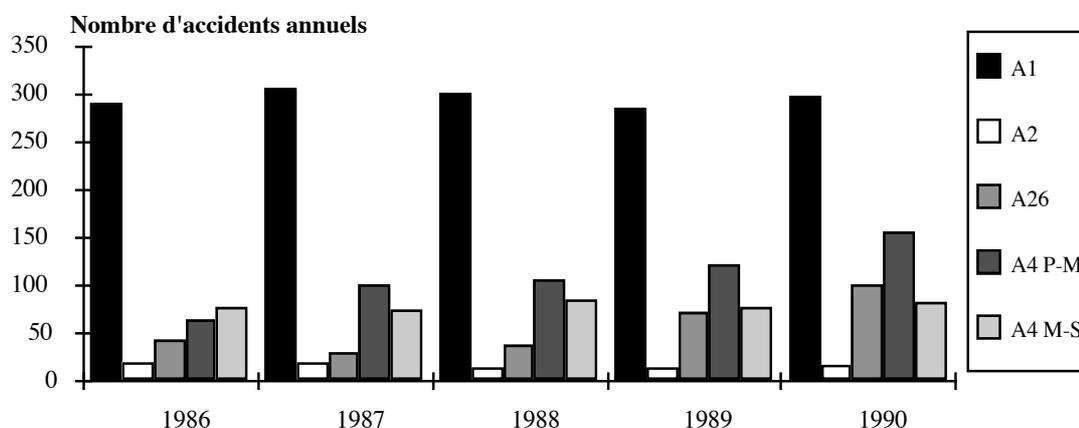
Il est important de préciser, que les traitements ont été réalisés en prenant en compte la totalité des accidents PL, le faible nombre d'accidents de PL transportant des matières dangereuses (PLMD) ne permettant pas une analyse statistique significative bien qu'ils correspondent à la plupart des accidents comportant un risque de pollution. La base de données retenue concerne donc les accidents de PL, avec ou sans remorque, intervenant sur le réseau autoroutier de la SANEF, soit 2794 accidents sur la période 1986 à 1990, se décomposant en 1481 accidents sur l'A1 (Paris-Lille), 82 sur l'A2, 283 sur l'A26, 550 sur l'A4 Paris-Metz et 398 sur l'A4 Metz-Strasbourg. Le Tableau 22 synthétise l'ensemble des flux et des accidents sur la période considérée.

**Tableau 22. Accidents et trafics sur le réseau SANEF (1986-1990)**

		1986	1987	1988	1989	1990	1986-1990
<b>A4 Metz-Strasbourg</b>	Ti (véh/jour)	2202	2378	2669	2934	3301	2697
	Ni (acc.)	78	75	84	78	83	398
<b>A4 Paris-Metz</b>	Ti (véh/jour)	1333	1563	1826	2194	2459	1875
	Ni (acc.)	65	102	107	121	155	550
<b>A1</b>	Ti (véh/jour)	9396	10268	11158	12028	12390	11048
	Ni (acc.)	289	307	300	286	299	1481
<b>A2</b>	Ti (véh/jour)	2560	2772	3078	3427	3561	3080
	Ni (acc.)	19	19	15	13	16	82
<b>A26</b>	Ti (véh/jour)	1403	1449	1767	2120	2378	1877
	Ni (acc.)	42	29	39	73	100	283

avec Ni : nombre d'accident sur les périodes considérées Ti : trafic

Parmi ces accidents, seuls 17 accidents de PLMD sont recensés, soit seulement 0,61 % des accidents de PL. Ces chiffres sont faibles au regard de certaines enquêtes effectuées en 1990 et 1991 [2] qui indiquent une fraction de trafic PLMD égale à 18 % du trafic PL (dont 5% non identifiables par défaut de plaque orange et 7% non équipés de plaque orange et présentant un doute quant au caractère dangereux des produits transportés). En considérant un taux d'accident PLMD 4 fois plus faible que le taux d'accident PL (chiffre communément admis), 1,5% à 4,5% d'accident PLMD (soit 40 à 125 accidents) devraient être observés. Durant la période considérée, le nombre d'accidents par autoroute et par année est représenté sur la Figure 14.



**Figure 14. Nombre d'accidents annuels sur les autoroutes A1, A2, A26 et A4**

Il est intéressant de remarquer sur ce graphique la prépondérance des accidents sur l'autoroute A1. Il convient de préciser que cette autoroute présente le plus fort trafic journalier avec un flux dépassant les 11 000 véhicules/jour alors qu'il est recensé de 2 000 à 3 000 véhicules/jour pour les autres autoroutes. De plus, on observe sur ce graphique, une augmentation à peu près régulière du nombre d'accidents durant la période 1986 à 1990.

#### 4.1.2. Analyse de l'environnement accidentel

L'analyse du risque d'accident PL sur les autoroutes nécessite de définir dans un premier temps l'environnement associé aux accidents. Il convient en particulier d'étudier les causes des accidents, leurs points particuliers (section courante, bretelle d'accès,...) ainsi que les conditions météorologiques associées aux accidents.

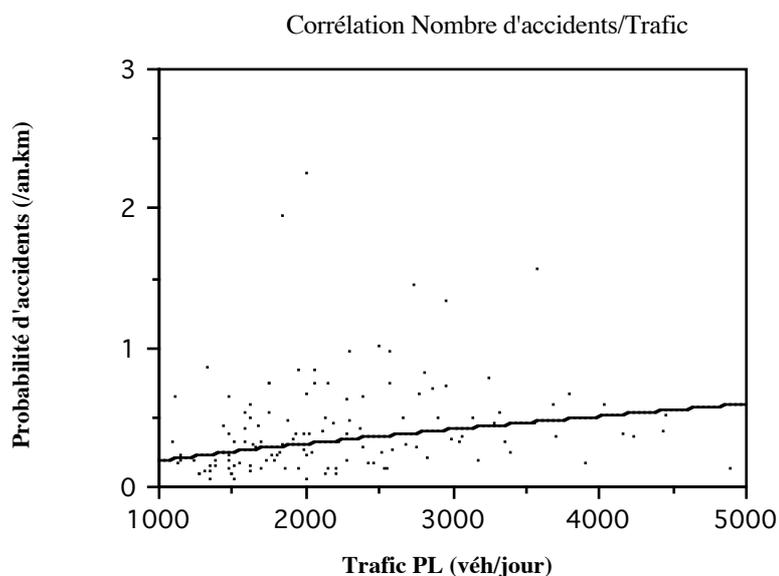
La principale cause d'accident est l'erreur humaine, qui intervient dans la moitié des cas, tandis que les défaillances mécaniques représentent environ 30 % des causes d'accidents. Cependant, il est parfois difficile d'apprécier la cause d'un accident, l'état du véhicule ne permettant pas toujours de différencier une perte de contrôle due à une défaillance mécanique d'une erreur humaine. Il en est de même pour des facteurs tels que l'inattention et la fatigue.

La majorité des accidents (environ 80 % des cas) est appelée à se produire en section courante. Pour les autoroutes A1 et A2, le second point particulier d'accident se situe au niveau des péages, et plus particulièrement des barrières de péage. Cette influence des barrières de péage ne se retrouve pas sur les autoroutes A26 et A4, pour lesquelles les accidents hors section courante interviennent principalement sur les entrées et sorties d'autoroute.

En ce qui concerne les conditions météorologiques, les précipitations (pluie, neige, grêle) constituent l'intempérie responsable du plus grand nombre d'accidents (environ 20 % des cas). Il est intéressant de remarquer les pourcentages élevés d'accidents associés aux précipitations sur l'autoroute A4, ceux-ci représentant environ 25 % des accidents. Pour une analyse plus fine, il serait intéressant de connaître l'occurrence dans une année des diverses conditions atmosphériques sur chaque autoroute, il serait ainsi possible de déterminer leur influence sur la probabilité d'accident.

Des analyses complémentaires ont été effectuées sur l'autoroute A4, notamment, une analyse des probabilités d'accident en extrémités de tronçon (1 km de part et d'autre d'une entrée-sortie). Cette analyse montre un accroissement du risque d'accident de 40 % en moyenne par rapport à l'ensemble de l'autoroute.

Afin d'étudier l'influence du trafic sur le nombre d'accidents, une analyse graphique de la corrélation a été effectuée (Figure 15). Le nuage de points est assez difficile à approximer, néanmoins, on discerne une allure très légèrement croissante du nuage de points. Le nombre d'accidents par km et par an étant, d'après le graphique, assez peu corrélé au trafic, une des explications possibles serait que les risques associés à une augmentation du flux sont compensés par la vitesse plus faible des véhicules, associée à une vigilance accrue.



**Figure 15.** Influence du trafic sur la probabilité annuelle d'accident par km

### 4.1.3. Analyse des probabilités d'accident

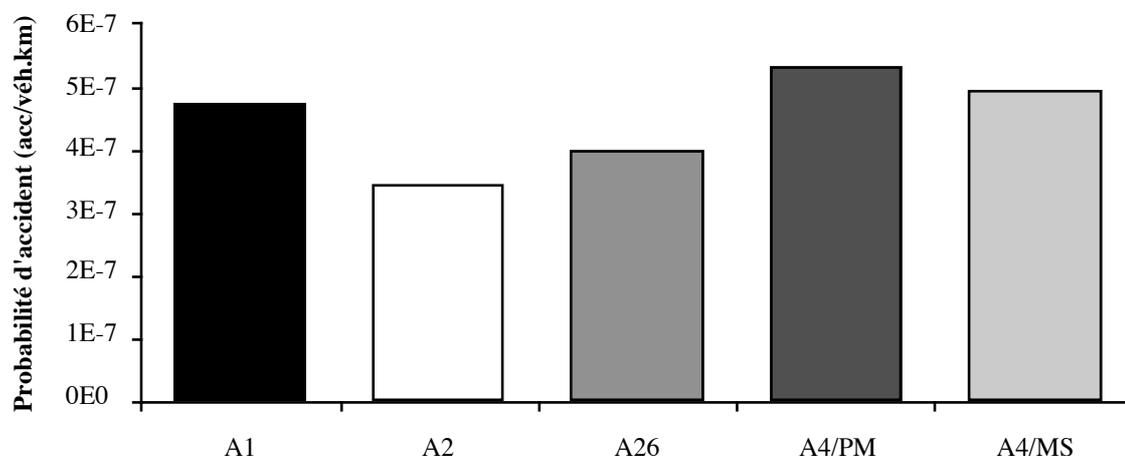
Afin de définir les "points noirs" de chaque autoroute, la probabilité d'accident a été calculée par année et par tronçon. Cette analyse révèle la présence de tronçons possédant des taux d'accident supérieurs à  $10^{-6}$  accident / véh.km, principalement sur les autoroutes A4 et A1. Il convient de noter que ces tronçons sont souvent associés à des entrées-sorties de grandes agglomérations.

De plus, l'analyse des résultats révèle une tendance légèrement décroissante des probabilités d'accident entre 1986 et 1990. L'effort de sécurité routière qui a été mené ces dernières années pourrait expliquer en partie cette tendance. L'autoroute A4 Paris-Metz présente en moyenne sur 5 ans, la plus forte probabilité d'accident avec  $5,3 \cdot 10^{-7}$  acc./véh.km, l'autoroute A4 Metz-Strasbourg ayant pour sa part une probabilité de  $4,99 \cdot 10^{-7}$  acc./véh.km. Les autres valeurs sont plus faibles, mais demeurent relativement proches : soit  $4,7 \cdot 10^{-7}$  acc./véh.km pour l'A1,  $3,4 \cdot 10^{-7}$  acc./véh.km pour l'A2 et  $4,0 \cdot 10^{-7}$  acc./véh.km pour l'autoroute A26. Il convient de remarquer la faible dispersion des résultats obtenus (écart type de  $0,88 \cdot 10^{-7}$ ), malgré les différences de trafic et de conception des autoroutes considérées. Sur la période 1986-1990, une valeur moyenne de  $4,7 \cdot 10^{-7}$  acc/véh.km peut être retenue. Le Tableau 23 présente l'ensemble des résultats, les probabilités moyennes par autoroute sont illustrées sur la Figure 16.

**Tableau 23. Probabilités d'accident (acc./véh.km) sur le réseau SANEF (période 1986-1990)**

	1986	1987	1988	1989	1990	1986-1990
<b>A4 M-S</b>	$5,99 \cdot 10^{-7}$	$5,33 \cdot 10^{-7}$	$5,31 \cdot 10^{-7}$	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$4,25 \cdot 10^{-7}$	$4,99 \cdot 10^{-7}$
<b>A4 P-M</b>	$4,41 \cdot 10^{-7}$	$5,91 \cdot 10^{-7}$	$5,29 \cdot 10^{-7}$	$4,99 \cdot 10^{-7}$	$5,7 \cdot 10^{-7}$	$5,31 \cdot 10^{-7}$
<b>A1</b>	$5,42 \cdot 10^{-7}$	$5,26 \cdot 10^{-7}$	$4,73 \cdot 10^{-7}$	$4,19 \cdot 10^{-7}$	$4,25 \cdot 10^{-7}$	$4,72 \cdot 10^{-7}$
<b>A2</b>	$4,77 \cdot 10^{-7}$	$4,41 \cdot 10^{-7}$	$3,13 \cdot 10^{-7}$	$2,44 \cdot 10^{-7}$	$2,89 \cdot 10^{-7}$	$3,42 \cdot 10^{-7}$
<b>A26</b>	$5,24 \cdot 10^{-7}$	$2,86 \cdot 10^{-7}$	$2,89 \cdot 10^{-7}$	$3,92 \cdot 10^{-7}$	$4,78 \cdot 10^{-7}$	$3,97 \cdot 10^{-7}$
<b>Moyenne pondérée</b>	<b><math>5,3 \cdot 10^{-7}</math></b>	<b><math>5,11 \cdot 10^{-7}</math></b>	<b><math>4,63 \cdot 10^{-7}</math></b>	<b><math>4,27 \cdot 10^{-7}</math></b>	<b><math>4,55 \cdot 10^{-7}</math></b>	<b><math>4,72 \cdot 10^{-7}</math></b>
<b>Ecart Type</b>						<b><math>0,99 \cdot 10^{-7}</math></b>

### Probabilité d'accident moyenne par véh.km entre 1986 et 1990



**Figure 16. Probabilité d'accident sur les autoroutes A1, A2, A26 et A4.**

#### 4.2. Probabilités d'accident sur le réseau d'autoroutes du Sud de la France (ASF)

A partir de données récentes [6] (1989-1993) sur le nombre d'accidents de poids-lourds intervenus sur le réseau des Autoroutes du Sud de la France (ASF) et du trafic observé sur cette période, les probabilités d'accident par véhicule.km ont été évaluées (Tableau 24).

**Tableau 24. Probabilités d'accident (acc./véh.km) sur le réseau ASF**

Autoroutes	1989	1990	1991	1992	1993	1989-1993
<b>A72</b>	$5,82.10^{-7}$	$6,11.10^{-7}$	$4,29.10^{-7}$	$4,49.10^{-7}$	$3,02.10^{-7}$	$4,64.10^{-7}$
<b>A7-A8-A9-A54</b>	$2,89.10^{-7}$	$3,03.10^{-7}$	$2,79.10^{-7}$	$2,43.10^{-7}$	$2,31.10^{-7}$	$2,67.10^{-7}$
<b>A9-A61</b>	$4,59.10^{-7}$	$3,99.10^{-7}$	$3,73.10^{-7}$	$3,54.10^{-7}$	$3,43.10^{-7}$	$3,84.10^{-7}$
<b>A62</b>	$3,00.10^{-7}$	$2,50.10^{-7}$	$2,83.10^{-7}$	$2,84.10^{-7}$	$2,51.10^{-7}$	$2,73.10^{-7}$
<b>A10</b>	$3,37.10^{-7}$	$4,01.10^{-7}$	$4,14.10^{-7}$	$2,51.10^{-7}$	$2,64.10^{-7}$	$3,32.10^{-7}$
<b>A11</b>	$4,25.10^{-7}$	$3,58.10^{-7}$	$2,25.10^{-7}$	$1,69.10^{-7}$	$2,82.10^{-7}$	$2,81.10^{-7}$
<b>A63</b>	-	-	-	$3,91.10^{-7}$	$3,44.10^{-7}$	$3,66.10^{-7}$
<b>A64</b>	$2,68.10^{-7}$	$4,91.10^{-7}$	$3,85.10^{-7}$	$2,71.10^{-7}$	$2,33.10^{-7}$	$3,07.10^{-7}$
<b>Moyenne ASF</b>	$3,52.10^{-7}$	$3,45.10^{-7}$	$3,21.10^{-7}$	$2,86.10^{-7}$	$2,70.10^{-7}$	$3,12.10^{-7}$
<b>écart type</b>						$9,73.10^{-8}$

La probabilité d'accidents observée sur les autoroutes du Sud de la France est en moyenne de  $3,1 \cdot 10^{-7}$  accident/véh.km, cette valeur est comparable à celle obtenue sur les autoroutes de la SANEF ( $4,7 \cdot 10^{-7}$  accident/véh.km). La valeur plus faible obtenue sur le réseau ASF s'explique vraisemblablement par les meilleures conditions météorologiques observées dans le sud de la France (moins de pluie, de brouillard, ...).

### **4.3. Conclusion de l'analyse des accidents autoroutiers**

De manière générale, les autoroutes présentent des taux d'accident cohérents, une valeur moyenne de  $4 \cdot 10^{-7}$  acc./véh.km peut être retenue dans des études de risques associés au transport routier. En supposant un taux d'accident 4 fois plus faible pour les PLMD (PL transportant des matières dangereuses), la probabilité d'accident PLMD est évaluée à environ  $10^{-7}$  acc./véh.km sur autoroutes.

En raison du manque d'information sur le trafic, il est difficile de déterminer suivant les mêmes critères la probabilité d'accident sur l'ensemble du réseau national. Néanmoins, d'après les données d'un rapport statistique sur les accidents de la route [7], il apparaît que le trafic autoroutier tous types confondus représente 15 % du trafic total, et implique 4 % des accidents corporels. En supposant une répartition semblable du trafic et des accidents pour les PLMD, la probabilité s'élèverait à  $3,8 \cdot 10^{-7}$  acc./véh.km sur l'ensemble du réseau (routes et autoroutes). Il convient de noter que cette valeur est assez proche des probabilités d'accident de PLMD observées aux Etats-Unis ( $15,5 \cdot 10^{-7}$ ), en Grande Bretagne ( $6,7 \cdot 10^{-7}$ ) et aux Pays Bas ( $4,4 \cdot 10^{-7}$ ) [8]. Les différences s'expliquent en grande partie par la prise en compte d'accidents moins sévères dans ces pays, en particulier aux Etats-Unis où tous les accidents engendrant plus de 250\$ de perte matérielle sont considérés.



## 5. CONCLUSION

L'analyse statistique menée dans cette étude repose sur le traitement d'une base accidentelle, de véhicules transportant des matières dangereuses, contenant un descriptif précis des différents paramètres caractéristiques. Cette analyse permet d'une part, d'apprécier l'environnement accidentel et, d'autre part, d'identifier les événements importants, pouvant initier l'accident ou être préjudiciables à la matière transportée. Ainsi, les caractéristiques de l'accident ont été étudiées en terme de localisation, de véhicule, d'usagers et de matière transportée, des analyses plus spécifiques ayant porté sur des indicateurs représentatifs de contraintes tels que la vitesse d'impact et l'incendie.

Afin de connaître la fréquence d'occurrence de ces événements dans le cadre d'une étude prospective des risques, il est nécessaire de déterminer la probabilité d'accident. Pour cela, certains réseaux autoroutiers ont été analysés. Sur ce type de voies, le trafic par catégorie de véhicule étant accessible, la connaissance du nombre d'accidents sur une période donnée a permis alors d'évaluer la probabilité kilométrique d'accident de poids lourds. Plusieurs réseaux étant disponibles, la cohérence des résultats obtenus a pu être vérifiée. L'ensemble de cette étude constitue donc une représentation statistique de l'événement accidentel au sens de sa probabilité intrinsèque d'occurrence et de la description de ses caractéristiques générales.



## REFERENCES

- [1] **Circulation accidents sur routes nationales et autoroutes Dossier Thématique**, Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes, 1989.
- [2] SANEF, **Etude des risques de pollution accidentelle, Résultats des enquêtes de circulation**, CETE de l'Est, Octobre 1991.
- [3] LAMY Transport, **Marchandises Dangereuses, Nomenclature des Matières**, 1988
- [4] **Activité Opérationnelle 1993**, Brigade des Sapeurs Pompiers de Paris.
- [5] D. RAFFESTIN, **Analyse statistique des accidents de poids lourds sur les autoroutes A1, A2, A4 et A26**, CEPN NTE/92/031 et 038, 1993.
- [6] Autoroutes du Sud de la France, **Accidents de transports par poids lourds**, Communication personnelle, 1994.
- [7] **Rapport Statistique sur les accidents de la route**, Conférence Européenne des Ministres des Transports (CEMT), 1992.
- [8] D. RAFFESTIN, L. LEBAIL, **Comparaison internationale des risques associés aux transports routiers et ferroviaires de matières dangereuses**, CEPN-R-213, 1993.

## BIBLIOGRAPHIE

MESLIN T., PAGES P., **L'évaluation de la sûreté des transports de matière radioactive**, CEPN-R-25, 1979.

HUBERT P., PAGES P., DEGRANGE J.P., **Transport de plutonium sous forme oxyde. Accidentologie aérienne et routière. Annexes**, CEPN-R-138, 1989.

RANCILLAC F., PAGES P., **Description et analyse des accidents de poids lourds transportant des matières dangereuses des années 1987, 1988 et 1989**, CEPN-R-181, 1991.

---

RANCILLAC F., PAGES P., **Analyse des accidents et évaluation des risques associés au transport de matières dangereuses par poids lourds**, CEPN-R-188, 1993.