

**IRSN**INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE*Faire avancer la sûreté nucléaire*

# Bilan des événements de transport de matières radioactives survenus en France de 1999 à 2011

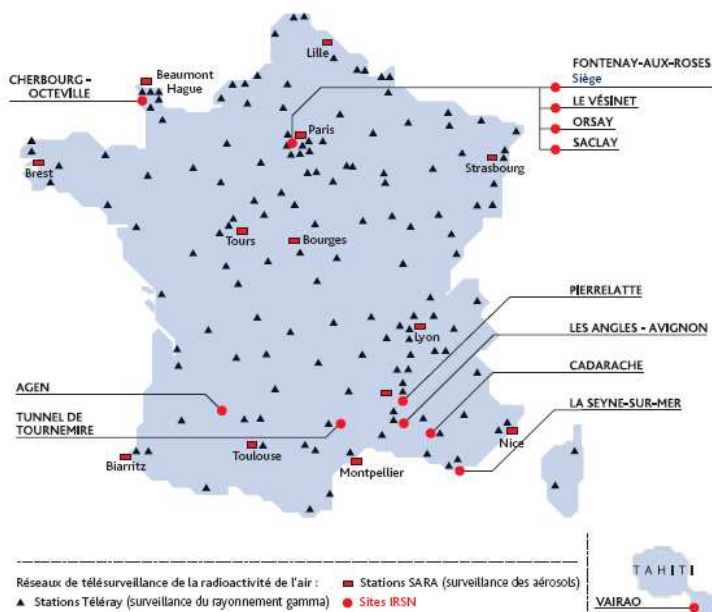
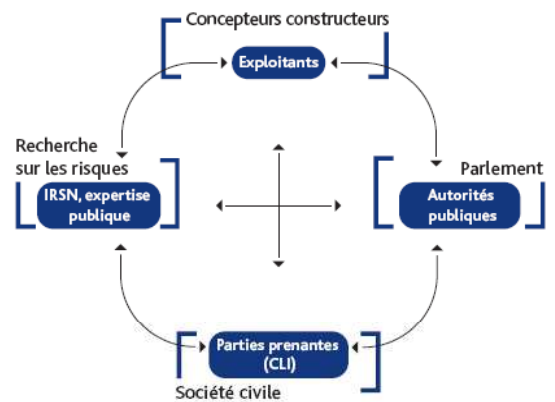
RAPPORT IRSN N°2013-003 ind. 2

# Faire avancer la sécurité nucléaire en France et dans le monde

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) créé par la loi 2001-398 du 9 mai 2001 est l'expert public national en matière de risques nucléaires et radiologiques. L'IRSN contribue à la mise en œuvre des politiques publiques relatives à la sûreté et la sécurité nucléaires, la protection de la santé et de l'environnement contre les effets des rayonnements ionisants. Organisme de recherche et d'évaluation, l'IRSN agit en concertation avec toutes les parties concernées par ces politiques tout en préservant son indépendance de jugement.

## ORGANISME FRANÇAIS DE SÛRETÉ, SÉCURITÉ ET RADIOPROTECTION NUCLÉAIRES

- **Les exploitants** sont responsables de la sûreté de leurs installations. Ils doivent démontrer la pertinence des solutions techniques et organisationnelles retenues à cet effet (dossiers de sûreté et études d'impact des rejets).
- **Les pouvoirs publics** (les ministères, l'Autorité de sûreté nucléaire – ASN, le Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense – DSND) définissent les politiques de sûreté, de sécurité et de radioprotection nucléaires. Ils organisent et mettent en œuvre des contrôles conformément à la loi 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et la sûreté en matière nucléaire.
- **L'IRSN** évalue les dossiers soumis par les exploitants et fournit ses avis et recommandations aux différentes autorités compétentes. Il analyse en permanence les retours d'expérience concernant l'exploitation des installations. Il évalue l'exposition de l'homme et de l'environnement aux rayonnements et propose des mesures pour protéger la population dans l'hypothèse d'un accident. La sûreté nucléaire étant essentiellement basée sur la science, l'IRSN renforce constamment son expertise par des activités de recherche, habituellement dans un cadre international.
- **Les Comités locaux d'information (CLI) et le Haut comité pour la transparence et l'information sur la sûreté nucléaire (HCTISN)** réunissent les acteurs sociétaux concernés par les installations nucléaires. Ils constituent des organes privilégiés pour l'accès à l'information en matière de sûreté, de sécurité, de santé publique et de protection de l'environnement.



## DOMAINES DE COMPÉTENCE ESSENTIELS DE L'IRSN – R&D ET EXPERTISE OPÉRATIONNELLE

- Sûreté et sécurité nucléaire
  - Réacteurs
  - Cycle du combustible
  - Gestion des déchets
  - Transports des matières radioactives
  - Sources radioactives
- Radioprotection des personnes (y compris les patients) et de l'environnement
- Gestion des urgences nucléaires et radiologiques et capacité d'intervention opérationnelle
- Formation et éducation
- Gestion de l'information et interaction avec les parties prenantes et le public

Chiffres clés de l'IRSN  
1 786 personnes  
1 200 chercheurs et experts  
321 M€ (budget 2010)

---

---

## RESUME

Ce rapport présente une synthèse des événements de transport de matières radioactives déclarés en France de 1999 à 2011. Pour les 1 304 événements renseignés pour cette période dans la base de données de l'IRSN, de nombreuses informations extraites des comptes rendus et des déclarations transmis par les industriels (types d'événement, d'utilisation, de colis, niveau INES, etc.) ont été enregistrées et analysées.

Le nombre des événements déclarés en 2010 et 2011 est légèrement supérieur à la moyenne de 100 événements par an. Les deux principaux motifs identifiés pour les événements déclarés sont de nature documentaire (absences et erreurs dans les documents de transport ou l'étiquetage des colis) ou mécanique (chocs lors d'opérations de manutention). La tendance à la baisse du nombre des événements de contamination des colis ou moyens de transport est confirmée. Les événements les plus marquants survenus en 2010 et 2011 sont décrits succinctement.

Ce rapport fournit également un aperçu des actions recommandées par l'IRSN pour éviter la répétition des événements déclarés en vue d'améliorer la sûreté des transports de matières radioactives.

---

---

## ABSTRACT

This report presents transport events involving radioactive materials, occurred on French territory from 1999 to 2011, listed in the IRSN's database. 1,304 events have been recorded. For each of them, many parameters have been collected and analysed from information listed in the notifications and reports of the events sent by users (type of event, purpose, package design, level on the INES scale...).

The numbers of events notified in 2010 and 2011 are slightly higher than the average of 100 events per year. The two main causes of notification concern documentation errors (in transport documents or labelling) and handling mishaps. The downward trend of frequency of package or conveyance contaminations has been confirmed. A short description of the outstanding events occurred in 2010 and 2011 is proposed.

This synthesis also gives an outline of the actions recommended by IRSN to avoid recurrence of the notified events and improve the safety of the transports of radioactive materials.

---

---

## MOTS-CLES

### Événements, Transports, Matières Radioactives, Bilan, 1999-2011

# TABLE DES MATIERES

<b>1 INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
<b>2 COLLECTE DES INFORMATIONS ET PERIMETRE DE L'ANALYSE.....</b>	<b>5</b>
<b>3 ANALYSE DES TENDANCES OBSERVABLES ENTRE 1999 ET 2011 .....</b>	<b>6</b>
3.1 NOMBRE ET GRAVITE DES EVENEMENTS.....	6
3.1.1 Ensemble des événements .....	6
3.1.2 Evénements classés au niveau 1 ou plus .....	8
3.2 REPARTITION PAR SECTEUR D'ACTIVITE .....	8
3.3 REPARTITION PAR MODE DE TRANSPORT .....	10
3.4 REPARTITION PAR TYPE DE COLIS.....	11
3.5 PRINCIPAUX TYPES D'EVENEMENTS ENTRE 1999 ET 2011.....	13
3.5.1 Evénements de nature documentaire et d'étiquetage .....	13
3.5.2 Chocs lors des opérations de manutention .....	14
3.5.3 Contamination des colis ou des moyens de transport.....	14
3.5.4 Vols ou pertes de colis.....	15
3.6 PRINCIPALES TENDANCES LORS DES ANNEES 2010 ET 2011.....	16
3.6.1 Chocs lors d'opérations de manutention .....	16
3.6.2 Défauts de serrage des éléments vissés .....	17
3.6.3 Découverte de corps étrangers ou d'eau dans les colis .....	18
3.6.4 Non-conformités de colis.....	19
<b>4 EVENEMENTS SURVENUS EN 2010 ET 2011 .....</b>	<b>20</b>
4.1 CONTAMINATION SURFACIQUE DU WAGON TRANSPORTANT UN COLIS DE TYPE B .....	21
4.2 ABSENCE DE VERROUILLAGE D'UN CAPUCHON DE PROTECTION.....	22
4.3 DEFAUTS DE FERMETURE DE BROCHES A BILLES SUR PLUSIEURS COQUES DE CYLINDRE D'UF <sub>6</sub> .....	23
4.4 ERREUR DE PRISE EN CHARGE D'EMBALLAGES .....	25
4.5 DEPASSEMENT DE LA LIMITE REGLEMENTAIRE DE DEBIT DE DOSE .....	25
<b>5 CONCLUSION .....</b>	<b>27</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>29</b>
<b>LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX .....</b>	<b>30</b>
<b>ANNEXE 1 : FORMULAIRE DE DECLARATION D'EVENEMENT .....</b>	<b>31</b>
<b>ANNEXE 2 : TYPOLOGIE DES COLIS DE TRANSPORT DE MATIERES RADIOACTIVES</b>	<b>32</b>

# **1 INTRODUCTION**

Les transports de matières radioactives en France concernent chaque année environ 900 000 colis utilisés principalement dans le secteur de la santé, pour la réalisation de contrôles industriels ou immobiliers, pour le cycle du combustible nucléaire ou pour la recherche. Les matières transportées présentent une grande diversité de formes, d'activités et de conditionnements, ce qui induit de fait une grande diversité de risques en cas d'événement impliquant par exemple une dispersion de radioactivité ou une défaillance d'écrans de radioprotection. Elles concernent tous types de substances radioactives, y compris les déchets.

Ce rapport fait la synthèse de l'ensemble des « événements de transport de matières radioactives » survenus en France entre 1999 et 2011 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 dits « intéressants pour la sûreté ».

Après avoir rappelé le processus de collecte des informations, la première partie de ce rapport est consacrée à la présentation des tendances observables pour les événements déclarés entre 1999 et 2011, en termes de nombre annuel, de niveau de gravité et de répartition par type de colis et par secteur d'utilisation de la matière radioactive transportée. En outre, les principaux types d'événements sont identifiés et des pistes d'améliorations sont proposées.

La seconde partie de ce rapport porte sur la description de quelques événements significatifs survenus en 2010 et 2011 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 ET PERIMETRE DE L'ANALYSE**

Conformément à l'article 7 de l'arrêté du 29 mai 2009 modifié, les expéditeurs de colis de matières radioactives doivent déclarer tout événement survenu en cours de transport, qu'il ait donné lieu ou non à des conséquences radiologiques. Ces déclarations sont établies à l'aide du formulaire du guide [1] présenté en annexe 1, puis adressées à l'ASN, qui est en charge de la réglementation de la sûreté des transports de matières radioactives à usage civil en France et du contrôle de son application. L'IRSN, support technique de l'ASN, est également destinataire de ces déclarations et en fait une analyse régulière.

Hors situation d'urgence avérée, les déclarations des événements doivent être effectuées dans un délai de 2 jours ouvrés suivant leur détection. Sont considérés comme événements de transport de matières radioactives des 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 informations figurant dans ces formulaires et comptes rendus d'événement sont saisies par l'IRSN dans une base de données répertoriant les événements enregistrés à partir de 1999. L'exploitation par l'IRSN 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 le nombre des événements présents dans la base 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, comme dans le rapport [3] portant sur le bilan des événements survenus entre 1999 et 2009, les événements impliquant des transports internes, c'est-à-dire effectués intégralement sur le site d'un exploitant, ou des transports dont l'expéditeur est étranger (à l'exception de ceux ayant eu des conséquences en France) ne sont pas comptabilisés dans le présent rapport. En outre, le présent rapport n'a pas pour objectif de compiler les événements de transport intéressant la défense.

Par convention, 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.

## **3 ANALYSE DES TENDANCES OBSERVABLES ENTRE 1999 ET 2011**

### **3.1 NOMBRE ET GRAVITE DES EVENEMENTS**

#### ***3.1.1 ENSEMBLE 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.

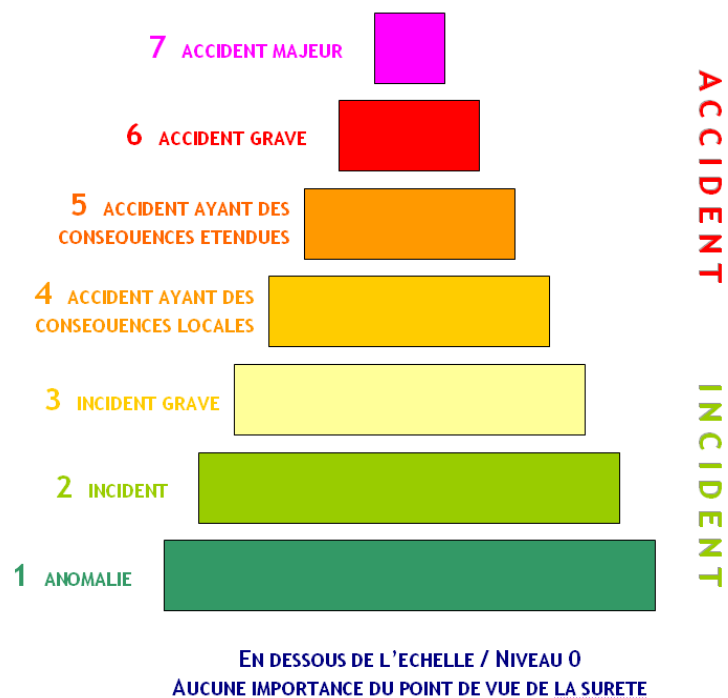


Figure 1 : Echelle INES

En France on distingue également les événements de transport dits « significatifs » et classés sur l'échelle INES de ceux dits « intéressants pour la sûreté » et estimés sans impact direct sur la sûreté. Pour l'IRSN, cette distinction pourrait être mieux précisée et des réflexions sont en cours dans ce sens.

Le classement sur l'échelle actuelle des événements de transport de matières radioactives déclarés depuis 1999 est présenté sur la figure 2. Cette échelle ayant été mise en application 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. Les événements dits « intéressants pour la sûreté » sont dénombrés dans la catégorie hors échelle.

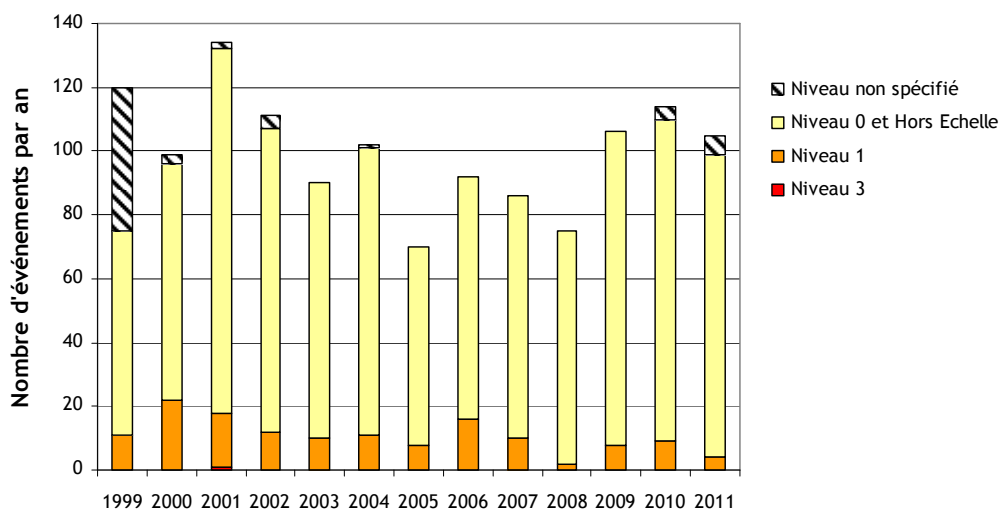


Figure 2 : Classement sur l'échelle INES des événements survenus entre 1999 et 2011

Le nombre d'événements de transports de matières radioactives déclarés à l'ASN entre 1999 et 2011 est de 1 304, ce qui correspond à une moyenne de 100 événements par an. En 2010 et 2011, respectivement 114 et 105 événements ont été déclarés.

Sur l'ensemble de la période 1999-2011, le diagramme ne montre pas de tendance nette à l'évolution. Toutefois, il semblerait que la période 2009-2011 marque un arrêt à la tendance légèrement décroissante observée précédemment. **Il convient néanmoins de garder à l'esprit que le nombre d'événements déclarés chaque année est un indicateur à considérer avec prudence, puisqu'il dépend notamment de l'efficacité des systèmes de détection des écarts et de déclaration.**

### **3.1.2 EVENEMENTS CLASSES AU NIVEAU 1 OU PLUS**

Depuis 1999, 140 événements ont été classés au niveau 1 de l'échelle INES et un événement a été classé au niveau 3 (événement survenu le 27 décembre 2001 à Roissy, détaillé dans le rapport [4]). Le nombre annuel d'événements classés au niveau 1 est globalement en baisse depuis l'an 2000 (cf. figure 2). En 2010 et 2011, respectivement 9 et 4 événements ont été classés au niveau 1 de l'échelle INES.

Sur les 141 événements classés au niveau supérieur ou égal à 1 de l'échelle INES (ce qui représente 11 % de l'ensemble des événements déclarés), 44 événements sont liés au cycle du combustible (6 % du total des événements de ce secteur) et 97 événements concernent les secteurs médical, des contrôles et de la recherche (18 % du total des événements de chacun de ces secteurs). Cette différence pourrait être liée à la différence de robustesse des colis qui sont plus souvent conçus pour résister à des événements de forte sévérité pour le secteur du cycle du combustible, ce qui limite les conséquences des événements réels. Toutefois, comme indiqué dans le § 3.2 du présent rapport, cet écart pourrait également résulter d'une sous-déclaration des événements n'ayant pas d'impact direct sur la sûreté, notamment par les acteurs du secteur des contrôles.

Le vol ou la perte de colis (cf. § 3.5.4 du présent rapport) et l'endommagement de colis lors d'opérations de manutention sont les deux principaux motifs d'événements classés au niveau 1 et plus de l'échelle INES (respectivement 33 % et 13 % des événements de niveau 1 et plus). Les colis concernés sont en majorité des colis de type A du secteur médical, perdus ou endommagés lors de leur transit en aéroport.

## **3.2 REPARTITION PAR SECTEUR D'ACTIVITE**

La répartition par secteur d'activité de l'ensemble des événements déclarés sur la période 1999-2011 ainsi qu'entre le début de l'année 2010 et la fin de l'année 2011 est présentée en figure 3. Le nombre de colis de matières radioactives transportés par les différents secteurs est présenté en figure 4<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> L'ensemble des statistiques sur la répartition du nombre de colis par secteur d'activité, par moyen de transport et par type de colis sont issues d'une étude réalisée en 2006 par l'IRSN sur la base des déclarations des flux de l'année 2002.



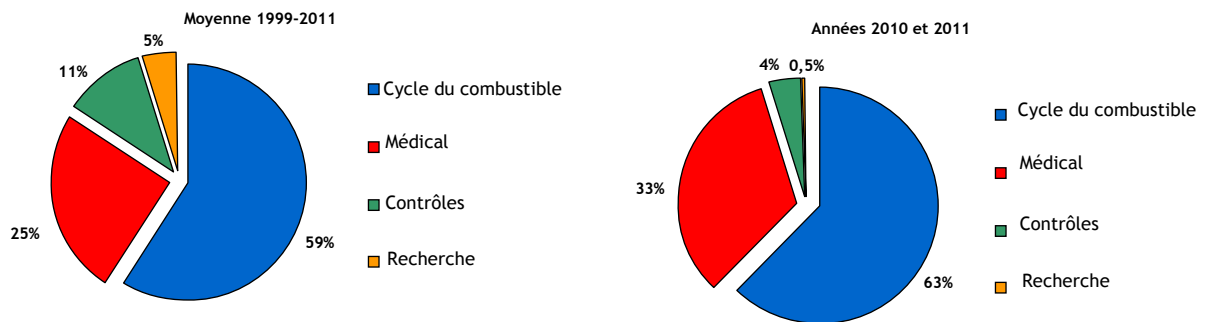


Figure 3 : Répartition des événements déclarés par secteur d'activité

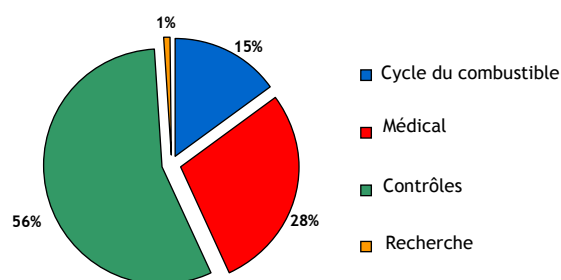


Figure 4 : Répartition du nombre de colis transportés par secteur d'activité

La fréquence des événements déclarés par secteur d'activité est présentée dans le tableau 1.

	Fréquence des événements
Cycle du combustible	1 / 2 400 colis
Médical	1 / 10 500 colis
Contrôles	1 / 48 800 colis
Recherche	1 / 1 700 colis

Tableau 1 : Fréquence des événements déclarés par secteur d'activité

Le secteur du cycle du combustible représente la majorité des événements déclarés, avec une moyenne de 57 événements par an. Les principaux motifs de déclaration d'événement sont la contamination de colis ou de moyen de transport (25 % des cas) et les absences ou erreurs de document et d'étiquetage (22 % des cas).

Le secteur médical représente en moyenne 25 événements par an. En 2010, 41 événements liés au secteur médical ont été déclarés. Ces événements sont pour 60 % dus à des chocs lors d'opérations de manutention aéroportuaires, dont le nombre est en augmentation depuis 2007 (cf. § 3.5.2 du présent rapport), et pour 16 % liés à des vols ou des pertes de colis.

Concernant le secteur des contrôles, impliqué principalement par le transport d'appareils de contrôle contenant des matières radioactives sous forme de sources scellées (gammagraphes, densimètres et analyseurs de plomb

notamment), la baisse du nombre d'événements déclarés amorcée en 2008 se poursuit avec 6 déclarations en 2010 et 3 en 2011, à comparer à une moyenne de 13 événements par an entre 1999 et 2007.

Rapporté aux flux de transport (cf. tableau 1), le nombre d'événements déclarés par le secteur du cycle du combustible est nettement plus élevé que le nombre déclaré par le secteur médical (4 fois plus) et par le secteur des contrôles (près de 20 fois plus). Les méthodes de travail du secteur du cycle du combustible n'étant pas moins rigoureuses que celles des autres secteurs, il n'y a pas de raison objective justifiant cette plus grande proportion d'événements. Pour l'IRSN, ce résultat est l'indice d'une forte sous-déclaration des événements par les acteurs du secteur médical et des contrôles et il serait souhaitable de continuer à déployer des moyens de nature à améliorer la sensibilisation des intervenants de ces secteurs. En particulier, l'ASN devrait continuer à organiser des journées de sensibilisation des acteurs du transport des matières radioactives pour le nucléaire dit « de proximité » dans ses divisions régionales. Par ailleurs, le projet de nouvelle réglementation pour l'enregistrement des transporteurs, actuellement en discussion à la présidence du Conseil de l'Union Européenne, pourrait être de nature à améliorer cette situation en élargissant le champ des sociétés que l'ASN est susceptible d'inspecter.

### 3.3 REPARTITION PAR MODE DE TRANSPORT

La répartition par mode de transport de l'ensemble des événements déclarés sur la période 1999-2011 ainsi qu'entre le début de l'année 2010 et la fin de l'année 2011 est présentée en figure 5. Le nombre de colis de matières radioactives transportés selon les différents modes est présenté en figure 6.

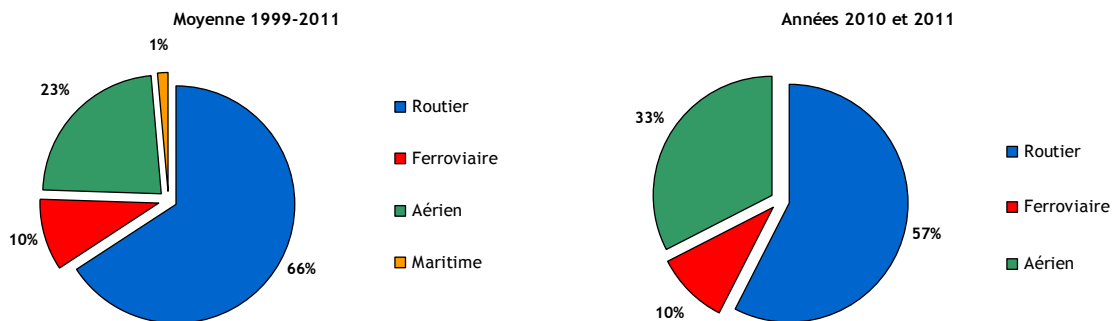


Figure 5 : Répartition des événements déclarés par mode de transport

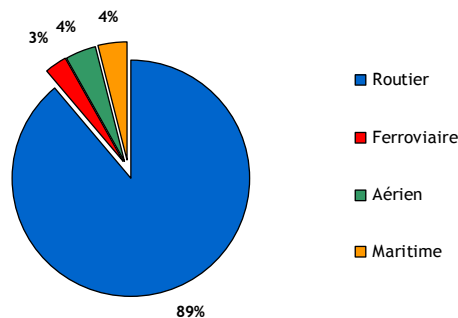


Figure 6 : Répartition du nombre de colis transportés par mode

La fréquence des événements déclarés par mode de transport est présentée dans le tableau 2.

	Fréquence des événements
Routier	1 / 15 900 colis
Aérien	1 / 2 200 colis
Ferroviaire	1 / 3 100 colis
Maritime	1 / 31 800 colis

Tableau 2 : Fréquence des événements déclarés par mode de transport

Le transport routier représente la majeure partie des événements déclarés (en moyenne 57 par an). Ces événements concernent pour 70 % le secteur du cycle du combustible. Les motifs de déclaration les plus fréquents sont des absences ou des erreurs dans les documents ou l'étiquetage (25 % des événements) et des contaminations de colis ou de moyens de transport 15 % des événements).

Le transport aérien concerne près d'un quart des événements déclarés entre 1999 et 2011, ce qui correspond à une fréquence de déclaration 7 fois plus importante que pour le transport routier. Ces événements concernent essentiellement le secteur médical (environ 90 % des événements liés au transport aérien) et sont dus, à hauteur de 80 %, à des endommagements de colis lors des opérations de manutention en zone aéroportuaire. Le nombre élevé d'événements liés au transport aérien déclarés en 2010 (32 événements, soit le double du nombre annuel d'événements sur les cinq années précédentes) s'explique par un nombre important d'événements liés à des chocs lors de manutentions (cf. § 3.6.1 du présent rapport). **L'IRSN considère que ceci peut s'expliquer par une meilleure connaissance de la part des expéditeurs de colis radio-pharmaceutiques des pratiques de déclaration d'événements, bien que celle-ci reste perfectible, mais également par des méthodes de manutention aéroportuaire plus rapides et moins rigoureuses.** Ceci justifie la poursuite des actions de formation et de sensibilisation des acteurs concernés (cf. § 3.6.1 du présent rapport).

### 3.4 REPARTITION PAR TYPE DE COLIS

La répartition des événements déclarés selon le type de colis impliqué est présentée en figure 7. Le nombre de colis de matières radioactives transportés selon leur type est présenté en figure 8. Les caractéristiques principales des différents types de colis sont présentées en annexe 2.

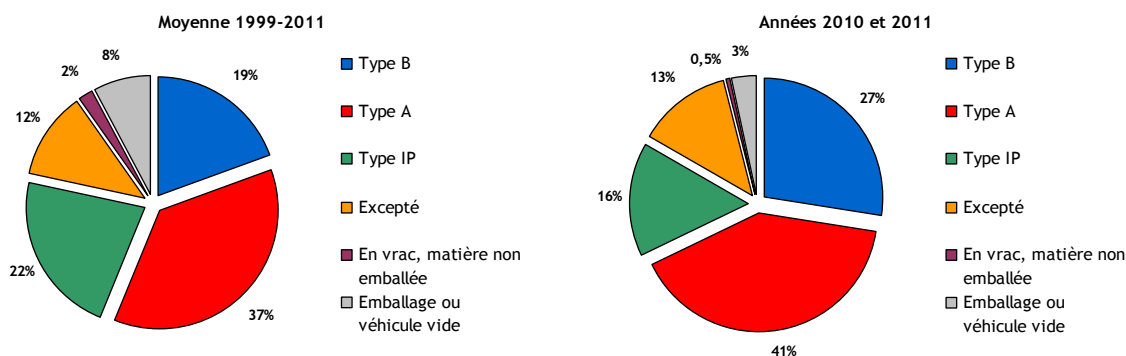


Figure 7 : Répartition des événements déclarés par type de colis

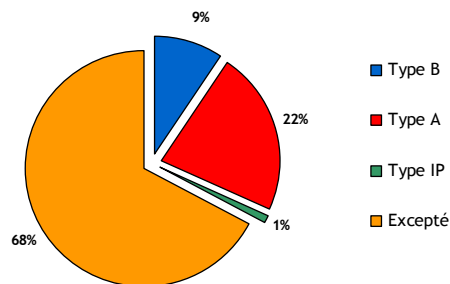


Figure 8 : Répartition du nombre de colis transportés par mode par type de colis

La fréquence des événements déclarés par type de colis est présentée dans le tableau 3.

	Fréquence des événements
Type B	1 / 3 400 colis
Type A	1 / 8 700 colis
Type IP	1 / 5 000 colis
Excepté	1 / 40 400 colis

Tableau 3 : Fréquence des événements déclarés par type de colis

Les colis de type A sont les colis les plus impliqués dans les événements déclarés (en moyenne dans 35 événements par an). L'augmentation constatée en 2010 (44 événements) peut être associée au nombre élevé d'incidents de manutention dans les zones de transit aéroportuaires (cf. § 3.6.1 du présent rapport), les colis de type A étant impliqués dans près de 90 % des événements de ce type.

Les colis de type B sont impliqués dans environ 20 % des événements. Cette proportion a néanmoins sensiblement augmenté en 2011 (près d'un tiers des événements déclarés), compte tenu notamment du nombre élevé d'incidents relatifs à des défauts de serrage d'éléments vissés de colis de ce type (cf. § 3.6.2 du présent rapport).

Les colis de type industriel (type IP) sont impliqués en moyenne dans une vingtaine d'événements par an. Ces événements concernent principalement des absences ou erreurs dans les documents de transport ou l'étiquetage (35 % des cas) et des arrimages défectueux (les colis de type industriel représentent 60 % des événements de ce type).

Le nombre d'événements concernant des colis exceptés est en hausse constante depuis 1999 (de 1 % des événements en 1999, ils représentent en 2010 et 2011 environ 13 % des événements déclarés), ce qui pourrait s'expliquer par une amélioration des pratiques de déclaration des événements concernant ces colis par les expéditeurs concernés. Néanmoins, au regard du nombre important de colis transportés (cf. figure 8 et tableau 3), le nombre d'événements déclarés impliquant des colis de ce type semble encore nettement sous-estimé. Ceci illustre la nécessité de poursuivre ces actions de sensibilisation aux pratiques de détection et de déclaration d'événements, notamment auprès des acteurs du secteur médical et des contrôles.

Enfin, les emballages et les véhicules vides font également l'objet de déclarations d'événements. Ceux-ci concernent pour deux tiers des contaminations détectées lors de leur réexpédition à la suite d'un transport.

### 3.5 PRINCIPAUX TYPES D'ÉVÉNEMENTS ENTRE 1999 ET 2011

La répartition des événements déclarés entre 1999 et 2011 selon leur type est présentée en figure 9.

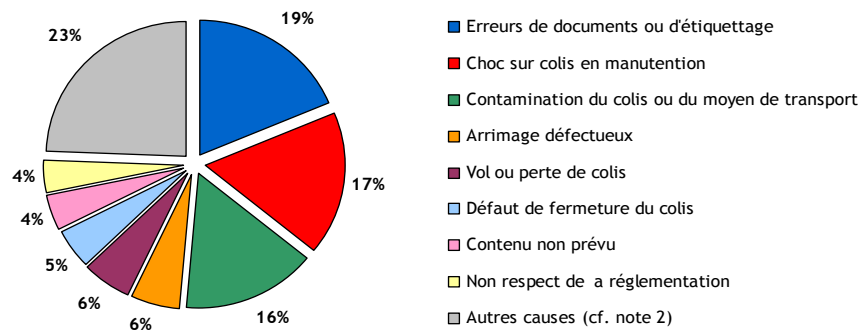


Figure 9 : Répartition des événements par motif de déclaration (période 1999-2011)

Les trois principaux motifs identifiés pour les événements de transport de matières radioactives déclarés, représentant la moitié des événements de transport, sont de nature documentaire (absences et erreurs dans les documents de transport ou l'étiquetage des colis), mécanique (chocs lors d'opérations de manutention) et radiologique (contaminations de colis ou de moyens de transport).

#### 3.5.1 ÉVÉNEMENTS DE NATURE DOCUMENTAIRE ET D'ÉTIQUETAGE

L'absence de documents de transport et les erreurs dans ces documents ou dans l'étiquetage des colis ou des véhicules constituent le premier motif de déclaration d'événement (19 % des cas entre 1999 et 2011). Depuis 1999, le nombre annuel d'événements de ce type est à peu près constant (en moyenne 19 par an). En 2010 et 2011, respectivement 16 et 17 événements de ce type ont été déclarés.

Ce type d'événement concerne principalement les colis non agréés<sup>3</sup> (80 % des cas) transportés par voie routière (90 % des cas). Le secteur d'activité le plus concerné est le cycle du combustible (70 % des cas) alors qu'il ne représente qu'environ 15 % des flux de transport de colis de matières radioactives, ce qui pourrait s'expliquer par

<sup>2</sup> Les autres motifs d'événements, représentant chacun moins de 3 % des événements déclarés sont, par ordre d'occurrence, des collisions routières ou ferroviaires, des non-conformités de colis, des débits de dose supérieurs aux limites réglementaires, des ouvertures de colis ou de camion en cours de transport, des défauts de conditionnement de la matière radioactive, des découvertes d'impact sur le colis, des détections de matière radioactive par un portique, des défauts d'étanchéité, des erreurs de destinataire, des absences de scellés, des problèmes de maintenance, des découvertes de colis, la présence de passagers clandestins dans le véhicule, l'absence de formation du chauffeur du véhicule et l'incendie.

<sup>3</sup> Seuls les colis de type B, de type C, ainsi que les colis contenant des matières fissiles ou de l'hexafluorure d'uranium doivent faire l'objet d'un agrément délivré par l'autorité de sûreté.

la tendance à la sous déclaration par les acteurs des secteurs médical et des contrôles évoquée dans le § 3.2 du présent rapport.

Bien que ces événements ne remettent en général pas en cause la sûreté des transports, ces erreurs pourraient avoir des conséquences en cas d'incident ou d'accident dans la mesure où elles pourraient rendre difficile l'identification du type de colis et de la matière transportée, ce qui serait préjudiciable à la gestion de la situation. **Aussi, il serait souhaitable que des actions de formation soient mises en place par l'ensemble des acteurs du transport de matières radioactives afin d'améliorer l'application des règles relatives à la documentation et à l'étiquetage.**

### **3.5.2 CHOCS LORS DES OPERATIONS DE MANUTENTION**

Le deuxième motif de déclaration d'événement (17 % des cas) est l'endommagement de colis lors d'opérations de manutention. Le nombre d'événements de ce type a doublé depuis les années 2005 et 2006, passant de 10 événements par an à une moyenne de 22 par an sur les quatre dernières années (27 cas en 2010 et 19 en 2011, cf. figure 12). Ces événements concernent en grande majorité (près de 90 % des cas) des colis de type A à usage médical transportés par voie aérienne. **Des actions de sensibilisation à la sûreté des manutentions sont recommandées dans le § 3.6.1 du présent rapport.**

Les chocs lors d'opérations de manutention portuaire, bien que peu nombreux (7 événements entre 1999 et 2009), revêtent un caractère sensible dans la mesure où ils concernent tous des conteneurs chargés de cylindres d'hexafluorure d'uranium (UF<sub>6</sub>) présentant une forte toxicité chimique. Toutefois, il est à noter qu'aucun choc en manutention n'a été déclaré comme tel en 2010 et en 2011 pour les colis d'UF<sub>6</sub>.

### **3.5.3 CONTAMINATION DES COLIS OU DES MOYENS DE TRANSPORT**

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<sup>4</sup>, et de 0,4 Bq/cm<sup>2</sup> pour les autres émetteurs alpha. 16 % des événements déclarés depuis 1999 concernent des dépassements de ces limites. Toutefois, cette proportion est en baisse constante (de 37 % des événements en 1999, elle ne représente plus que 8 % des événements déclarés en 2010 et 2011).

Ces événements concernent quasiment tous des transports terrestres (à raison de deux tiers pour le transport routier et de un tiers pour le transport ferroviaire) et le secteur du cycle du combustible. Un tiers de ces événements concernent des colis de type B et un autre tiers des véhicules ou des emballages vides.

---

<sup>4</sup> Les émetteurs alpha de faible toxicité sont l'uranium naturel, l'uranium appauvri, le thorium naturel, l'uranium 235 ou l'uranium 238, le thorium 232, le thorium 228 et le thorium 230 lorsqu'ils sont contenus dans des minerais ou des concentrés physiques et chimiques, ainsi que les émetteurs alpha dont la période est inférieure à dix jours.

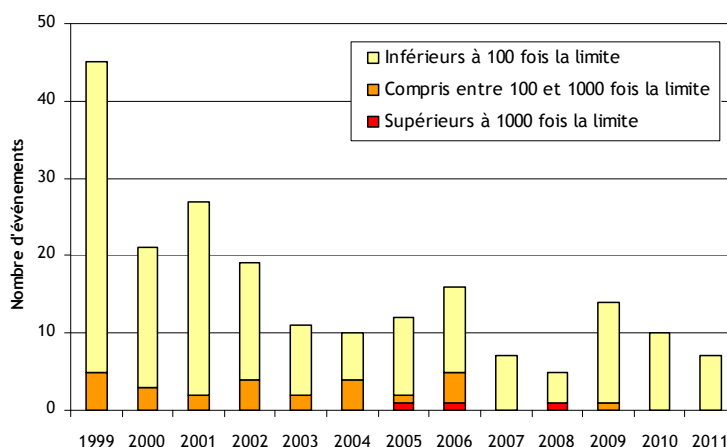


Figure 10 : Evolution du nombre de déclarations d'événements liés à la contamination

Les conséquences de ces événements restent néanmoins limitées. En effet, aucun des événements déclarés n'a causé d'irradiation ou de contamination des opérateurs impliqués et leur impact sur l'environnement est négligeable. Seuls 6 événements de contamination ont été classés au niveau 1 de l'échelle INES entre 1999 et 2011.

Sur les deux dernières années, 17 cas de contamination ont été déclarés (10 en 2010 et 7 en 2011). L'événement ayant conduit au dépassement des limites réglementaires le plus important est analysé dans le § 4.1 du présent rapport.

### 3.5.4 VOLS OU PERTES DE COLIS

Les risques liés au vol ou à la perte avérée d'un colis sont potentiellement importants en cas d'ouverture du celui-ci par des personnes non averties, et ce, même si l'activité des matières radioactives transportées dans ces colis, principalement de type A ou exceptés, est limitée. En effet, la manipulation de telles sources est susceptible de délivrer des doses pouvant entraîner des effets biologiques déterministes (brûlures, modification de la formule sanguine), ou une augmentation de la probabilité de développer un cancer. Les vols de colis sont *a priori* rarement intentionnels, ceux-ci étant en général la conséquence d'un vol du véhicule de transport contenant le colis. Les pertes quant à elles se produisent principalement lors de transferts aéroportuaires.

Le vol ou la perte de colis est le motif d'événement le plus fréquent parmi ceux classés au niveau 1 de l'échelle INES (un tiers de ces événements). L'événement est normalement reclassé au niveau 0 lorsque le colis déclaré perdu a été retrouvé par la suite.

Comme le montre la figure 11, aucune tendance nette n'est observée depuis 1999. Le nombre d'événements de ce type est en moyenne de 6 par an, dont 4 sont classés au niveau 1. Excepté pour deux vols de gammagraphes recensés (concernant des colis de type B), ces colis sont des colis de type A ou exceptés contenant des matières radioactives principalement à usage médical.

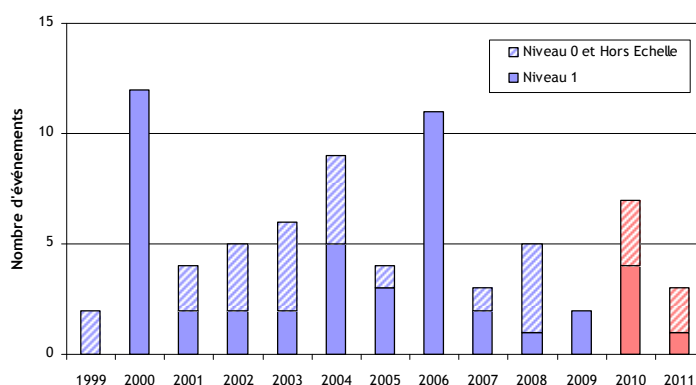


Figure 11 : Evolution du nombre de vols et de pertes de colis déclarés entre 1999 et 2011

### 3.6 PRINCIPALES TENDANCES LORS DES ANNEES 2010 ET 2011

Certains types d'événements apparaissent plus fréquemment en 2010 et en 2011 par rapport aux années précédentes. Il s'agit en particulier des endommagements de colis lors de chocs en manutention, des défauts de serrage d'éléments vissés, de la découverte dans les colis de corps étrangers et de non-conformités de colis.

#### 3.6.1 CHOCS LORS D'OPERATIONS DE MANUTENTION

Comme mentionné dans le § 3.5.2 du présent rapport et illustré par la figure 12, le nombre d'événements relatifs à un endommagement de colis lors d'opérations de manutention est globalement en augmentation depuis 2005.

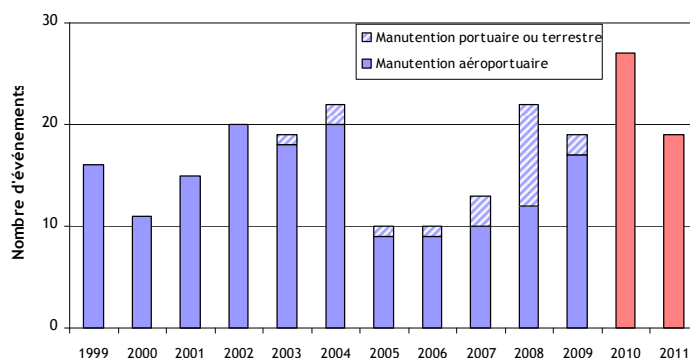


Figure 12 : Evolution du nombre de chocs en manutention déclarés entre 1999 et 2011

Au total en 2010 et 2011, 46 colis de type A, chargés de radio-isotopes à usage médical, ont été endommagés lors de leur manutention dans un aéroport, ce qui représente un doublement du taux d'incident par rapport à la période 2005-2007.

Les conséquences des événements de ce type sont potentiellement graves en termes d'irradiation ou de contamination des opérateurs ou du public ; cela justifie une vigilance accrue vis-à-vis des pratiques de manutention des colis de matières radioactives dans les aéroports. Sachant que la baisse importante du nombre de ces événements sur la période 2005-2007 pourrait être corrélée à la réalisation par l'ASN, en 2005, de campagnes



de sensibilisation auprès des acteurs concernés (transporteurs, sociétés de fret, opérateurs de manutention), la **reprise de ces actions de sensibilisation paraît justifiée dans un contexte de renouvellement rapide des opérateurs des entreprises concernées.**

Par ailleurs, il convient de noter qu'un modèle plus robuste de générateur de technétium devrait être mis en service prochainement par la société CIS Bio, producteur de radio-isotopes à usage médical et expéditeur le plus impliqué dans les endommagements de colis lors des transferts aéroportuaires. Moins sensible aux chocs, son utilisation devrait conduire à une diminution du nombre des événements de manutention déclarés.

### 3.6.2 DEFAUTS DE SERRAGE DES ELEMENTS VISSÉS

Des défauts de serrage d'éléments vissés de colis ont fait l'objet d'un nombre de déclarations en forte hausse en 2011 (9 événements, contre une moyenne de un événement par an entre 2000 et 2010). Ces événements concernent notamment les capots permettant d'amortir les chocs mécaniques (absence de serrage ou mauvais serrage des vis de fixation des capots) ainsi que les éléments participant au confinement de la matière radioactive (mauvais serrage des tapes de fermeture d'orifice et absence de verrouillage des capuchons de protection des raccords de mise en dépression). Ces défauts constituent des événements potentiellement graves dans la mesure où ils affectent les capacités d'amortissement des colis lors de chocs, dans le cas de défaut de serrage affectant les capots amortisseurs, ou l'étanchéité de l'enveloppe de confinement de la matière radioactive dans le cas de défaut affectant les orifices ou les bouchons.

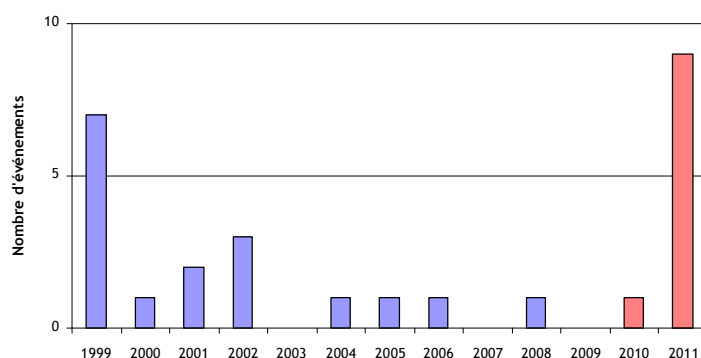


Figure 13 : Evolution du nombre de défauts de serrage d'éléments vissés déclarés entre 1999 et 2011

Les événements déclarés en 2010 et 2011 portent principalement sur des emballages de types TN 12/2 et TN 13/2 destinés au transport de combustibles irradiés expédiés par différents CNPE<sup>5</sup> d'EDF. En raison de cette succession d'événements, l'ASN a demandé à EDF, début 2012, de mettre en place un plan d'action détaillé visant à corriger ces anomalies.

La société TN International, conceptrice des emballages concernés, a également relevé que la notice d'utilisation de ces modèles de colis présentait une prescription insuffisamment précise concernant le graissage des vis de fixation des capots amortisseurs, l'omission du graissage sous tête de vis étant susceptible d'entraîner un mauvais

<sup>5</sup> CNPE : Centre nucléaire de production d'électricité

serrage des vis. La notice d'utilisation de ces emballages a été mise à jour en avril 2012. **Un bilan sera à réaliser sur les événements relatifs à des défauts de serrage déclarés en 2012 pour vérifier si la modification de cette prescription a permis d'en limiter l'occurrence.**

Par ailleurs, ces événements pourraient également résulter d'un défaut de propreté des filets des vis et de leurs taraudages. **Aussi, l'IRSN a recommandé un contrôle systématique avant serrage de l'état de propreté des vis des couvercles et des capots amortisseurs de ces emballages afin de limiter les risques de desserrage en cours de transport.**

En outre, pour certains emballages, une durée minimale entre la pose des vis et leur serrage est imposée afin d'éviter qu'en s'échauffant plus que la pièce fixée, les vis ne se desserrent par dilatation thermique différentielle. Lors d'une inspection réalisée par l'ASN à la suite de l'un des événements relatifs au desserrage de vis, il a été constaté que la disposition relative à l'attente de l'équilibre thermique n'est pas toujours respectée par les opérateurs en charge de la préparation des colis.

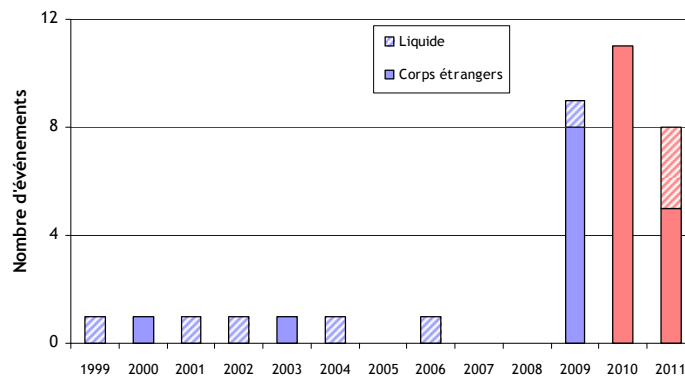
**Aussi, l'IRSN préconise la reprise des réflexions sur le sujet entre les industriels, l'ASN et l'IRSN, dans le but d'identifier l'ensemble des causes responsables de ces écarts et de mettre au point les actions correctives de nature à éviter leur répétition. Ce travail pourrait reposer sur des essais de serrage dans diverses conditions de température, de propreté et de graissage et avec des cinétiques variables, afin de déterminer l'impact réel des différentes causes potentielles identifiées.**

### ***3.6.3 DECOUVERTE DE CORPS ETRANGERS OU D'EAU DANS LES COLIS***

Au cours de l'année 2008, à l'occasion de contrôles de teneur en gaz combustibles effectués dans la cavité d'emballages soumis à des phénomènes de radiolyse<sup>6</sup> de résidus aqueux, il a été constaté pour un emballage contenant des combustibles irradiés la présence de méthane et d'hydrogène en quantités significatives. Ce résultat montre que des matières organiques non autorisées étaient présentes dans la cavité du colis et qu'elles ont subi un début de décomposition. A la suite de cet événement, les expéditeurs (notamment EDF) et les acteurs impliqués dans la maintenance des emballages (principalement AREVA) ont été davantage sensibilisés aux risques associés à la présence de corps dits « étrangers » dans les colis, ce qui explique le plus grand nombre d'événements déclarés à partir de 2009.

---

<sup>6</sup> Radiolyse : décomposition sous l'effet de rayonnements ; la décomposition de l'eau conduit au dégagement de dioxygène et de dihydrogène ; elle ne peut pas conduire au dégagement de méthane contrairement à la décomposition des matières organiques.



**Figure 14 : Evolution du nombre de déclarations relatives à la découverte de corps étrangers dans les colis entre 1999 et 2011**

Les corps étrangers découverts sont des objets métalliques (notamment des vis), organiques (joints, tissu, ruban adhésif) ou des liquides (notamment de l'eau ou de l'huile).

Ce type d'événement est susceptible de remettre en cause la sûreté des transports du fait du risque de production de gaz inflammables par radiolyse ou par thermolyse, ou du risque d'endommagement des matières transportées (assemblages combustibles par exemple).

Pour ce qui concerne les corps étrangers solides (métal ou polymère), les événements déclarés ces trois dernières années concernent principalement les modèles de colis TN 12/2 et TN 13/2 (colis de type B) utilisés pour le transport de combustibles irradiés entre les centrales d'EDF et l'usine AREVA NC de La Hague, les corps étrangers ayant été détectés lors du déchargement de ces colis ou lors des opérations d'entretien périodique des emballages. **L'ASN a demandé en 2011 à EDF et à AREVA de mettre en place des procédures particulières lors du chargement de ces colis et de leur maintenance afin de garantir l'absence de tels corps étrangers.** Ces dispositions devraient également être mentionnées dans les dossiers de sûreté des modèles de colis. Un bilan devrait être effectué sur les événements de ce type déclarés en 2012 afin de confirmer si la baisse du nombre d'événements, amorcée en 2011 et vraisemblablement imputable aux précautions opérationnelles mises en place, s'est poursuivie.

La présence d'eau dans la cavité d'un colis chargé ou déchargé sous eau peut être la conséquence soit d'une qualification insuffisante de la procédure de séchage, soit d'une mauvaise mise en œuvre de cette procédure. Parfois de l'eau est découverte en quantité importante dans des colis transportés vides. Il devrait être rappelé aux opérateurs en charge de ces expéditions que le transport d'emballages vides ne doit pas faire l'objet d'une moindre vigilance, la présence d'eau dans leur cavité pouvant conduire à une contamination ou remettre en cause la sûreté de l'utilisation ultérieure de l'emballage.

### 3.6.4 NON-CONFORMITES DE COLIS

L'utilisation d'un emballage présentant des écarts par rapport aux caractéristiques définies et justifiées du modèle peut conduire à remettre en cause ses fonctions de sûreté (confinement de la matière radioactive, protection

contre les rayonnements ionisants, dissipation de la chaleur). Les écarts déclarés sont liés à des défauts de fabrication (soudure non conforme, protection radiologique d'épaisseur insuffisante, capots amortisseurs ou gorges de joint d'étanchéité dont les dimensions sortent des plages de tolérances), à une modification de composants sans que l'autorité de sûreté n'en ait été informée (type de broches à billes de fermeture de cylindre d' $UF_6$ , organe de manutention) ou au non-respect d'une échéance de maintenance (absence de contrôle d'un composant ayant une fonction de sûreté).

Le nombre d'événements déclarés concernant des non-conformités de colis reste faible (14 cas au total entre 1999 et 2011). Toutefois, il est apparu lors d'inspections menées par l'ASN, ainsi que dans le cadre d'expertises par l'IRSN de dossiers de sûreté de modèle de colis, que l'occurrence de ce type d'événements pourrait être sous-estimée. L'IRSN préconise une plus grande rigueur dans les opérations de fabrication et de maintenance afin que les non-conformités fassent l'objet d'un traitement approprié. En particulier, toute non-conformité susceptible d'affecter la sûreté d'un modèle de colis devrait faire l'objet de justifications transmises à l'ASN avant toute utilisation de l'emballage.

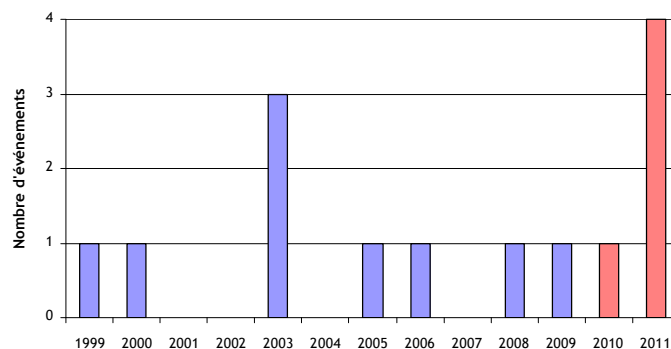


Figure 15 : Evolution du nombre de non-conformités de colis déclarées entre 1999 et 2011

## **4 EVENEMENTS SURVENUS EN 2010 ET 2011**

Au cours des années 2010 et 2011, 13 événements ont été classés au niveau 1 de l'échelle INES. Ceux-ci se répartissent de la façon suivante :

- 5 événements de perte de colis ; ces colis étaient des colis exceptés ou de type A contenant des matières radioactives à usage médical ;
- 2 événements liés à des endommagements de colis à usage médical lors d'opérations de manutention aéroportuaires ;
- 1 événement lié à un défaut de fermeture sur une coque de transport de cylindre d'hexafluorure d'uranium ( $UF_6$ ) ; cet événement est présenté dans le § 4.3 du présent rapport ;
- 1 événement lié à une non-conformité de conditionnement du colis (absence d'une protection radiologique dans le conditionnement de radio-isotopes à usage médical) ;
- 1 événement lié à un transport effectué malgré un débit de dose supérieur à la limite réglementaire ; cet événement est présenté dans le § 4.5 du présent rapport ;
- 1 événement lié à un défaut d'arrimage d'un colis à usage industriel ;

- 1 événement lié à un non-respect de la réglementation (transport hors classe 7 de matière fissile exceptée) ;
- 1 événement lié à l'absence de contrôle préalable à l'évacuation d'une remorque ayant servi au transport d'assemblages combustibles ; cet événement est présenté dans le § 4.4 du présent rapport.

Plusieurs de ces événements sont résumés ci-après dans le but de permettre une meilleure compréhension de leur déroulement, des circonstances associées et des enseignements qui peuvent en être tirés. Ils figurent parmi les plus significatifs en termes de conséquences radiologiques, réelles ou potentielles, ou concernent des thématiques identifiées dans les § 3.5 et 3.6 du présent rapport.

## 4.1 CONTAMINATION SURFACIQUE DU WAGON TRANSPORTANT UN COLIS DE TYPE B

### Résumé de l'événement

Le 22 décembre 2010, le CNPE du Tricastin expédie par voie ferroviaire un emballage TN 112 chargé de 12 assemblages combustibles MOX irradiés (colis de type B) vers l'Etablissement AREVA NC de La Hague. Après déchargement du convoi sur le terminal ferroviaire de Valognes (département de la Manche) le 12 janvier 2011, AREVA NC constate une contamination surfacique non fixée de 109 Bq/cm<sup>2</sup> (soit 27 fois la limite réglementaire de 4 Bq/cm<sup>2</sup>) sur la lèchefrite du wagon non-accessible au public. Cet événement a été classé hors échelle INES.

### Cause de l'événement

EDF analyse cet événement comme la conséquence probable de la remise sous eau de l'emballage sans jupe de protection, effectuée pour remettre en place le bouchon de fermeture de la cavité qui avait été mal positionné lors du chargement dans la piscine du bâtiment combustible du réacteur. EDF estime que, malgré les opérations de décontamination et en dépit des résultats des contrôles concluant à l'absence de contamination sur la surface externe de l'emballage, une particule contaminante peut avoir subsisté dans une partie difficilement accessible, avant de tomber dans la lèchefrite lors du transport.

### Principaux enseignements

L'immersion en piscine de l'emballage sans jupe de protection, opération non prévue dans le dossier de sûreté du modèle de colis, explique bien la découverte de contamination externe lors du transport. En effet, le rôle de cette jupe est précisément d'empêcher la contamination des nombreuses ailettes de refroidissement qui équipent la surface externe de l'emballage et qui sont difficilement décontaminables. **Cet événement souligne l'importance de décrire, dans le dossier de sûreté des modèles de colis, tous les modes opératoires, y compris ceux à mettre en œuvre en situation exceptionnelle, afin de détecter certains risques opérationnels qui pourraient induire des doses évitables pour les opérateurs.**

Il fait également apparaître que, dans une situation sortant du domaine de fonctionnement défini, les précautions retenues se sont révélées insuffisantes. **L'expéditeur concerné devrait donc revoir ses méthodes de gestion des situations de ce type, afin de mieux garantir le respect des objectifs définis dans le dossier de sûreté.**

## 4.2 ABSENCE DE VERROUILLAGE D'UN CAPUCHON DE PROTECTION

### Résumé de l'événement

Le 8 février 2011, l'Etablissement AREVA NC de La Hague a expédié à destination de l'usine MELOX de Marcoule un convoi de 10 colis FS 47 chargés d'oxyde de plutonium (colis de type B). Le 10 février, lors des opérations d'ouverture des colis, le destinataire constate, sur l'un des colis, que le capuchon de protection du raccord rapide auto-obturant utilisé pour la mise en dépression de l'emballage n'est pas en position verrouillée. Toutefois, d'après les mesures effectuées à la réception du colis, ce défaut de fermeture n'a pas eu de conséquence sur le maintien en dépression de la cavité. Cet événement a été classé au niveau 0 de l'échelle INES.

### Cause de l'événement et actions correctives

AREVA NC estime que cet événement est dû à une erreur humaine, l'opérateur ayant oublié de verrouiller le capuchon (ce verrouillage s'effectue avec un outil permettant de plaquer le capuchon et de lui faire faire un quart de tour). Par ailleurs, AREVA NC relève que la « check list » des opérations de préparation du colis ne mentionnait pas de contrôle du verrouillage du capuchon. Cet événement a conduit l'expéditeur à modifier l'outil de fermeture afin que celui-ci ne puisse être désolidarisé du capuchon que lorsqu'il est en position verrouillée.

### Principaux enseignements

Le capuchon et son joint torique interne sont partie intégrante de l'enveloppe de confinement du colis. Le test d'étanchéité de ce joint effectué avant expédition a cependant conduit à un résultat conforme au critère. AREVA NC estime que cet événement n'était pas de nature à conduire à un relâchement d'activité en raison de la présence du raccord auto-obturant, lui-même muni d'un joint, et du conditionnement des matières radioactives dans plusieurs étuis fermés disposés les uns dans les autres. L'étanchéité de ces éléments n'ayant toutefois pas été démontrée pour les différentes conditions de transport à considérer et ne faisant l'objet d'aucun contrôle avant expédition, le transport de l'emballage a été effectué avec une enveloppe de confinement incomplète, ce qui aurait pu conduire à une dispersion de radioactivité en cas d'aggravation par un choc accidentel. **Cet événement confirme l'importance de mettre en place des mesures préventives permettant de limiter les risques d'erreur humaine lors de la préparation des colis.**

## 4.3 DEFAUTS DE FERMETURE DE BROCHES A BILLES SUR PLUSIEURS COQUES DE CYLINDRE D'UF<sub>6</sub>

### Résumé des événements

Dans le cadre de l'expédition de 18 coques UX-30 chargées de cylindres d'hexafluorure d'uranium (UF<sub>6</sub>) vers l'usine WESTINGHOUSE de Columbia (Etats-Unis), une inspection a été réalisée pour le compte d'AREVA NC le 25 août 2010 après déchargement sur le port de Portsmouth (Etats-Unis). Les deux demi-coques de chaque emballage sont maintenues en position fermée par 10 broches à billes (cf. figure 17). Lors de cette inspection, il a été constaté sur trois coques un défaut d'engagement de 4 broches à billes. Cet événement a été classé au niveau 0 de l'échelle INES.

Deux événements comparables portant sur le même modèle de coque ont été déclarés en mars 2011 :

- le 3 mars, il a été constaté, sur deux colis manutentionnés sur le port de Baltimore (Etats-Unis), un mauvais verrouillage d'une broche à billes ainsi que la présence d'une broche cassée ; cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES ;
- le 25 mars, il a été constaté, lors d'une inspection réalisée par AREVA NC à la suite de l'événement précédent, l'absence de verrouillage ou le désengagement de 6 broches à billes sur un autre convoi de 21 coques ; cet événement a été classé au niveau 0 de l'échelle INES.

Broche à billes (ici désengagée)



Figure 17 : Coque UX-30

### Cause des événements et actions correctives

Des causes différentes ont été identifiées comme pouvant être à l'origine de ces défauts de verrouillage des broches à billes. Ainsi, la mauvaise fixation d'une broche à billes peut provenir d'un engagement incomplet de la broche dans l'orifice (cf. figure 18), ce qui ne permet pas la sortie de la bille à l'extérieur de la broche. Lors de l'inspection réalisée le 25 août 2010, les 4 broches à billes, qui n'étaient pas complètement engagées dans leur logement, ont pu être remises en place en position verrouillée, ce qui traduit un engagement incomplet de la broche lors de la préparation des colis. A la suite de cet incident, AREVA NC a effectué une formation des opérateurs en charge de l'expédition des coques d'UF<sub>6</sub> sur les enjeux de sûreté et les exigences réglementaires associés à ce type de colis et a ajouté sur la « check list » des contrôles à effectuer avant expédition une

vérification de la fermeture des broches à billes par traction sur les broches, une inspection visuelle de la position du bouton poussoir et un enregistrement photographique de la position de la broche à billes.

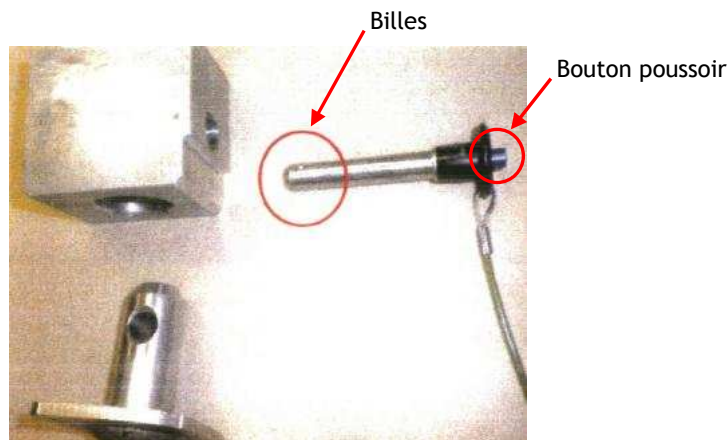


Figure 18 : Photographie d'une broche à billes

Pour l'événement du 25 mars 2011, plusieurs autres causes ont été identifiées. Ainsi, le défaut de verrouillage pourrait être dû au grippage d'une bille, laissant la broche libre de translater dans son logement, ou à un dysfonctionnement du bouton poussoir, du fait de leur encrassement par exemple. En outre, la présence de fissures a été constatée sur plusieurs des broches concernées, celles-ci ayant été identifiées comme peu récentes. Enfin, AREVA NC a identifié, sur l'ensemble des broches équipant les coques du convoi, une non-conformité par rapport au modèle de broche spécifié dans le dossier de sûreté de l'emballage. Néanmoins, il apparaît que cette restriction imposée sur le modèle des broches à billes, introduite par le concepteur américain à la suite d'incidents de désengagement des broches à billes déclarés par le passé aux Etats-Unis, ne figurait pas dans les documents transmis aux utilisateurs d'emballages, dont AREVA NC. Celle-ci a alors procédé à un remplacement de l'ensemble des broches à billes non-conformes de son parc de coques UX-30 et a informé les différents expéditeurs concernés des exigences liées au modèle de broche à billes.

#### Principaux enseignements

Ces événements soulignent l'importance de la gestion des évolutions de la définition des modèles de colis, qui passe par une information détaillée de tous les utilisateurs potentiels, en particulier ceux amenés à remplacer des composants du colis. Plus généralement, toute évolution d'une exigence de sûreté doit être portée à la connaissance de l'ensemble des utilisateurs potentiels concernés. **L'IRSN rappelle de façon systématique cette exigence, dans le cadre de ses expertises des dossiers de sûreté, en recommandant que les concepteurs transmettent à l'ASN, avant la première utilisation de l'emballage, les dispositions prises pour informer leurs clients ou partenaires, concernés directement ou indirectement par l'utilisation ou la maintenance des emballages, des exigences de sûreté relatives aux activités décrites dans le dossier de sûreté et de leur actualisation.**



## 4.4 ERREUR DE PRISE EN CHARGE D'EMBALLAGES

### Résumé de l'événement

Le 14 novembre 2011, le CNPE de Civaux a réceptionné trois remorques contenant chacune 8 colis FCC chargés d'assemblages combustibles neufs (colis de type B) disposés dans des conteneurs spécifiques. Le 16 novembre, le chauffeur de l'entreprise de transport reprend en charge l'une des remorques qu'il croyait vide. Alors qu'il roulait à l'intérieur du périmètre de l'INB, il constate une résistance anormale de la remorque. Après s'être arrêté, il s'aperçoit que la remorque contenait des emballages et la ramène dans la zone de stationnement initiale. Ces emballages étaient chargés et non arrimés. Cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

### Cause de l'événement et actions correctives

L'analyse de cet événement significatif par l'expéditeur a mis en lumière plusieurs causes humaines et organisationnelles. Ainsi, côté transporteur, il apparaît que le chauffeur n'a pas réalisé de contrôle de la remorque qui possédait des placards (étiquettes) réglementaires indiquant la présence de matières radioactives. Côté exploitant (EDF), il apparaît une absence de coordination entre les différents services impliqués, un manque de formation des agents de terrain et un défaut d'identification de l'état de chargement des remorques. En outre, il ressort de l'analyse effectuée par l'exploitant que le véhicule n'a pas emprunté la sortie dédiée (sortie équipée d'une balise de détection des rayonnements gamma qui aurait déclenché au passage de la remorque).

Cet événement a conduit la société TN International (commissionnaire du transport) et EDF à définir les mesures correctives suivantes : des actions de sensibilisation des chauffeurs de la part du transporteur, la mise en place d'une « check list » à signer conjointement entre EDF et le transporteur avant tout départ du site d'un véhicule de transport de matières radioactives et, côté exploitant, une identification claire (à l'aide d'une plaquette « vide » ou « plein ») de l'état de chargement des remorques dans les zones d'entreposage du CNPE ainsi que la fermeture de l'accès non muni de balise de détection gamma.

### Principaux enseignements

Cet événement aurait pu avoir des conséquences importantes s'il n'avait pas été détecté à temps par le chauffeur, notamment du fait de l'absence d'arrimage des colis. Il remet en cause l'organisation des contrôles à effectuer d'une part par l'expéditeur, d'autre part par le transporteur, en préalable à l'évacuation des moyens de transport déchargés. Les expéditeurs devraient mettre en œuvre, à l'issue des opérations de déchargement des moyens de transport, une signalétique claire à laquelle les transporteurs devraient être sensibilisés.

## 4.5 DEPASSEMENT DE LA LIMITE REGLEMENTAIRE DE DEBIT DE DOSE

### Résumé de l'événement

Le 27 décembre 2011, le CNPE du Blayais a expédié, à destination de l'Etablissement AREVA NC de La Hague, un colis TN 12/2 chargé d'assemblages combustibles irradiés (colis de type B). Les contrôles radiologiques effectués sur le colis avant expédition ont conduit à des débits d'équivalent de dose supérieurs à la limite réglementaire à 2 mètres du véhicule (0,130 mSv/h pour une limite à 0,1 mSv/h). Cependant, ce dépassement n'a été identifié ni par les deux techniciens en radioprotection en charge des mesures, ni par la personne en charge du contrôle des documents d'expédition. Après une phase de transport routier entre le CNPE du Blayais et le terminal ferroviaire

de Saint-Yzan-de-Soudiac (département de la Gironde), le colis a été chargé sur wagon pour être expédié vers le terminal de Valognes (département de la Manche). Une fois sur le wagon, le colis a fait l'objet de nouvelles mesures radiologiques. Le dépassement du débit de dose maximal réglementaire a alors été identifié par les opérateurs en charge des mesures. Cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.



Figure 19 : Colis TN 12/2 en cours de chargement sur camion

#### Cause de l'événement et actions correctives

L'analyse de cet événement par l'expéditeur a révélé que les techniciens en charge des mesures et de la vérification du dossier d'expédition prêtent moins attention à la limite réglementaire de débit d'équivalent de dose à 2 mètres du véhicule qu'aux autres critères réglementaires (débit d'équivalent de dose au contact du colis et limites de contamination surfacique), notamment parce que son dépassement est un événement considéré comme étant moins fréquent.

Par ailleurs, la société en charge du transport (TN International) avait au préalable évalué à 0,08 mSv/h le débit d'équivalent de dose à 2 mètres de ce colis. Cette valeur étant proche du critère réglementaire, la société TN International en avait informé l'expéditeur (EDF). Cette information, devant impliquer une attention particulière lors des opérations d'expédition, a été transmise au service en charge des mesures radiologiques mais n'a *in fine* été communiquée ni aux opérateurs en charge de la préparation du colis, ni à la personne en charge de contrôler le dossier d'expédition.

A la suite de cet événement, l'ASN a réalisé en janvier 2012 une inspection sur le CNPE du Blayais afin d'en analyser les circonstances et d'évaluer les actions correctives mises en place par EDF. L'ASN a notamment demandé à l'exploitant d'améliorer l'ergonomie des documents de transport, de mettre en place une organisation permettant d'informer les opérateurs en charge de la réalisation et du contrôle des mesures des alertes concernant les colis identifiés comme les plus irradiants et de s'assurer du bon étalonnage des instruments de mesure.

Par la suite, le colis a fait l'objet de nouvelles campagnes de mesures par EDF et par l'IRSN qui ont confirmé le respect des limites réglementaires. Le convoi a ainsi pu être réexpédié à destination de l'Etablissement AREVA NC de La Hague.

### Principaux enseignements

Outre les imperfections de l'ergonomie des documents de transport, cet événement met en évidence, de la part des techniciens chargés des mesures et du contrôle des documents d'expédition, soit un manque de réactivité s'ils se sont rendus compte du dépassement du critère réglementaire, soit, sinon, un manque d'attitude interrogative. De plus, cet événement souligne l'intérêt de réaliser, préalablement au chargement des matières radioactives dans l'emballage, une évaluation correcte des débits d'équivalent de dose attendus autour des colis afin de limiter le risque d'un dépassement des limites réglementaires qui nécessiterait le déchargement du contenu radioactif de l'emballage, ce qui serait de nature à accroître les doses reçues par les opérateurs. En outre, l'écart entre le débit de dose calculé avant transport (0,08 mSv/h) et la valeur mesurée (0,13 mSv/h) illustre les incertitudes associées d'une part au manque de qualification des codes de calcul d'activité résiduelle pour des taux d'irradiation importants, d'autre part à la faible précision des mesures de débit de dose de neutrons. **Plus généralement, cet événement souligne que la démarche consistant, d'une part à réaliser des calculs de débit d'équivalent de dose pour un chargement « type », n'ayant pas toujours les caractéristiques les plus défavorables en termes d'irradiation, d'autre part à justifier le respect des critères réglementaires de débit d'équivalent de dose par les seules mesures effectuées avant expédition, est insuffisante au regard des incertitudes et des risques d'erreur humaine associés aux calculs et aux mesures.** A cet égard, il est prévu d'ajouter, dans la prochaine révision de la réglementation applicable, une exigence concernant la prise en compte du contenu radioactif permis le plus pénalisant dans la justification du respect des critères réglementaires de débit d'équivalent de dose. Cette exigence, lorsqu'elle sera en vigueur, devrait réduire les risques d'accroissement des doses reçues par les opérateurs induits par les contrôles supplémentaires occasionnés en cas de doute sur les valeurs mesurées, comme cela s'est produit pour l'événement relaté. En effet, la prise en compte dans les calculs de l'ensemble des contenus permis devrait apporter des marges supplémentaires.

## **5 CONCLUSION**

L'analyse des données concernant les événements liés aux transports de matières radioactives déclarés en France en 2010 et 2011 et leur comparaison avec le bilan réalisé pour les années 1999-2009 [3] permettent de tirer les principales conclusions suivantes.

Si le bilan de l'ensemble des événements de la période 1999-2011 ne fait pas apparaître de tendance générale, ni sur le nombre, ni sur la gravité, il révèle une tendance à la baisse pour le nombre des événements classés de niveau 1 ou plus. Cette tendance est toutefois à manipuler avec précaution dans la mesure où elle pourrait dépendre de variations dans la rigueur des déclarations effectuées.

La pratique des déclarations semble plus rigoureuse dans le secteur du cycle du combustible que dans le secteur des contrôles. Ceci semble dénoter un manque de sensibilisation des acteurs de ce secteur aux procédures de déclaration d'événement. Des actions allant dans ce sens sont à poursuivre et le projet de nouvelle réglementation sur l'enregistrement des transporteurs est de nature à permettre à l'ASN d'élargir ses contrôles à un plus grand nombre d'acteurs.

Le nombre d'événements liés à un endommagement de colis de type A lors de leur manutention dans les aéroports, dont le nombre avait sensiblement augmenté en 2008 et 2009, reste élevé, avec une occurrence deux fois plus importante que celle des années 2005-2006. Cette tendance souligne la nécessité de renouveler les actions de sensibilisation des acteurs du transport aérien aux risques radiologiques liés à la manutention de colis de matières radioactives. En outre, la sensibilisation de ces mêmes acteurs aux conséquences radiologiques potentiellement graves pouvant découler de la perte ou du vol d'un colis, constituant la première cause d'événements classés au niveau 1 de l'échelle INES, devrait être poursuivie.

Le nombre important pour l'année 2011 d'événements liés à un défaut de fermeture de colis transportant des assemblages combustibles irradiés ou de l'hexafluorure d'uranium justifie la définition et la mise en place par les expéditeurs de nouvelles actions correctives visant à limiter les erreurs humaines et non-conformités relatives au serrage ou au verrouillage des éléments de fixation des composants des colis.

Le nombre élevé de découvertes, ces trois dernières années, de corps étrangers dans des colis utilisés pour l'évacuation de combustibles irradiés dans les réacteurs EDF confirme que le renforcement des procédures mises en œuvre concernant la propreté de la cavité de ces colis était nécessaire. L'efficacité des actions mises en œuvre par EDF et AREVA NC depuis le second semestre 2011, qui semble déjà se traduire par une baisse de l'occurrence de ce type d'événements, devra être confirmée.

Une hausse du nombre des événements liés à des non-conformités des composants des emballages a également été constatée. Il semblerait que l'impact sur la sûreté de ces écarts soit souvent sous-estimé. Une plus grande rigueur des opérations de fabrication et de maintenance est souhaitable et l'analyse des conséquences des écarts sur la sûreté devrait être plus complète.

Enfin, un événement de contamination a été déclaré à la suite du non-respect, lors de la « ré-immersion » d'un emballage dans la piscine de désactivation d'un réacteur, des instructions d'utilisation préconisées dans le dossier de sûreté du modèle de colis. L'expéditeur concerné devrait revoir ses méthodes de gestion des situations imprévues, afin de mieux garantir le respect des objectifs définis dans le dossier de sûreté.

Sur un plan plus général, les analyses présentées par les expéditeurs en vue d'identifier les causes possibles des événements déclarés, en particulier celles liées aux facteurs organisationnels et humains, apparaissent souvent limitées, au risque de mettre en place des actions correctives insuffisantes. Un approfondissement de ces analyses est recommandé en vue de prévenir la répétition de ces événements.

## REFERENCES

- [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, disponible sur <http://www.asn.fr/index.php/S-informer/Publications/Guides-pour-les-professionnels/Transport-de-matieres-radioactives/Guide-relatif-aux-modalites-de-declaration-et-a-la-codification-des-criteres-relatifs-aux-evenements-significatifs-impliquant-la-surete-la-radioprotection-ou-l-environnement-applicable-aux-INB-et-au-TMR>
- [2] INES : Échelle Internationale des Événements Nucléaires - Manuel de l'utilisation, Édition 2008, établi conjointement par l'AIEA et l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, disponible sur [http://www.iaea.org/Publications/Factsheets/French/ines\\_fr.pdf](http://www.iaea.org/Publications/Factsheets/French/ines_fr.pdf)
- [3] Rapport IRSN/DSU n°2011-238 - « Bilan des événements de transport survenus en France de 1999 à 2009 », disponible sur [http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports\\_expertise/surete/Pages/Incidents-transport-matieres-radioactives-Bilan-1999-2009.aspx](http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/surete/Pages/Incidents-transport-matieres-radioactives-Bilan-1999-2009.aspx)
- [4] Rapport IRSN/DSU n°2008-185 - « Bilan des événements de transport survenus en France de 1999 à 2007 », disponible sur [http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports\\_expertise/surete/Pages/Incidents-transport-matieres-radioactives-Bilan-1999-2007.aspx](http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/surete/Pages/Incidents-transport-matieres-radioactives-Bilan-1999-2007.aspx)

## LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1 : Echelle INES .....	7
Figure 2 : Classement sur l'échelle INES des événements survenus entre 1999 et 2011 .....	7
Figure 3 : Répartition des événements déclarés par secteur d'activité .....	9
Figure 4 : Répartition du nombre de colis transportés par secteur d'activité .....	9
Figure 5 : Répartition des événements déclarés par mode de transport.....	10
Figure 6 : Répartition du nombre de colis transportés par mode.....	10
Figure 7 : Répartition des événements déclarés par type de colis .....	11
Figure 8 : Répartition du nombre de colis transportés par mode par type de colis .....	12
Figure 9 : Répartition des événements par motif de déclaration (période 1999-2011) .....	13
Figure 10 : Evolution du nombre de déclarations d'événements liés à la contamination.....	15
Figure 11 : Evolution du nombre de vols et de pertes de colis déclarés entre 1999 et 2011 .....	16
Figure 12 : Evolution du nombre de chocs en manutention déclarés entre 1999 et 2011.....	16
Figure 13 : Evolution du nombre de défauts de serrage d'éléments vissés déclarés entre 1999 et 2011 .....	17
Figure 14 : Evolution du nombre de déclarations relatives à la découverte de corps étrangers dans les colis entre 1999 et 2011.....	19
Figure 15 : Evolution du nombre de non-conformités de colis déclarées entre 1999 et 2011 .....	20
Figure 16 : .....	<i>supprimée</i>
Figure 17 : Coque UX-30.....	23
Figure 18 : Photographie d'une broche à billes .....	24
Figure 19 : Colis TN 12/2 en cours de chargement sur camion.....	26
Tableau 1 : Fréquence des événements déclarés par secteur d'activité.....	9
Tableau 2 : Fréquence des événements déclarés par mode de transport.....	11
Tableau 3 : Fréquence des événements déclarés par type de colis .....	12

# ANNEXE 1 : FORMULAIRE DE DECLARATION D'EVENEMENT



## 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>Événement 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 : 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.



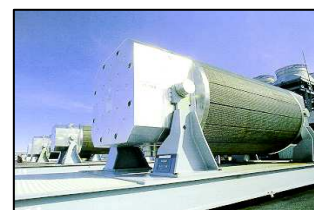
Les **colis de type industriel** sont conçus pour contenir des matières de faible activité spécifique ou des objets contaminés superficiellement. Ils retiennent leur contenu radioactif et limitent les fuites de rayonnements dans les conditions de transport de routine et lors d'incidents de transport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

Pour les **colis contenant des matières fissiles ou de l'hexafluorure d'uranium**, les performances de confinement et de prévention des risques de criticité doivent également être garanties dans certaines conditions d'épreuves simulant des accidents de transport sévères.