

# LE TRANSPORT DE MATIÈRES RADIOACTIVES

## Bilan des événements de transport survenus en France de 1999 à 2009

Rapport DSU n°2011 - 238

DIRECTION DE LA SÛRETÉ DES USINES,  
DES LABORATOIRES, DES TRANSPORTS  
ET DES DÉCHETS

---

---

## RESUME

Ce rapport<sup>1</sup> présente une synthèse des événements de transport de matières radioactives déclarés en France de 1999 à 2009. Pour les 1 085 événements renseignés pour cette période dans la base de données de l'IRSN, plusieurs paramètres déduits des comptes rendus et des déclarations transmis par les industriels (type d'événements, utilisation, nombre et type de colis, niveau INES...) ont été enregistrés et analysés.

L'évolution dans le temps du nombre d'événements déclarés et de leur niveau de gravité est présentée. Puis, une synthèse des événements les plus fréquents et de leur tendance d'évolution est réalisée. Une présentation plus détaillée de quelques événements survenus en 2008 et 2009 est également proposée.

Cette synthèse permet notamment d'identifier des actions susceptibles de faire progresser la sûreté des transports de matières radioactives ; ces actions peuvent se décliner selon les trois axes suivants : proposition de thèmes pour les inspections menées par l'autorité de sûreté nucléaire, vérification de la prise en compte des améliorations relatives à la conception ou à l'utilisation dans les expertises réalisées par l'IRSN pour les modèles de colis et propositions de modifications de la réglementation.

---

---

## ABSTRACT

This report presents transport events involving radioactive materials, occurred on French territory from 1999 to 2009, listed in the IRSN's database. 1,085 events have been recorded. For each of them, several parameters have been collected and analysed from information listed in the notifications and reports of the events sent by users (type of event, purpose, number and type of packages, level on the INES scale...).

The number and seriousness of the collected events are compared to those occurred in the previous years. Then a synthesis of the most common events and of the tendency of evolution of their frequency is presented. A short description of some events occurred in 2008 and 2009 is also proposed.

This synthesis, mainly informative, also gives a view of the preventive actions that could be recommended to improve the safety of the radioactive material transports: proposals of topics for inspections led by the competent authority, identification of technical items to be checked when performing package design assessment and proposals for regulatory changes.

---

---

## MOTS-CLES

**Événements, Transports, Matières Radioactives, Bilan, 1999-2009**

---

<sup>1</sup> Ce rapport complète celui cité en référence [3], relatif aux événements survenus entre 1999 et 2007

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1 INTRODUCTION</b> .....	<b>4</b>
<b>2 COLLECTE DES INFORMATIONS</b> .....	<b>4</b>
<b>3 EVENEMENTS CONSIDERES</b> .....	<b>5</b>
<b>4 ANALYSE DES DONNEES</b> .....	<b>6</b>
4.1 NOMBRE ET GRAVITE DES EVENEMENTS .....	6
4.2 REPARTITION PAR SECTEUR D'ACTIVITE .....	7
4.3 REPARTITION PAR MODE DE TRANSPORT .....	8
4.4 REPARTITION PAR TYPE DE COLIS.....	10
4.5 EVOLUTION DES EVENEMENTS DES TYPES LES PLUS FREQUENTS.....	11
4.6 ÉVENEMENTS LIES A UNE MAUVAISE PREPARATION DU COLIS.....	14
4.7 ÉVENEMENTS IMPLIQUANT UN TRANSPORT D'HEXAFLUORURE D'URANIUM (UF <sub>6</sub> ) .....	15
<b>5 DESCRIPTION D'ÉVENEMENTS SURVENUS EN 2008 ET 2009</b> .....	<b>16</b>
5.1 ÉVENEMENTS A CARACTERE RADIOLOGIQUE.....	16
5.2 EVENEMENTS LIES A UNE NON CONFORMITE DES COLIS .....	18
5.3 ENDOMMAGEMENT DU « FLAT » DE TRANSPORT D'UN CONTENEUR D'UF <sub>6</sub> APPAUVRI.....	19
<b>6 CONCLUSIONS</b> .....	<b>21</b>
<b>RÉFÉRENCES</b> .....	<b>23</b>
<b>TABLE DES FIGURES</b> .....	<b>24</b>
<b>ANNEXE 1 FORMULAIRE DE DÉCLARATION</b> .....	<b>25</b>
<b>ANNEXE 2 NIVEAUX DE GRAVITÉ DE L'ÉCHELLE INES APPLIQUÉE AUX TRANSPORTS DE MATIERES RADIOACTIVES</b> .....	<b>26</b>
<b>ANNEXE 3 TYPOLOGIE DES COLIS DE TRANSPORT DE MATIERES RADIOACTIVES</b> ...	<b>27</b>
<b>ANNEXE 4 FLUX DE TRANSPORT DE MATIERES RADIOACTIVES EN FRANCE</b> .....	<b>28</b>
<b>ANNEXE 5 LIMITES REGLEMENTAIRES DE DOSE ET ORDRE DE GRANDEUR DE L'EXPOSITION A QUELQUES SOURCES D'IRRADIATION NATURELLES OU ARTIFICIELLES COURANTES</b> .....	<b>29</b>

# **1 INTRODUCTION**

Les transports de matières radioactives en France concernent chaque année environ 940 000 colis utilisés majoritairement dans les domaines médicaux, pharmaceutiques et industriels. Les matières transportées diffèrent par leur activité, leur forme, leur conditionnement..., ce qui induit une diversité de risques : contamination, exposition aux rayonnements ionisants, criticité, dommages causés par la chaleur...

Ce rapport dresse un bilan, sur la période 1999 à 2009, de l'ensemble des « événements de transport de matières radioactives » survenus en France qui ont été déclarés à l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), conformément au guide de l'ASN relatif aux déclarations des événements impliquant la sûreté, la radioprotection et l'environnement [1]. Ces événements incluent tous ceux dits significatifs et classés sur l'échelle INES [2] ainsi que ceux non classés et déclarés comme intéressant la sûreté.

La première partie de ce rapport présente le processus de collecte des informations, l'évolution annuelle du nombre d'événements et de leur classification sur l'échelle INES ainsi que la répartition de ces événements par type de colis ou secteur d'utilisation de la matière radioactive transportée. Puis, une analyse par type d'événement est réalisée. Enfin, une description plus détaillée de quelques événements significatifs survenus en 2008 et 2009 est proposée afin de permettre une meilleure compréhension de leur déroulement, des circonstances associées et des enseignements qui peuvent en être tirés.

Le bilan des axes d'amélioration en matière de prévention, identifiés à la suite de l'analyse globale de ces événements, complète ce rapport.

## **2 COLLECTE DES INFORMATIONS**

Les expéditeurs de colis de matières radioactives doivent déclarer tout événement survenu au cours d'un transport, qu'il ait donné lieu ou non à des conséquences radiologiques. Ces déclarations sont adressées à l'ASN, qui est en charge de la réglementation de la sûreté des transports de matières radioactives en France et du contrôle de son application.

Hors situation d'urgence avérée, les déclarations des événements doivent être effectuées dans les délais fixés par les réglementations modales applicables (48 h pour les transports terrestres) à l'aide du formulaire du guide [1] présenté en annexe 1. Sont considérés comme événements de transport de matières radioactives, les événements qui sont intervenus, soit au cours du transport, soit au cours des opérations de chargement, de déchargement ou de contrôle avant et après le transport. Les critères de déclaration sont définis dans ce même guide.

Lorsqu'il s'agit d'un événement significatif, le déclarant doit ensuite transmettre un compte rendu détaillé de l'événement dans les deux mois suivant sa déclaration. Ce compte rendu permet d'apporter des informations qui ne seraient pas encore connues lors de la déclaration de l'événement (résultats d'analyse par exemple) et de décrire plus précisément le déroulement de l'événement et son analyse (causes identifiées, actions correctives mises en place...).

Les déclarations des événements de transport de matières radioactives et les comptes rendus associés doivent également être transmis à la DREAL de la région concernée, à la Division de l'ASN territorialement compétente ainsi qu'à l'IRSN.

Les informations figurant dans ces formulaires et comptes rendus d'événement sont suivies et analysées par l'ASN. Elles sont saisies par l'IRSN dans une base de données répertoriant les événements enregistrés à partir de 1999. L'exploitation de cette base de données a pour but principal de fournir des éléments de retour d'expérience pour renforcer la sûreté des transports ou pour motiver d'éventuelles évolutions de la réglementation.

Il convient de remarquer que l'exhaustivité des événements présents dans la base de données de l'IRSN dépend de la rigueur mise en œuvre par les industriels expéditeurs et transporteurs pour déclarer les événements de transport en application du guide [1] ; ceci est tout particulièrement sensible pour les événements n'ayant pas eu de conséquences radiologiques réelles, pour lesquels l'appréciation des conséquences potentielles sur la sûreté peut être sujette à interprétation.

Par ailleurs, certains événements déclarés pour les installations nucléaires de base (INB) sont considérés par l'IRSN dans sa base de données, dans la mesure où ils concernent des colis et sont de nature à apporter des enseignements pour les transports.

Enfin, il est à noter qu'il n'est pas dans les objectifs du présent rapport de compiler les événements de transport intéressant la défense.

### **3 EVENEMENTS CONSIDERES**

Dans son rapport [3], l'IRSN a réalisé un bilan des événements de transport de matières radioactives survenus en France entre 1999 et 2007. Ce rapport est disponible sur le site internet de l'IRSN. Aussi, le présent rapport traite plus particulièrement des événements survenus en 2008 et 2009.

Les événements considérés peuvent être de différentes natures :

- écarts aux exigences réglementaires (arrêtés relatifs à chaque mode (route, voie ferrée, voie fluviale, voie maritime, voie aérienne), aux certificats d'agrément des modèles de colis ou de matière, ou aux certificats d'approbation d'expédition et arrangements spéciaux,
- agressions extérieures (choc, incendie...),
- défaillance ou défaut d'un composant du colis,
- perte ou vol d'un colis.

Par rapport au précédent rapport les événements suivants ne sont pas considérés :

- les événements survenus au cours de transports internes, c'est-à-dire sur le site d'un exploitant,
- les événements impliquant des transports dont l'expéditeur est étranger, sauf s'ils ont eu des conséquences en France.

Par ailleurs, la distinction entre les événements classés au niveau 0 de l'échelle INES et ceux hors échelle n'est plus réalisée, l'ensemble de ces événements étant caractérisé par l'absence d'impact du point de vue de la sûreté (cf. annexe 2).

Par convention et comme dans le précédent rapport [3], le classement annuel est réalisé à partir de la date de l'événement et non de celle de la déclaration. Aussi, les chiffres présentés peuvent différer légèrement de ceux publiés par l'ASN qui possède sa propre base de données et dont le classement s'appuie sur la date de déclaration des événements.

## 4 ANALYSE DES DONNEES

### 4.1 NOMBRE ET GRAVITE DES EVENEMENTS

Depuis 1999, l'échelle INES des événements nucléaires [2] est applicable aux événements de transport de matières radioactives survenant en France. Cette échelle, destinée à faciliter la perception par les médias et le public de l'importance en matière de sûreté des incidents et des accidents nucléaires, comporte 8 niveaux de gravité. L'annexe 2 présente ces différents niveaux.

Le classement sur cette échelle des événements de transport de matières radioactives et leur évolution depuis 1999 est présenté sur la figure 1. Cette échelle n'ayant été appliquée qu'au cours de l'année 1999, un certain nombre d'événements de cette année n'ont pas été classés selon les niveaux définis dans l'échelle.

Un seul incident survenu en 2001 a été classé niveau 3 sur l'échelle INES. Cet événement a été décrit plus précisément dans le précédent rapport [3] de l'IRSN.

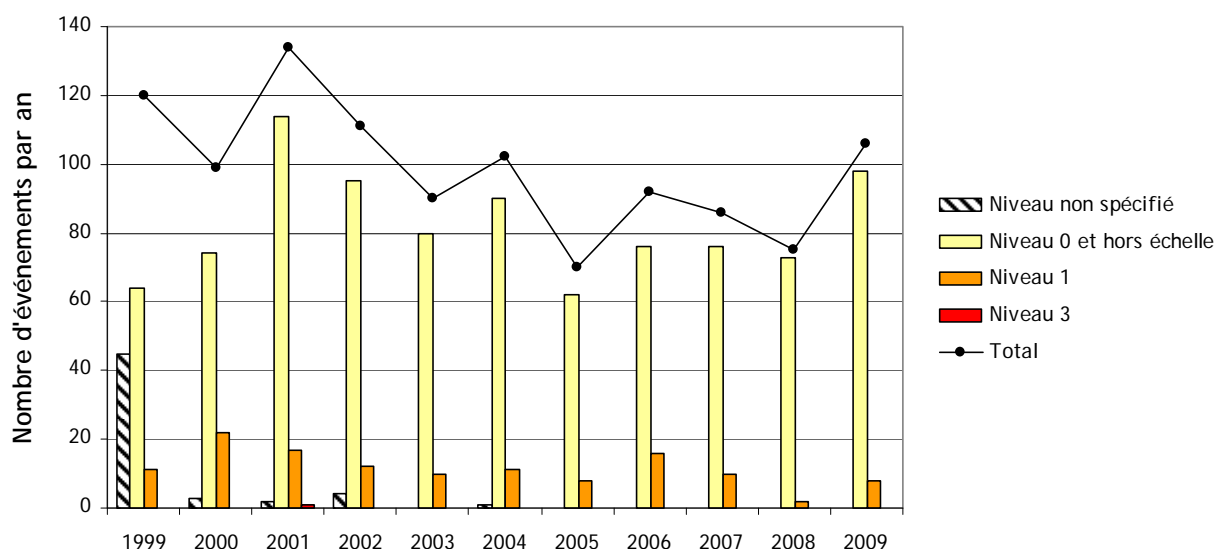


Figure 1 - Classement sur l'échelle INES des événements survenus entre 1999 et 2009

La moyenne du nombre d'événements déclarés par an sur la période 2005-2009 a diminué d'environ 20 % par rapport à celle sur la période 1999-2004, malgré la hausse observée en 2009. Cette hausse est principalement liée à l'augmentation des déclarations d'événements dans le secteur médical, due vraisemblablement à une meilleure connaissance de la procédure de déclaration des événements dans ce secteur (+62 % en 2009 par rapport à la moyenne 2005-2008), et dans le cycle du combustible (+39 % en 2009 par rapport à la moyenne 2005-2008).

Comme indiqué dans le rapport [3], il convient de garder à l'esprit que le nombre d'événements enregistrés chaque année est à un indicateur à considérer avec prudence, puisqu'il dépend notamment de l'efficacité des systèmes de détection des écarts et de déclaration.

### 4.1.1 ÉVÉNEMENTS CLASSES NIVEAU 1

127 événements classés niveau 1 sur l'échelle INES sont répertoriés depuis 1999 ; le nombre varie entre 2 et 22 par an. Leur répartition par type d'événement depuis 2005 est présentée figure 2. Sur les cinq dernières années, 43 % des événements classés niveau 1 sont liés au vol ou bien à la perte d'un colis, 18 % ont été causés par l'absence de prise en compte de la réglementation relative aux matières dangereuses de classe 7 (matières radioactives) lors du transport et 13 % par un mauvais conditionnement du colis avant transport.

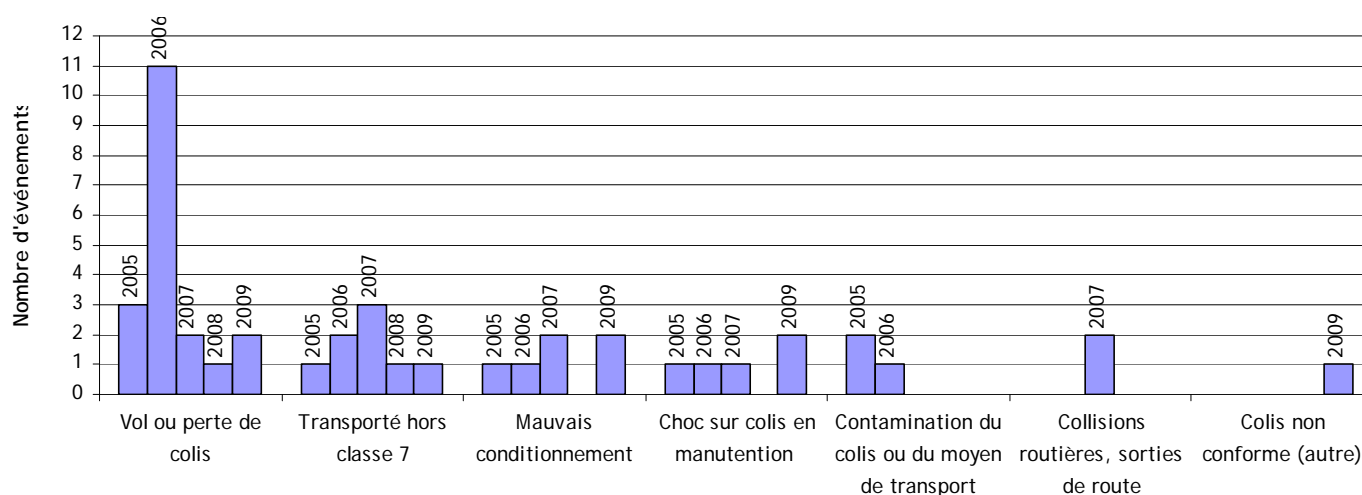


Figure 2 - Répartition par type des événements classés niveau 1 sur l'échelle INES entre 2005 et 2009

### 4.1.2 ÉVÉNEMENTS CLASSES NIVEAU 0 ET HORS ECHELLE

Plus de 80 % des événements considérés sur la période 1999-2009 n'ont pas eu d'impact du point de vue de la sûreté (niveau 0 de l'échelle INES et hors échelle). Bien que de faible importance, ces événements peuvent présenter un intérêt et nécessiter une analyse approfondie et des mesures correctives. En effet, les événements liés à des erreurs ou absences concernant les documents de transport ou l'étiquetage, par exemple, peuvent être préjudiciables pour les personnes amenées à manipuler les colis (cf. § 4.5.1). Ces événements concernent également des défauts d'arrimage qui pourraient conduire à aggraver une situation incidentelle même si lors du transport concerné les colis n'ont pas été endommagés. Enfin, la déclaration de ces événements permet d'identifier un éventuel caractère répétitif ou précurseur qui pourrait être le signe d'une situation anormale. Comme déjà indiqué dans le rapport [3], ce type d'événements constitue une riche source d'information et il convient d'encourager leur déclaration par les expéditeurs. A cet égard, l'augmentation de 37 % de leur nombre en 2009 par rapport à la période 2005-2008 montre une bonne sensibilisation des acteurs.

## 4.2 REPARTITION PAR SECTEUR D'ACTIVITE

La répartition des événements déclarés en 2008 et 2009 par secteur d'activité ainsi que la répartition moyenne enregistrée sur la période 1999-2007 sont présentées sur la figure 3.

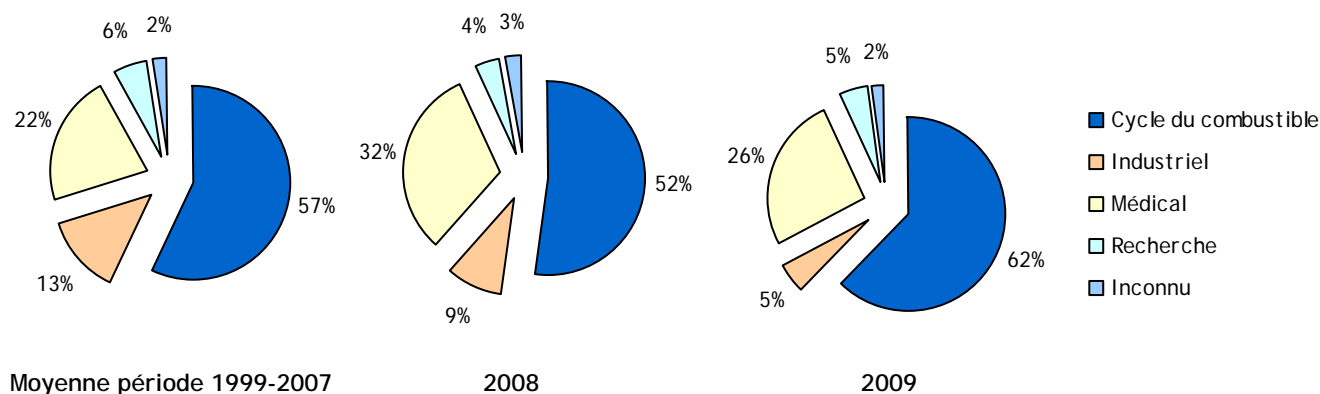


Figure 3 - Répartition des événements par secteur d'activité

Le secteur du cycle du combustible représente la majeure partie des événements avec une proportion comprise entre 50 % et 60 % en fonction des années. Le secteur médical vient en deuxième position avec une augmentation en 2008 et 2009 : 24 et 28 événements déclarés respectivement en 2008 et 2009 contre 22 par an en moyenne entre 1999 et 2007. Le nombre d'incidents liés au secteur industriel a, quant à lui, fortement chuté : 7 et 5 événements déclarés respectivement en 2008 et 2009 contre 13 par an en moyenne entre 1999 et 2007. Le nombre d'incidents dans le secteur de la recherche reste le plus faible, mais sans évolution significative étant donné le peu d'événements concernés.

La baisse des déclarations d'événements relatifs au transport des matières radioactives utilisées pour les contrôles industriels ne peut pas être reliée à un type d'événement en particulier et leur suivi sur la période 1999-2007 révèle une fluctuation importante suivant les années (entre 5 et 26/an). Indépendamment de ces variations, la part des événements déclarés pour ce secteur apparaît faible au regard du nombre de colis transportés, qui représentent plus de 50 % des colis de transport de matières radioactives en France (cf. annexe 4, figure 19). Ceci peut être dû à une moins bonne sensibilisation aux pratiques de déclaration des événements, notamment lorsqu'ils sont sans conséquence sur la sûreté. En effet, les événements classés au niveau 1 de l'échelle INES représentent environ 19 % des événements déclarés pour le secteur industriel depuis 1999, contre 6 % dans le secteur du cycle du combustible. A contrario, la part des événements déclarés pour le secteur du cycle du combustible est élevée comparée à la proportion (15 %) de ce secteur dans l'ensemble des colis de matières radioactives transportés en France (cf. annexe 4, figure 19).

Les actions de communication menées par l'ASN et l'IRSN sur ce sujet vont dans le sens d'une plus grande sensibilisation de ces acteurs. En particulier, l'ASN organise des journées de sensibilisation des acteurs du transport des matières radioactives pour le nucléaire dit « de proximité » dans ses divisions régionales.

### 4.3 REPARTITION PAR MODE DE TRANSPORT

La répartition des événements déclarés en 2008 et 2009 par mode de transport ainsi que la répartition moyenne enregistrée sur la période 1999-2007 sont présentées sur la figure 4.



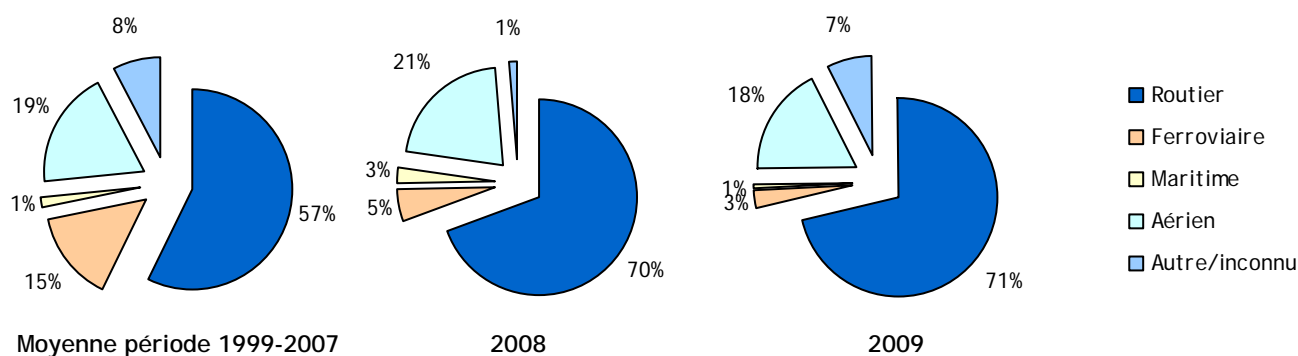


Figure 4 - Répartition des événements par mode de transport

Contrairement à la période 1999-2007, en 2008 et 2009, la part d'événements impliquant un transport ferroviaire a diminué fortement (de 15 % à 3 %). Cette diminution s'explique par la baisse progressive, à la suite des mesures correctives prises depuis 1998, des événements liés à des découvertes de points de contamination sur des emballages de transport de combustible irradié, qui sont transportés par rail (cf. § 4.5.2).

La comparaison, par mode de transport, de la répartition des événements déclarés avec celle des transports de matières radioactives en France (cf. annexe 4, figure 18) montre que la part d'événements liés à des transports aériens (environ 20 %) est importante au regard de la part que représente ce mode de transport dans l'ensemble des transports de matières radioactives (4 %). De plus, la répartition, par secteur d'utilisation de la matière, des événements impliquant un transport par voie aérienne révèle que, sur la période 1999-2009, près de 85 % d'entre eux concernent le secteur médical (cf. figure 5). Cette situation est le résultat de deux faits complémentaires : les expéditeurs de colis radiopharmaceutiques sont sensibilisés aux pratiques de déclaration et les méthodes de manutention et de transfert dans les aéroports français restent perfectibles (cf. § 4.5.3). **Bien que la plupart de ces événements n'aient pas eu d'impact sur la sûreté des colis, leur caractère répétitif justifie un suivi particulier.**

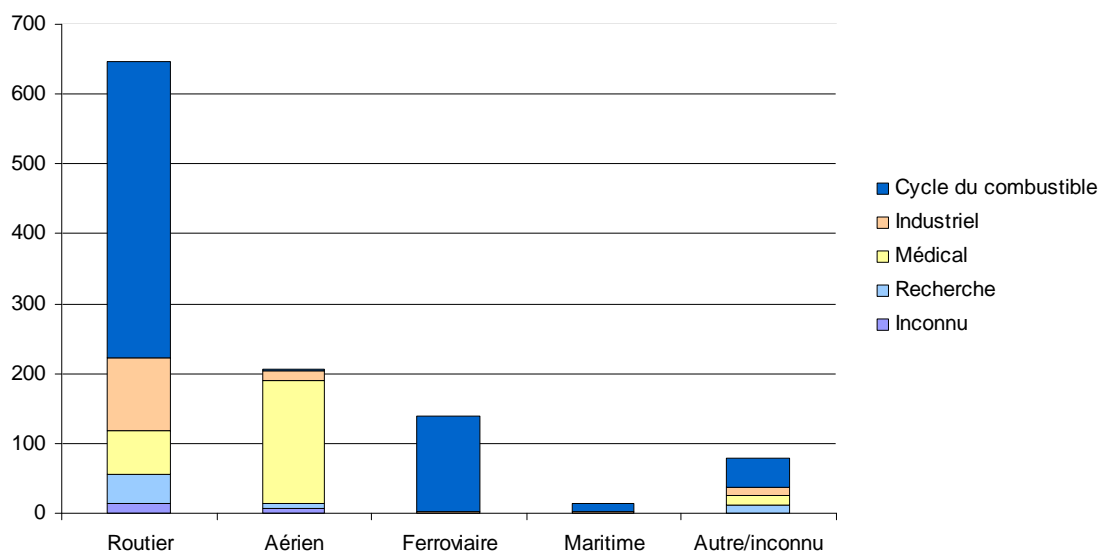


Figure 5 - Répartition des événements par mode de transport et secteur d'utilisation de la matière transportée - bilan 1999-2009

## 4.4 REPARTITION PAR TYPE DE COLIS

La figure 6 présente la répartition par type de colis (cf. annexe 3) des colis impliqués dans un événement de transport de matières radioactives en 2008 et 2009, ainsi que l'évolution de cette répartition par rapport à celle moyenne sur la période 1999-2007.

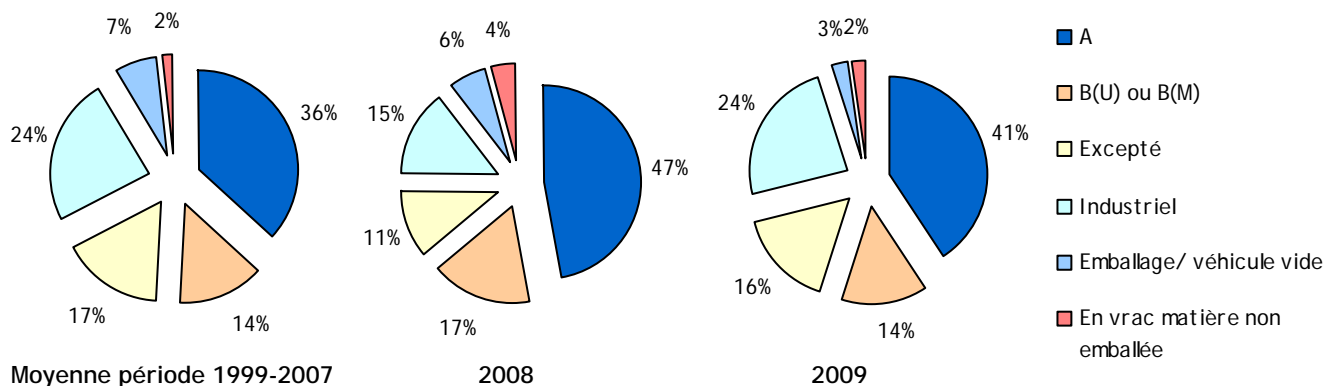


Figure 6 - Répartition des colis impliqués dans des événements par type de colis

La répartition par type de colis pour les deux dernières années est conforme à la moyenne observée sur la période 1999-2007. Les colis de type A sont les plus impliqués dans les événements déclarés et représentent environ 40 % des colis. L'augmentation de leur proportion en 2008 (qui atteint 47 %) est liée à la diminution du nombre total d'événements (diminution de 25 % du nombre d'événements en 2008 par rapport à la période 1999-2007). Les événements impliquant des colis de type « Industriel » et exceptés, dont le nombre avait été divisé par plus de 2 en 2008, présentent en 2009 des valeurs conformes à la moyenne 1999-2007. Cette réduction du nombre des événements en 2008 était principalement liée à la diminution du nombre d'événements des types « documents de transport ou étiquetage erronés ou absents » et « contamination du colis ou du moyen de transport » (cf. § 4.5).

La figure 7 présente la répartition, par type de colis et secteur d'utilisation de la matière, des événements déclarés de 1999 à 2009.

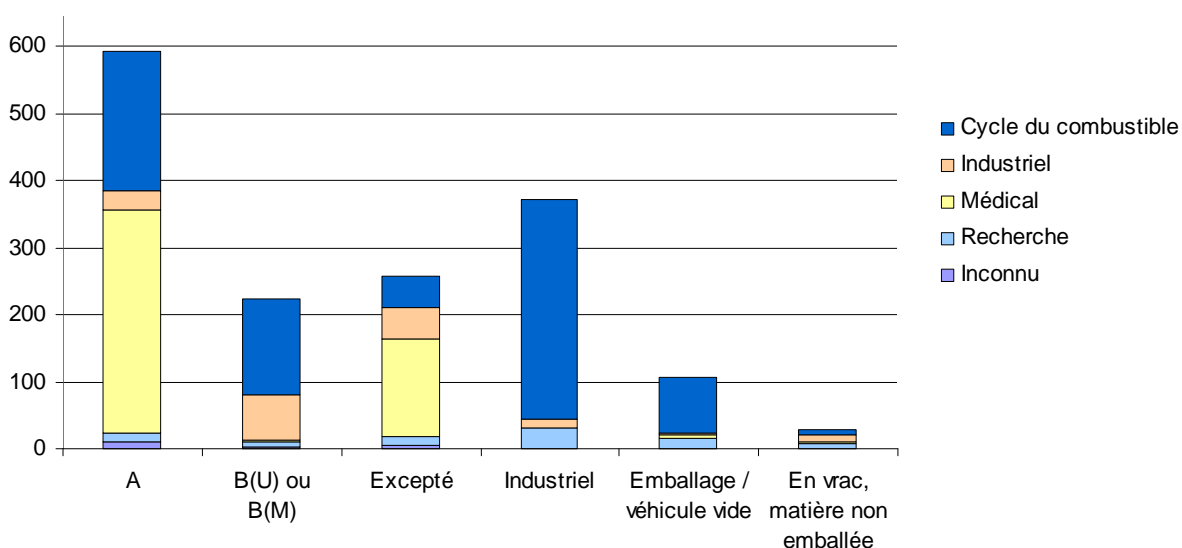


Figure 7 - Répartition des événements par type de colis et secteur d'utilisation de la matière transportée - bilan 1999-2009

Les colis de types « excepté », « industriel » et « A » qui ne font pas l'objet d'un agrément de la part de l'ASN représentent plus de 90 % des colis transportés chaque année en France et environ 85 % des colis impliqués dans les événements déclarés sur la période 1999-2009. La conformité de ces colis à la réglementation est donc d'autant plus importante. La réalisation d'inspections spécifiques sur les transports des colis non agréés contribue à améliorer l'organisation et les conditions de réalisation de ces transports et par conséquent devrait conduire à diminuer l'occurrence de ces événements. L'ASN prévoit d'intensifier les inspections de ce type.

## 4.5 EVOLUTION DES EVENEMENTS DES TYPES LES PLUS FREQUENTS

L'évolution des nombres d'événements correspondant aux types d'événements les plus fréquents sur les 5 dernières années est présentée figure 8.

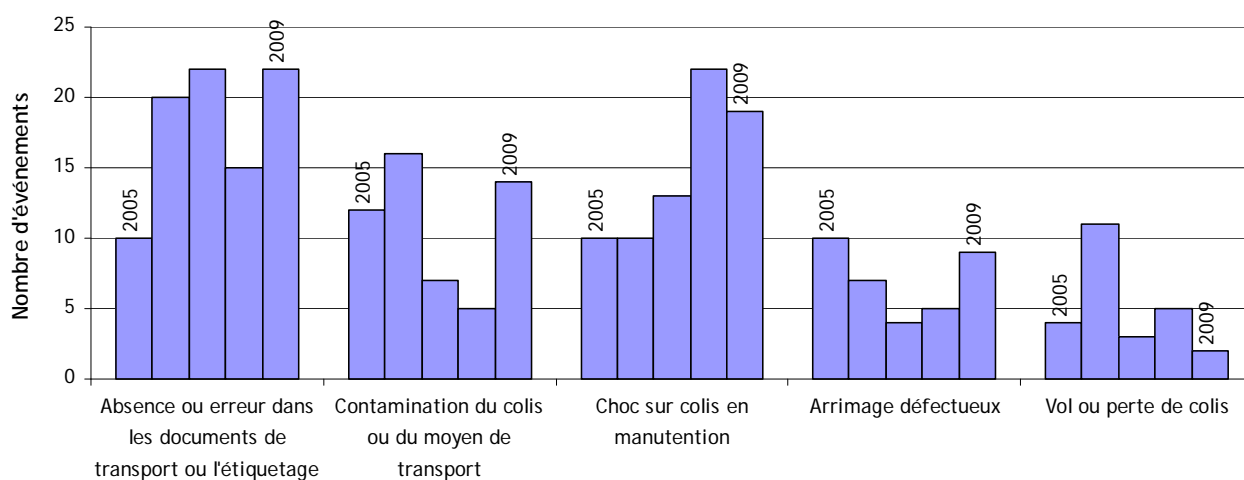


Figure 8 - Évolution du nombre d'événements les plus fréquents par type de 2005 à 2009

Une analyse pour chaque type d'événement est présentée ci-après.

### 4.5.1 LES ERREURS OU OUBLIS DE DOCUMENTS DE TRANSPORT OU D'ETIQUETAGE

Les oublis ou erreurs dans les documents de transport ou l'étiquetage constituent le type d'événement le plus fréquent sur la période 1999-2009. En 2009, ils représentent 21 % des événements déclarés. Malgré les baisses observées en 2005 et 2008, ces événements demeurent fréquents, en particulier pour ce qui concerne les colis non agréés qui représentent plus de 80 % de ces événements.

Le secteur du cycle du combustible est le premier déclarant pour ce type d'événements avec 60 % des événements déclarés, alors qu'il ne représente que 15 % des colis de matières radioactives transportés en France (cf. annexe 4). Ceci révèle une meilleure sensibilisation des acteurs de ce secteur à la déclaration de ce type d'événement.

Bien que ces erreurs ou oublis n'aient pas eu de conséquence réelle dans la majorité des cas, ils pourraient en avoir en cas d'incident ou d'accident. En effet, l'identification du type de colis et de la matière transportée est essentielle, des données erronées pouvant être préjudiciables à la gestion d'une situation de crise.

Aussi, il est important que les acteurs des secteurs industriel et médical identifient ce type d'événement, mettent en place les actions correctives appropriées et assurent le suivi de leur efficacité.

#### 4.5.2 DEPASSEMENT DE LA LIMITE DE CONTAMINATION SURFACIQUE

La limite réglementaire de contamination surfacique des colis ou des moyens de transport est de 4 Bq/cm<sup>2</sup> pour les émetteurs bêta, gamma et alpha de faible toxicité, et de 0,4 Bq/cm<sup>2</sup> pour les autres émetteurs alpha. Depuis 1999, une baisse progressive du nombre d'événements liés à une contamination du colis ou du moyen de transport est observée : 45 en 1999 contre 14 en 2009 (cf. figure 9). Ce type d'événement représente 13 % des événements déclarés en 2009.

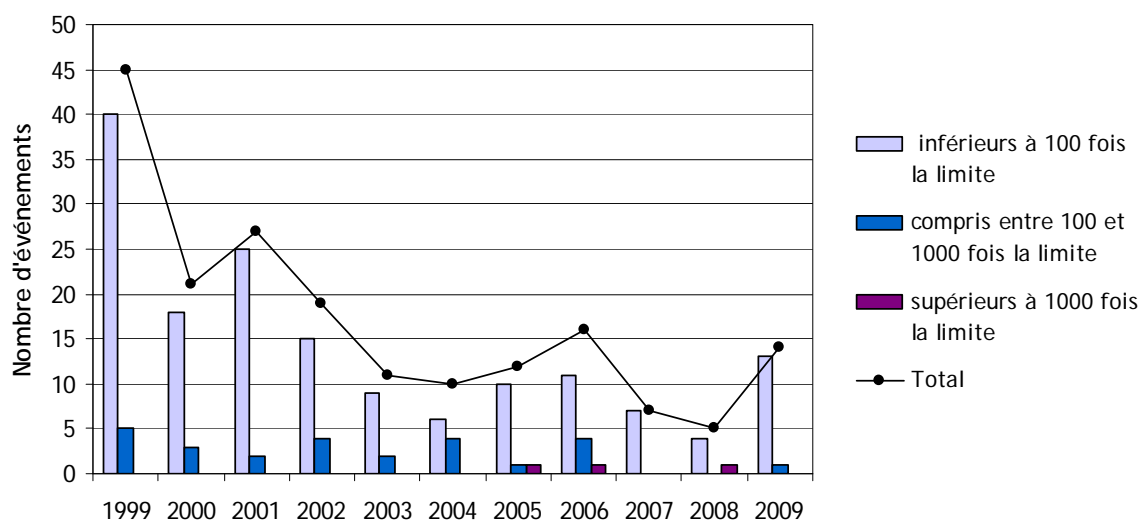


Figure 9 - Nombre d'événements de contamination survenus entre 1999 et 2009 et répartition selon la gravité

Il convient de remarquer que, contrairement à ce qui ressortait de l'analyse de la période 1999-2007, aucun des événements déclarés en 2008 et 2009 ne concerne des transports de combustible irradié. La majorité de ces contaminations concerne des colis de type « Industriel » ou des véhicules vides utilisés pour le transport d'outillages contaminés.

La plupart de ces déclarations font état de contaminations dont le dépassement de la limite autorisée est inférieur à 100 fois cette limite. Néanmoins, un cas de contamination supérieure à 1 000 fois la limite autorisée a été déclaré en 2008. Cet événement concerne la détection, lors du contrôle radiologique réalisé à l'arrivée d'un conteneur vide, d'une contamination ponctuelle située à proximité d'un point d'ancrage (crochet servant à la fixation des sangles) de 5 000 Bq/cm<sup>2</sup>, alors que le conteneur avait été expédié comme « envoi non radioactif ». Après analyse, il s'est avéré que tous les points d'ancrages du conteneur n'avaient pas été contrôlés avant l'expédition.

L'augmentation du nombre des événements de ce type en 2009 justifie qu'une attention particulière soit portée au suivi de ce type d'événement et montre l'intérêt de renouveler les actions de sensibilisation à la propreté menées dans les installations ces dernières années à la suite des nombreux incidents de contamination survenus avant 1998.

### 4.5.3 LES CHOCS SUR COLIS LORS DES OPERATIONS DE MANUTENTION

Les chocs sur colis représentent 29 % des événements déclarés en 2008 et près de 18 % en 2009. Les événements de ce type sont en forte augmentation (ils ont doublé) par rapport à la période 2005-2006 au cours de laquelle ils constituaient en moyenne 12 % des événements.

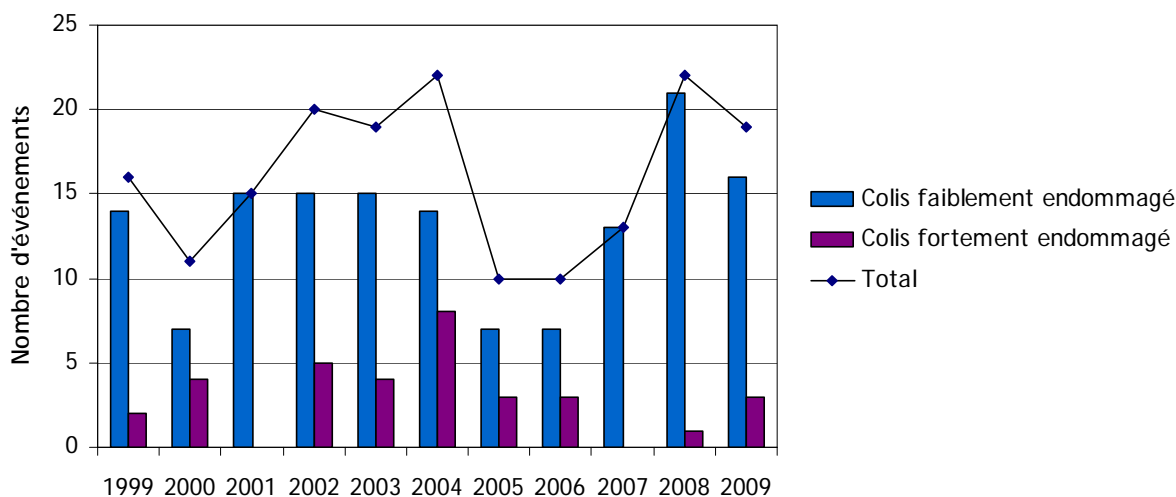


Figure 10 - Classement par année des événements de choc sur colis en manutention selon la gravité des dommages

Il convient de remarquer que la grande majorité de ces événements (68 % en 2008 et 89 % en 2009) ont eu lieu lors des transferts dans les aéroports et concernent le secteur médical, ainsi que cela avait été déjà observé sur la période 1999-2007 (cf. rapport [3]). Ce type d'événement concerne toujours en majorité des colis de type A avec 13 déclarations en 2008 et 17 en 2009.

La hausse globale des événements de ce type par rapport à la période 1999-2007 s'explique par l'augmentation des incidents de manutention survenus dans les aéroports (15 événements en 2008 et 17 en 2009 contre 14 en moyenne sur la période 1999-2007), mais également dans les ports (3 événements en 2008 et 1 en 2009, alors qu'il n'y en avait eu qu'un de 1999 à 2007). Tous les événements de manutention survenus dans des ports et déclarés depuis 1999 impliquent des cylindres chargés d'hexafluorure d'uranium ( $UF_6$ ). En raison des conséquences potentiellement significatives de ces chocs, une attention particulière doit être portée aux actions correctives mises en œuvre à la suite de ces événements (cf. § 4.7 et 5.3). Par conséquent, les actions de sensibilisation à la sûreté des opérations de transfert de colis radioactifs dans les aéroports devraient être maintenues et étendues aux ports dans lesquels des cylindres d' $UF_6$  sont manutentionnés.

### 4.5.4 ARRIMAGES DEFECTUEUX

Le nombre d'événements liés à des arrimages défectueux a augmenté en 2009 (9 événements déclarés, contre 5,5 en moyenne sur la période 1999-2008) : ils représentent un peu plus de 8 % des événements survenus et concernent exclusivement le domaine du cycle du combustible et celui des contrôles industriels. Plus généralement, sur la période 1999-2009, près de 90 % des événements liés à des arrimages défectueux concernent des colis non agréés du secteur du cycle du combustible. Les efforts de sensibilisation des opérateurs aux procédures d'arrimage devraient, par conséquent, être maintenus.

#### 4.5.5 LES VOLS OU PERTES DE COLIS

En 2009, seuls deux événements de ce type ont été déclarés. Le premier des deux événements concerne un colis de type A égaré lors de son transfert par avion et non retrouvé à la connaissance de l'IRSN. Ce type d'événement est particulièrement important car il pourrait conduire à ce que le colis se retrouve dans les mains de personnes non informées, qui pourraient être irradiées ou contaminées en essayant d'ouvrir le colis sans prendre de précaution particulière. Toutefois, dans le cas de ce colis à usage médical, qui contenait de l'iode 131 dont la période radioactive est de 8 jours, ces risques décroissent rapidement du fait de la diminution de l'activité du colis. Néanmoins, les risques sont significatifs dans ce laps de temps et les actions de sensibilisation à la sûreté des opérations de transfert de colis radioactifs dans les aéroports sont, par conséquent, à maintenir.

Le deuxième cas correspond au vol d'un colis excepté contenant une source de Cs 137 utilisée pour le contrôle et l'étalonnage de jauges radioactives. Le colis a été volé dans une caisse à outils lors de l'effraction d'un véhicule stationné sur la voie publique. A la connaissance de l'IRSN, le colis n'a pas été retrouvé.

#### 4.6 ÉVÉNEMENTS LIÉS A UNE MAUVAISE PREPARATION DU COLIS

Un certain nombre d'événements ont pour origine une mauvaise préparation des colis avant expédition : colis chargés d'un contenu non prévu ou conditionnement inadapté : défaut dans la fermeture ou bien dans la mise en place de l'aménagement interne, pression dans l'emballage non conforme, etc. L'occurrence de ces événements et leur tendance d'évolution est présentée figure 11.

Type d'événement	Moyenne sur la période 1999-2007	Nombre en 2008	Nombre en 2009
Colis chargé d'un contenu radioactif non prévu ou contenant un corps « étranger » <sup>1</sup>	2/an	4	11
Colis non conforme (conditionnement inadapté, défaut dans la fermeture...)	8/an	7	10
Total	10/an	11	21

Figure 11 - Évolution de la fréquence d'occurrence d'événements liés à une mauvaise préparation du colis

77 % des événements concernent les activités du cycle du combustible. 40 % concernent des colis de type B, 26 % des colis de type Industriel et 19 % des colis de type A. Les colis exceptés représentent moins de 6 %. En 2009, le nombre d'événements liés à la découverte d'un contenu non prévu a fortement augmenté. Sur les 11 événements, plus de la moitié (7 événements) concernent la découverte, lors du déchargement des colis ou bien lors des opérations de maintenance des emballages, de corps « étrangers »<sup>2</sup> dans des colis de type B utilisés pour le transport d'assemblages combustibles (cf. § 5.2.2). L'augmentation significative en 2009 des déclarations liées à ce type d'événement est très probablement liée à la sensibilisation des acteurs à cette problématique.

<sup>2</sup> On entend par corps « étranger » tout élément dont la présence dans l'emballage n'est pas prévue dans le certificat d'agrément.

De façon générale, les événements liés à une mauvaise préparation des colis méritent une attention particulière car ils sont de nature à engendrer des conséquences radiologiques, comme c'est le cas par exemple pour les deux événements présentés aux paragraphes 5.1.2.1 et 5.1.2.3 du présent rapport. Ils sont majoritairement causés par des facteurs organisationnels ou humains. Ces facteurs doivent être considérés lors de la définition des procédures d'utilisation et d'expédition des emballages, agréés ou non.

Dans ce cadre, l'ASN a demandé, dans son guide [4], que la notice d'utilisation des colis soit transmise lors de toute demande d'agrément d'un nouveau modèle de colis et que, à l'appui des demandes de prorogation des certificats d'agrément des modèles de colis, un retour d'expérience soit présenté afin de justifier la pertinence des instructions d'utilisation retenues. L'IRSN est par conséquent amené à expertiser ces documents et à préconiser la réalisation de doubles contrôles indépendants pour les opérations susceptibles d'affecter fortement les fonctions de sûreté des colis.

Par ailleurs, sur l'année 2009, seuls 55 % des comptes rendus d'événement transmis par les expéditeurs présentent une analyse des causes de l'événement à l'aide d'un arbre des causes. Ce schéma permet d'analyser a posteriori toutes les causes qui ont conduit à l'événement, de les mettre en perspective et de pouvoir les traiter. Ce type d'analyse est particulièrement important pour prévenir la répétition d'incidents liés à des facteurs organisationnels et humains. Aussi, l'utilisation de méthodes d'analyse par description de l'arbre des causes devrait être encouragée.

Enfin, une réflexion a été initiée sur la prise en compte de l'erreur humaine dans le cadre de la réglementation des transports.

## 4.7 ÉVÉNEMENTS IMPLIQUANT UN TRANSPORT D'HEXAFLUORURE D'URANIUM (UF<sub>6</sub>)

Le type de matière transportée est également une donnée recueillie dans les déclarations. Ce paramètre a permis d'attirer l'attention sur les événements impliquant les transports d'hexafluorure d'uranium. L'évolution du nombre de ces événements est présentée en figure 12.

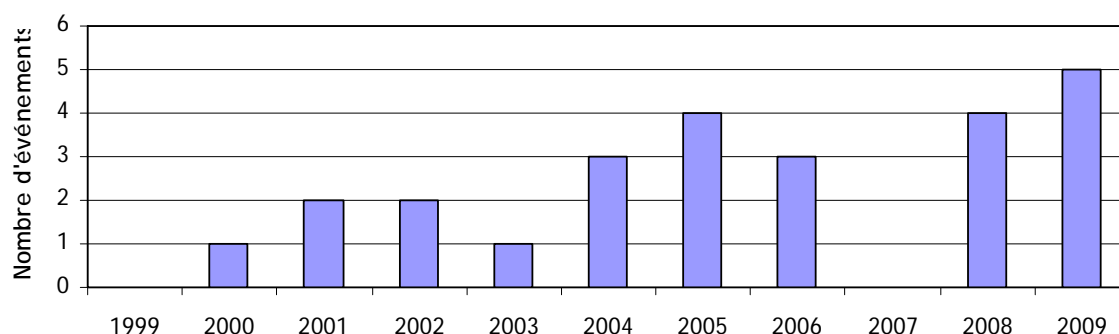


Figure 12 - Nombre d'événements impliquant un transport d'UF<sub>6</sub> entre 1999 et 2009

La plupart de ces événements sont liés à des chocs en manutention (7 événements sur 25, dont 4 en 2008 et 2 en 2009). En particulier, il est à noter que 3 événements ont eu lieu au port du Havre en 2008 et un événement au port de Baltimore (USA) en 2009.

Malgré leur faible occurrence (de l'ordre de 2 % du nombre total des événements sur la période 1999-2009), il convient de surveiller les événements liés au transport d'hexafluorure d'uranium du fait de la forte toxicité de l'UF<sub>6</sub> et de ses dérivés : HF (acide fluorhydrique anhydre gazeux) et UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub> (aérosols de fluorure d'uranyle) qui pourraient se dégager en masse en cas d'aggravation d'un accident par un incendie. Dans cet objectif, des actions de sensibilisation à la sûreté des opérations de manutention dans les ports devraient être envisagées (voir aussi le § 4.5.3).

## **5 DESCRIPTION D'ÉVÉNEMENTS SURVENUS EN 2008 ET 2009**

### **5.1 ÉVÉNEMENTS A CARACTERE RADIOLOGIQUE**

#### ***5.1.1 PRESENTATION***

On entend par « événements à caractère radiologique », les événements qui ont donné lieu à des contaminations de l'environnement ou des personnes (public ou travailleurs), à une exposition des personnes à des doses supérieures à celles attendues ou pour lesquels les conséquences ne sont pas connues (vol ou perte de colis non retrouvé).

5 événements de ce type peuvent être identifiés en 2008, liés :

- à des débits de dose au contact du colis supérieurs à la limite réglementaire (2 événements),
- au vol d'un générateur de <sup>99</sup>Mo/<sup>99</sup>Tc dont l'emballage a été retrouvé vide,
- à la contamination du poignet d'un agent lors de l'ouverture d'un colis excepté dans lequel le flacon transportant la matière radioactive était brisé,
- à la contamination du sol d'un hangar suite à l'écrasement d'un colis excepté.

6 événements de ce type peuvent être identifiés en 2009, liés :

- à des débits de dose au contact du colis supérieurs à la limite réglementaire (4 événements),
- à la perte d'un colis de type A lors de son envoi par avion en Allemagne,
- au vol d'une source d'étalonnage dans un véhicule.

Pour aucun de ces événements, le dépassement d'une limite réglementaire de dose pour les travailleurs ou le public n'a été détecté (cf. annexe 5). Leur classement sur l'échelle INES révèle le faible impact de ces événements, 7 sur 11 étant classés au niveau 0 et le classement au niveau 1 de 3 des 4 événements concernés étant relatif aux conséquences potentielles du vol ou de la perte des colis, qui n'ont pas été retrouvés selon les informations communiquées à l'IRSN. Un événement a été classé au niveau 1 car le débit de dose au contact du colis était supérieur à la limite réglementaire. Cet événement est décrit plus précisément au § 5.1.2.2.

#### ***5.1.2 DESCRIPTION D'ÉVÉNEMENTS REPRÉSENTATIFS***

##### **5.1.2.1 Événement lié au dépassement de la limite réglementaire pour le débit de dose au contact du colis - non classé sur l'échelle INES**

Le 11 juin 2008, les contrôles effectués avant expédition d'un colis excepté provenant d'un centre nucléaire de production d'électricité (CNPE), en transit sur un autre CNPE et transportant des appareils de mesures radiologiques, ont conduit à mesurer un débit d'équivalent de dose de 12 µSv/h au contact du colis, alors que le seuil réglementaire est de 5 µSv/h.



Après analyse de l'événement, il s'avère qu'un radiamètre a été chargé dans le colis sans qu'il ait été mentionné dans la Déclaration d'Expédition de Matière Radioactive (DEMR), ni pris en considération dans la classification du colis. Cet appareil présentait un débit de dose de 85 µSv/h au contact de sa sangle, ce qui a conduit à l'élévation du débit d'équivalent de dose au contact du colis.

#### Principaux enseignements

Cet événement a un caractère radiologique dans la mesure où il a donné lieu à une exposition à des débits de dose, qui bien que très faibles au regard des niveaux pouvant induire des conséquences sanitaires, sont supérieurs à ceux attendus. Il est intéressant de souligner que cet événement, classé comme un « dépassement de débit de dose », est lié, d'une part à une erreur de chargement, d'autre part à une probable contamination d'un appareil qui aurait dû être détectée par ailleurs. Comme souligné au § 4.6, les erreurs humaines lors des chargements des colis constituent une source importante d'événements dont les conséquences potentielles peuvent s'avérer significatives. Les efforts de sensibilisation des opérateurs devraient donc être particulièrement soutenus dans ce domaine.

#### 5.1.2.2 Écrasement d'un colis lors de son transfert en zone aéroportuaire - non classé sur l'échelle INES

Le 26 décembre 2008, un colis à usage médical de type excepté et contenant 78 kBq d'iode 125, expédié entre la France et le Mexique, transite par l'aéroport de Roissy - Charles de Gaulle. Lors de son transport à l'aide d'un chariot élévateur, le colis a chuté et a été endommagé par une roue du chariot. Le colis a été écrasé, avec perte totale de son confinement et contamination du sol du hangar où il était entreposé. L'intervention des pompiers a conduit au balisage de la zone et à la mise en place d'absorbant sur le sol contaminé. Tous les déchets contaminés (colis et absorbant) ont été récupérés, le sol a été décontaminé et l'absence de contamination résiduelle a été vérifiée.

#### Principaux enseignements

Cet événement présente également un caractère radiologique en raison de la contamination induite sur le sol du hangar. Bien qu'il ait été géré sans risque pour les travailleurs et l'environnement et que les actions de décontamination aient été effectuées rapidement, ce type d'événement demeure fréquent dans les aéroports : trois événements similaires ont été déclarés en 2009, dont un ayant conduit à la perte du confinement du colis sans toutefois que la matière radioactive ne soit dispersée hors du colis et donc sans contamination ni exposition de personnes.



Figure 13 - Exemple de colis excepté écrasé en zone aéroportuaire

Les actions de sensibilisation des agents réalisant les opérations d'arrimage et de manutention des colis en aéroport doivent donc être maintenues (cf. § 4.5).

### 5.1.2.3 Événement lié au dépassement de la limite réglementaire pour le débit de dose au contact du colis - classé niveau 1 sur l'échelle INES

Le 14 mai 2009, lors de la réception d'un colis de type A de transport d'une solution de fluor 18 à usage médical, il a été constaté, à l'ouverture du colis, que le couvercle en plomb était absent.

Le débit d'équivalent de dose maximal mesuré au contact du colis était de 17 mSv/h, ce qui est largement supérieur à la limite réglementaire de 2 mSv/h. La dose maximale aux mains du chauffeur qui a été en charge du transport de ce colis a été estimée à 2 mSv, ce qui reste très inférieur à la limite réglementaire d'équivalent de dose aux extrémités (500 mSv/an) (cf. annexe 5). Par ailleurs, la dose mesurée par le dosimètre passif du chauffeur (140 µSv, pour une limite annuelle de 20 mSv) n'a pas révélé d'exposition anormale lors de ce transport.



Figure 14 - Exemple de colis de transport de fluor 18

#### Principaux enseignements

Cet événement a conduit à la modification des procédures de contrôle des colis avant transport de l'expéditeur, avec en particulier l'imposition d'un balayage de l'ensemble des faces du colis en vue de détecter le débit de dose maximal. Cet événement souligne l'importance de mettre en place des mesures préventives afin de tenir compte du risque d'erreur humaine lors de la préparation des colis (cf. § 4.6).

## 5.2 EVENEMENTS LIES A UNE NON CONFORMITE DES COLIS

### 5.2.1 *DEGRADATION DES CAPOTS AMORTISSEURS DE COLIS DE TYPE B*

Le 23 avril 2009, il a été détecté au niveau des poignées de préhension du capot de protection d'un emballage de type B la présence d'humidité au sein du bois utilisé comme amortisseur dans le capot. Ce modèle de colis est utilisé pour l'entreposage et le transport de matières fissiles (uranifères ou plutonifères) non irradiées sous forme solide ou liquide. La modification de la teneur en eau du bois est susceptible de modifier ses capacités d'amortissement et donc de remettre en cause le maintien des fonctions de sûreté du colis en cas de choc mécanique.

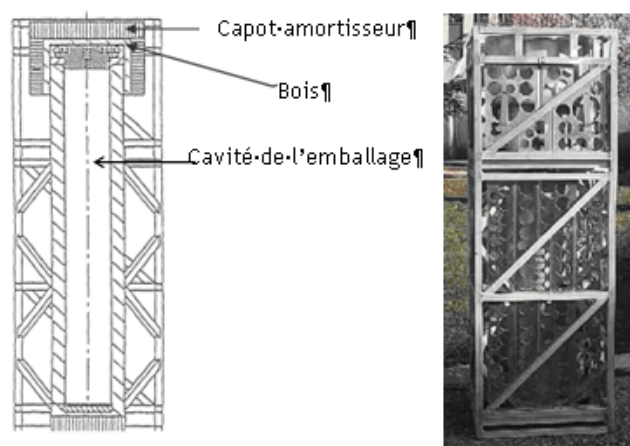


Figure 15 - Dégradation de capots amortisseurs

Cet écart a également été relevé sur plusieurs autres exemplaires du même modèle de colis. Il est imputable à un défaut de l'étanchéité de l'enveloppe métallique de confinement du bois des capots et à l'entreposage prolongé des colis à l'extérieur dans des conditions météorologiques défavorables. Cet événement a été classé au niveau 1 sur l'échelle INES.

#### Principaux enseignements

Cet événement a conduit l'expéditeur à revoir le concept des capots amortisseurs des colis afin de rendre leur enveloppe étanche.

L'IRSN a étendu le retour d'expérience de cet événement à l'ensemble des modèles de colis en recommandant qu'un contrôle d'humidité interne et d'étanchéité des capots amortisseurs en bois soit réalisé systématiquement lors des opérations de maintenance.

### *5.2.2 PRESENCE DE CORPS « ETRANGERS » DANS DES COLIS*

Plusieurs événements liés à la découverte de corps « étrangers » dans des colis de type B utilisés pour le transport d'assemblages combustibles ont été déclarés en 2009 :

- trois morceaux de tissu ou de toile émeri, trois joints et un écrou ont été découverts dans des emballages de transport de combustible irradié ;
- des morceaux de silicone et des brins d'une matière organique non déterminée ont été découverts dans des emballages de transport de combustibles neufs à oxyde mixte uranium-plutonium.

Ces événements ont tous été classés au niveau 0 ou hors échelle INES, la présence de ces corps « étrangers » n'ayant pas eu d'impact sur la sûreté des colis.

#### Principaux enseignements

La présence de corps « étrangers » hydrogénés dans les emballages pourrait conduire à une augmentation de la pression interne en raison de leur possible décomposition sous l'effet des rayonnements (radiolyse), voire induire des risques d'explosion dus à la production de gaz inflammables. Dans ce cadre, l'IRSN a recommandé que, pour chaque corps « étranger » retrouvé dans un emballage de transport d'assemblages combustibles irradiés, les causes de son introduction dans l'emballage soient recherchées en vue de mettre en place les mesures correctives permettant de limiter la probabilité de la répétition de cet événement. De plus, l'IRSN a recommandé que soient réalisés, de façon annuelle, un bilan des corps « étrangers » retrouvés dans les cavités des emballages de transport d'assemblages combustibles irradiés ainsi qu'une analyse de ce bilan au regard des mesures correctives mises en œuvre par les concepteurs des colis et par les expéditeurs pour limiter de telles occurrences.

Par ailleurs, la répétition de la découverte de joints d'orifice dans la cavité des emballages a permis de confirmer le risque élevé d'aspiration de ces joints lors des opérations d'ouverture des orifices. Ces détectations ont conduit à revoir les procédures d'utilisation des emballages et à recommander de modifier le concept de ces orifices.

### 5.3 ENDOMMAGEMENT DU « FLAT » DE TRANSPORT D'UN CONTENEUR D'UF<sub>6</sub> APPAUVRI

Le 4 août 2008, sur le site de déchargement du port du Havre, le palonnier du portique de manutention a heurté longitudinalement le « flat » de transport du conteneur. Le cylindre n'a pas été touché lors de l'accrochage et n'a subi aucun dommage (cf. figure 16).



Figure 16 - Photo du « flat » endommagé lors de l'incident du 4 août 2008

L'engin de manutention utilisé est un chariot cavalier, dont un modèle est présenté figure 17. Le choc entre le palonnier et le haut du « flat » de transport du conteneur d'UF<sub>6</sub> a eu lieu alors que le chariot se déplaçait en direction du « flat » ; le palonnier étant en train d'être relevé ce dernier n'était pas positionné assez haut au moment du choc.

#### Principaux enseignements

Cet événement de choc en manutention relève du facteur humain, comme pour la plupart de ces événements. Cet incident est survenu alors que le chauffeur avait été interrompu dans sa manœuvre en raison d'un problème technique sur le chariot cavalier, qui avait nécessité l'appel de l'équipe d'intervention et la réparation de l'appareil.

Cet événement n'a pas eu de conséquence pour le colis, celui-ci ayant été protégé par le « flat » de transport. Par ailleurs, même si le « flat » était entré en contact avec le cylindre, il aurait impacté la jupe de protection de la vanne ou du bouchon du cylindre. Aussi, pour cette configuration d'accident, il peut être considéré qu'il n'y avait pas de risque d'endommagement du confinement du colis ; aussi, cet événement n'a pas été classé sur l'échelle INES. Afin de prévenir le renouvellement de ce type d'événement, la société en charge du transport a en particulier modifié les procédures de manutention et mis en place des actions de recyclage des formations des opérateurs qui réalisent la manutention de ces colis. Comme souligné au § 4.7, ce type d'événement devra être suivi plus particulièrement dans les années à venir afin de s'assurer de l'efficacité des actions correctives mises en place.



Figure 17 - Photo d'un chariot cavalier avec palonnier de manutention

## 6 CONCLUSIONS

L'analyse des données concernant les événements liés aux transports de matières radioactives déclarés en France en 2008 et 2009 et leur comparaison avec le bilan réalisé pour les années 1999-2007 [3] ont permis de tirer les principales conclusions suivantes.

- L'augmentation de 38 % des événements classés au niveau 0 et hors échelle INES observée en 2009 par rapport à la période 2005-2008 pourrait être liée à une plus grande rigueur de déclaration de ces événements par les expéditeurs des secteurs du cycle du combustible et médical, favorisée notamment par les actions de sensibilisation menées par l'ASN et l'IRSN ; il conviendrait de veiller au maintien de cette sensibilisation et à l'étendre aux autres secteurs.
- Le nombre d'événements déclarés concernant le secteur des contrôles industriels est en baisse depuis 2007 et pourrait masquer une moindre connaissance des pratiques de déclaration, notamment pour les événements qui n'ont pas eu de conséquence sur la sûreté des colis ; les actions de sensibilisation devraient être maintenues à l'adresse des acteurs concernés.
- Les colis non agréés sont particulièrement impliqués dans les événements liés à des erreurs concernant l'étiquetage et les documents de transport, à des dépassements des limites admissibles de contamination surfacique ainsi qu'à des défauts d'arrimage ; dans cette perspective, l'ASN prévoit d'intensifier ses inspections auprès des fabricants et transporteurs d'emballages dont le concept n'est pas soumis à agrément par l'autorité.
- Les événements de dépassement des niveaux de contamination surfacique sont en hausse en 2009 et confirment la tendance soulignée en 2007 : ce type d'événement ne concerne plus les colis de transport de combustible irradié, mais en majorité des colis de type « Industriel » ou des véhicules vides utilisés pour le transport d'outillages contaminés ; ils sont principalement dus à un défaut de contrôle des colis ou des véhicules avant expédition ; des actions de sensibilisation sur la « propreté » devraient de nouveau être entreprises.
- L'augmentation des événements liés à des chocs lors des manutentions en aéroport montre la nécessité de maintenir les efforts de formation des opérateurs en charge de ces transferts ; par ailleurs, ces formations devraient s'accompagner d'une sensibilisation aux événements liés aux pertes ou vols de colis qui, bien qu'en diminution ces dernières années, constituent le type d'événement le plus fréquent parmi ceux classés au niveau 1 sur l'échelle INES depuis 2005. Cette action de formation doit être étendue aux opérateurs de manutention de cylindres d' $UF_6$  dans les ports pour limiter les risques d'endommagement de ces conteneurs.
- Les événements liés à des défauts d'arrimage sont également en hausse en 2009 et les efforts sont donc à poursuivre pour prévenir ces événements notamment pour les colis non agréés.
- Un certain nombre d'événements en augmentation en 2009 sont liés à des erreurs dans la préparation des colis ; aussi, une attention particulière sera accordée aux procédures d'utilisation et de préparation des colis avant expédition, notamment lors des expertises des modèles de colis réalisées par l'IRSN.

- Une politique préventive devrait être mise en place pendant les opérations de chargement, déchargement, maintenance et fabrication des emballages afin de prévenir les événements liés à la découverte de corps « étrangers » dans les emballages ; cette politique, qui a été demandée aux expéditeurs des colis de combustibles irradiés, devrait être élargie à tous les expéditeurs de colis émetteurs de rayonnements et de chaleur importants (combustibles neufs à oxyde mixte uranium-plutonium, sources de haute activité, déchets de haute activité...).
- L'utilisation de méthodes du type de l'arbre des causes pour l'examen des événements est à promouvoir pour l'identification et le traitement de toutes les causes d'un événement, notamment celles liées aux facteurs organisationnels et humains.

Globalement, l'IRSN estime que l'augmentation significative du nombre d'événements déclarés en 2009 justifie le maintien des efforts en termes de sensibilisation des différents acteurs du transport de matières radioactives.

## RÉFÉRENCES

- [1] Guide ASN, « Guide relatif aux modalités de déclaration et à la codification des critères relatifs aux événements significatifs impliquant la sûreté des installations nucléaires de base et du transport de matières radioactives, la radioprotection ou l'environnement » du 21 octobre 2005, applicable à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2006
- [2] INES : Échelle Internationale des Événements Nucléaires - Manuel de l'utilisation, Édition 2001, établi conjointement par l'AIEA et l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire
- [3] Rapport IRSN/DSU n° 2008-185 « Bilan des événements de transport survenus en France de 1999 à 2007 »
- [4] Guide ASN, « Guide du requérant pour les demandes d'approbation d'expédition et d'agrément des modèles de colis ou de matières radioactives à usage civil transportés sur la voie publique » du 7 avril 2009

## TABLE DES FIGURES

Figure 1 - Classement sur l'échelle INES des événements survenus entre 1999 et 2009 .....	6
Figure 2 - Répartition par type des événements classés niveau 1 sur l'échelle INES entre 2005 et 2009 .....	7
Figure 3 - Répartition des événements par secteur d'activité .....	8
Figure 4 - Répartition des événements par mode de transport .....	9
Figure 5 - Répartition des événements par mode de transport et secteur d'utilisation de la matière transportée - bilan 1999-2009 .....	9
Figure 6 - Répartition des colis impliqués dans des événements par type de colis .....	10
Figure 7 - Répartition des événements par type de colis et secteur d'utilisation de la matière transportée - bilan 1999-2009 .....	10
Figure 8 - Évolution du nombre d'événements les plus fréquents par type de 2005 à 2009 .....	11
Figure 9 - Nombre d'événements de contamination survenus entre 1999 et 2009 et répartition selon la gravité ...	12
Figure 10 - Classement par année des événements de choc sur colis en manutention selon la gravité des dommages .....	13
Figure 11 - Évolution de la fréquence d'occurrence d'événements liés à une mauvaise préparation du colis .....	14
Figure 12 - Nombre d'événements impliquant un transport d'UF <sub>6</sub> entre 1999 et 2009 .....	15
Figure 13 - Exemple de colis excepté écrasé en zone aéroportuaire .....	17
Figure 14 - Exemple de colis de transport de fluor 18 .....	18
Figure 15 - Dégradation de capots amortisseurs .....	18
Figure 16 - Photo du « flat » endommagé lors de l'incident du 4 août 2008 .....	19
Figure 17 - Photo d'un chariot cavalier avec palonnier de manutention .....	19
Figure 18 - Répartition des transports de matières radioactives par mode de transport .....	28
Figure 19 - Répartition des transports de matières radioactives par secteur d'utilisation .....	28
Figure 20 - Répartition des colis de matières radioactives transportés par type de colis .....	28
Figure 21 - Limites réglementaires de dose pour les individus .....	29
Figure 22 - Ordre de grandeur de l'exposition à quelques sources d'irradiation naturelles ou artificielles courantes .....	29





# ANNEXE 1 FORMULAIRE DE DÉCLARATION

## DECLARATION D'EVENEMENT DE TRANSPORT DE MATIERES RADIOACTIVES

Référence : ..... Date : ..... Indice : .....

Date : .....		Lieu : .....		Département : .....	
Expéditeur : ..... .....			Transporteur : ..... .....		
Destinataire : ..... .....			Commissionnaire : ..... .....		
<b>Mode de transport</b> <input type="checkbox"/> Routier <input type="checkbox"/> Ferroviaire <input type="checkbox"/> Aérien <input type="checkbox"/> Maritime		<b>Evénement détecté</b> <input type="checkbox"/> En chargement <input type="checkbox"/> En transit <input type="checkbox"/> Sur chariot de manutention <input type="checkbox"/> Sur engin de levage			
				<input type="checkbox"/> A quai <input type="checkbox"/> En entrepôt <input type="checkbox"/> Autres (à préciser) .....	
Produit	N° ONU	Activité	IT	ISC	Type de colis
Incidences hors site : ..... Rejet (en A <sub>1</sub> ou A <sub>2</sub> ) : .....			Dose susceptible d'être reçue par l'individu le plus exposé : ..... Valeur estimée du débit de dose au contact du colis : ..... Présence de contamination : <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Dégradation de la défense en profondeur : .....		
Etat de disponibilité des fonctions de sûreté					
Fonctions de sûreté	Confinement	Refroidissement	Protection radiologique	Protection contre le risque de criticité	
Etat de disponibilité					
Causes présumées de l'événement ..... .....					
Conséquences sur le colis ..... .....					
Actions correctives immédiates ..... .....					
Responsable de la gestion de l'événement					
Nom : .....			Email : .....		
N° Tel : .....			N° Fax : .....		
Proposition de classement					
<input type="checkbox"/> critère de déclaration retenu : .....			<input type="checkbox"/> Niveau INES proposé : .....		

## ANNEXE 2

### NIVEAUX DE GRAVITÉ DE L'ÉCHELLE INES APPLIQUÉE AUX TRANSPORTS DE MATIÈRES RADIOACTIVES

L'application de l'échelle INES aux événements de transport se fonde sur deux critères de classement :

- les conséquences en termes de rejets radioactifs pouvant toucher le public et l'environnement,
- la dégradation des lignes de défense.

NIVEAUX DE GRAVITE DE L'ÉCHELLE INES	CONSÉQUENCES A L'EXTÉRIEUR DU SITE	DÉGRADATION DE LA DÉFENSE EN PROFONDEUR
7 - Accident majeur	Rejet majeur : effets étendus sur la santé et l'environnement	-
6 - Accident grave	Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues	-
5 - Accident	Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des contre-mesures prévues	-
4 - Accident	Rejet mineur : exposition du public de l'ordre des limites prescrites	-
3 - Incident grave	Très faible rejet : exposition du public représentant une fraction des limites prescrites	Accident évité de peu /pertes de barrières
2 - Incident	-	Incident assorti de défaillances importantes de dispositifs de sûreté
1 - Anomalie	-	Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé
0 - Écart / Hors échelle	Aucune importance du point de vue de la sûreté	

## ANNEXE 3

# TYPOLOGIE DES COLIS DE TRANSPORT DE MATIERES RADIOACTIVES

La réglementation définit plusieurs types de colis en fonction de l'intensité ou de la nature des risques associés à la matière contenue.

Les colis **exceptés** sont conçus pour contenir de faibles quantités de matières radioactives. Ils retiennent leur contenu radioactif dans les conditions de transport de routine seulement.



Les colis de **type industriel** sont conçus pour contenir des matières de faible activité spécifique ou des objets contaminés superficiellement. Ils retiennent leur contenu radioactif et limitent les fuites de rayonnements dans les conditions de transport de routine et lors d'incidents de transport de gravité limitée. Cette catégorie est subdivisée en 3 types : IP-1, IP-2 et IP-3 dans le sens croissant de rigueur des exigences applicables.



Les colis de **type A** sont conçus pour contenir des matières radioactives en quantité ne dépassant pas un seuil d'activité fixé pour chaque isotope par la réglementation de telle sorte que les doses induites en cas de rupture accidentelle du colis n'empêchent pas la gestion de l'accident. Ils retiennent leur contenu radioactif et limitent les fuites de rayonnements dans les conditions de transport de routine et lors d'incidents de transport de gravité limitée.



Les colis de **type B(U) ou B(M)** sont conçus pour contenir de grandes quantités de matières radioactives ; leurs performances de confinement, de protection contre les rayonnements et de prévention des risques de criticité doivent être garanties dans les conditions de transport de routine aussi bien que dans les conditions d'épreuves simulant des accidents de transport sévères. Ces modèles de colis sont agréés par l'autorité compétente nationale.



Les colis de **type C** sont conçus pour contenir de grandes quantités de matières radioactives et destinés au transport aérien. Leurs performances de confinement, de protection contre les rayonnements et de prévention des risques de criticité doivent être garanties dans les conditions d'épreuves de sévérité renforcée par rapport à celles applicables aux colis de type B. Les modèles de colis de type C sont agréés par l'autorité compétente nationale.

## ANNEXE 4

### FLUX DE TRANSPORT DE MATIERES RADIOACTIVES EN FRANCE<sup>3</sup>

Quelque 940 000 colis de matières radioactives à usage civil sont transportés chaque année en France, répartis sur 615 000 transports. Leur répartition par mode de transport est présentée figure 18. La grande majorité des transports de matières radioactives en France sont réalisés par route.

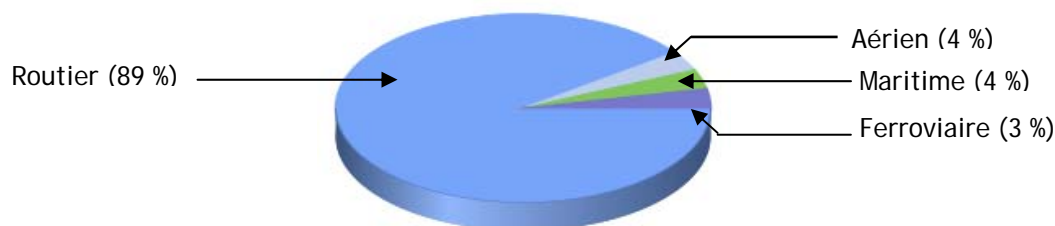


Figure 18 - Répartition des transports de matières radioactives par mode de transport

Ces transports concernent principalement des matières radioactives utilisées dans les domaines médical et industriel. Les transports de matières radioactives liées au cycle du combustible nucléaire ne représentent que 15 % des transports.

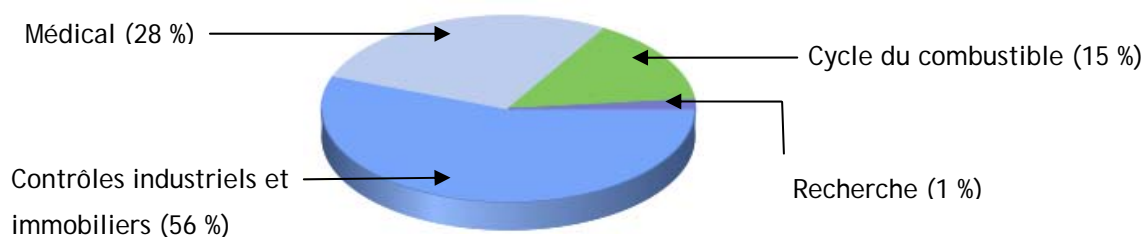


Figure 19 - Répartition des colis de matières radioactives transportés par secteur d'utilisation

La répartition par types de colis (cf. annexe 3) montre que les colis les plus transportés sont des colis exceptés, utilisés pour transporter de faibles quantités de matières radioactives. Les colis de type B ne représentent que 9,4 % des colis transportés.

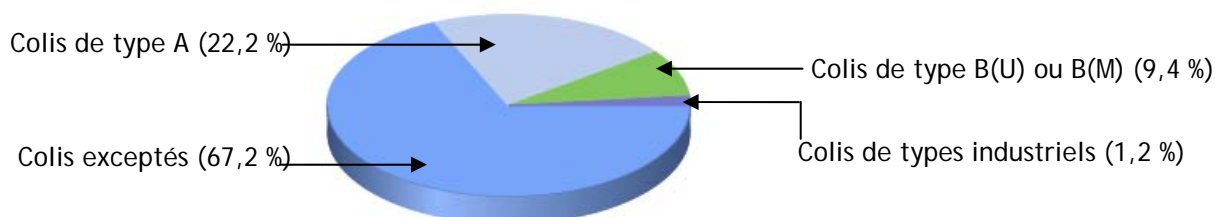


Figure 20 - Répartition des colis de matières radioactives transportés par type de colis

<sup>3</sup> Statistiques issues d'une étude réalisée par l'IRSN en 2006 sur la base de déclarations des flux effectués en 2002.

## ANNEXE 5

### LIMITES REGLEMENTAIRES DE DOSE ET ORDRE DE GRANDEUR DE L'EXPOSITION A QUELQUES SOURCES D'IRRADIATION NATURELLES OU ARTIFICIELLES COURANTES

	Travailleurs (catégorie A) <i>décret n°2003-296 du 31 mars 2003</i>	Personnes du public <i>décret n°2001-215 du 8 mars 2001</i>
Dose efficace annuelle	20 mSv/an	1 mSv/an
Équivalent de dose annuelle pour le cristallin de l'œil	150 mSv/an	15 mSv/an
Équivalent de dose annuelle pour les extrémités (mains et pieds) et la peau	500 mSv/an	50 mSv/an

Figure 21 - Limites réglementaires de dose pour les individus

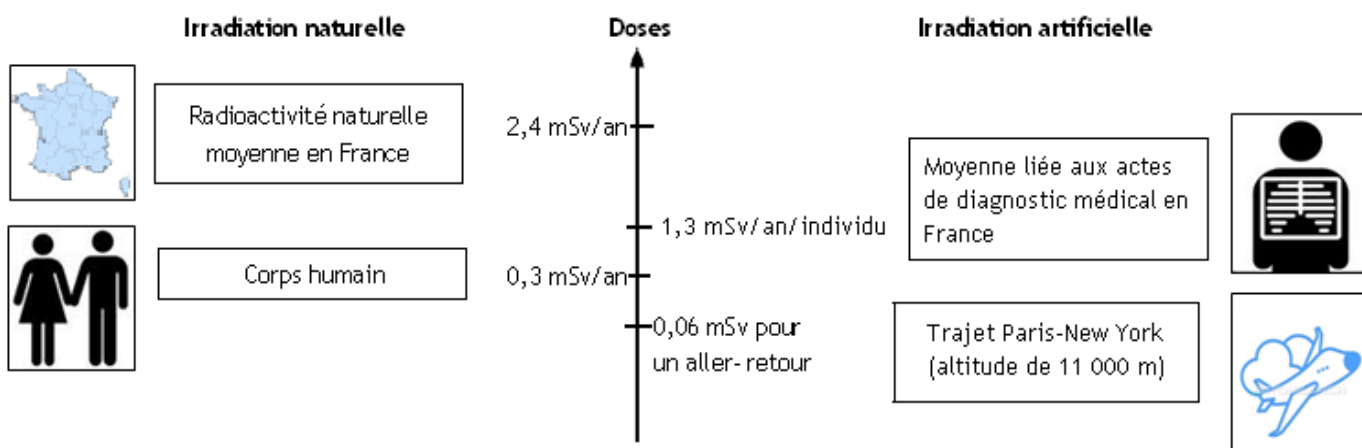


Figure 22 - Ordre de grandeur de l'exposition à quelques sources d'irradiation naturelles ou artificielles courantes