

Fontenay aux Roses, le 1^{er} décembre 2014

COMPTE RENDU DE LA REUNION DU GT-CIPR
15 mai 2014

Direction des Affaires
Internationales

DAI/ 2014-068

Le Groupe de travail sur la Commission internationale de protection radiologique (GT-CIPR) s'est réuni le 15 mai 2014 sous la présidence de Jacques Lochard (CEPN, vice-président de la CIPR).

Le premier sujet à l'ordre du jour était un point sur les activités de la CIPR, à la suite de la réunion de la Commission principale (CP) à Moscou (Russie) en avril 2014. Il a été suivi par une présentation du rapport de l'UNSCEAR sur les effets des rayonnements ionisants sur l'enfant puis par un exposé sur la susceptibilité individuelle aux rayonnements ionisants. Enfin, le projet de publication de la CIPR sur les expositions au radon, future publication 126, a été présenté.

1. Les activités de la CIPR (Jacques Lochard - CEPN)

Avant de commencer son exposé, J. Lochard évoque la situation au Japon, d'où il revient. Il a assisté au 8^{ème} Dialogue de la CIPR à Fukushima, qui réunit des parties prenantes japonaises autour d'un thème lié à la situation locale (cf. GT-CIPR de juin 2012). En l'espèce, le thème était la situation de la ville de Minamisoma qui a subi à la fois le séisme, le tsunami et la contamination radioactive. La question du retour des évacués est prégnante. Une page dédiée aux Dialogues à Fukushima a été ouverte sur le site internet de la CIPR. En marge du 8^{ème} Dialogue, le groupe de travail (GT 93) chargé de réviser les Publications 109 (urgence) et 111 (vie quotidienne dans les territoires contaminés) de la CIPR s'est réuni. Il ne produira pas une nouvelle publication mais une mise à jour des précédentes, sous une forme plus didactique et en tirant les enseignements de l'accident de Fukushima. Le GT 93 se réunira à nouveau en octobre 2014 à Paris.

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018

Plusieurs points de gouvernance figuraient à l'ordre du jour de la réunion de la CP en avril à Moscou. Le code d'éthique de la Commission a été adopté. Il repose sur 5 grands principes : être au service du public, indépendance, impartialité, transparence, responsabilité. En vue de préparer son prochain plan stratégique, la CP a discuté de ses ressources financières et humaines, de sa structure (notamment du devenir du Comité 5 dédié à la protection de l'environnement), de l'évolution du système de radioprotection (RP), de la coopération avec les autres organisations internationales et de



la diffusion de ses recommandations (volonté de produire des publications plus lisibles et moins chères). La CP a lancé une campagne de collecte de fonds afin de créer une fondation qui pérenniserait son financement. A Moscou, la CP a aussi approuvé deux rapports pour consultation publique : sur la biologie des cellules souches (C1) et la protection en tomographie à faisceaux coniques (C3) ; et deux autres rapports pour publication : sur les fractions absorbées pour les émetteurs internes dans les fantômes pour adultes (C2) et sur la protection contre les expositions au radon (C4, voir ci-dessous).

J. Lochard présente le programme de travail de chacun des 5 comités. Le Comité 1 (C1 : effets des rayonnements) continue de travailler sur les émetteurs alpha (GT 64 piloté par Margot Tirmarche, ASN), sur les faibles doses et débits de dose (GT 91) et sur le rôle de l'épigénétique (matériel et fonctions qui ne sont pas portés par les gènes) dans la radioprotection, avec un groupe de réflexion dédié. Il a lancé une réflexion sur l'intégration des effets cardio-vasculaires dans le détrimement. Le C2 (dosimétrie) poursuit la mise à jour des coefficients de dose pour l'exposition externe (GT 95 et GT 90) et interne (GT 96, présidé par François Paquet, IRSN) ainsi que ses travaux sur l'applicabilité de la dose efficace (GT 79). Le C3 (médical) prépare des rapports sur les doses aux patients et aux personnels associées à l'usage des radiopharmaceutiques (GT 36) et la protection en brachythérapie (GT 89). Il poursuit ses réflexions sur la protection du personnel en radiologie interventionnelle, la justification de l'usage des rayonnements en médecine, les niveaux de référence diagnostics pour la radiologie interventionnelle, les doses associées aux radiopharmaceutiques en thérapie et il a lancé un nouveau groupe de réflexion sur la sensibilité individuelle, piloté par Michel Bourguignon (ASN).

Au sein du C4 (application des recommandations), plusieurs GT préparent des rapports : sur les rayonnements cosmiques dans l'aviation (GT 83), sur les NORM (naturel renforcé, GT 76), sur la mise à jour des CIPR 109 et 111 (GT 93) et sur l'éthique de la radioprotection (GT 94). La réflexion sur la tolérabilité du risque se poursuit et deux nouveaux GT, sur les sites contaminés et sur le stockage en surface et sub-surface des déchets radioactifs, ont été proposés. Enfin, le C5 (environnement), prépare des rapports sur l'efficacité biologique relative (EBR) pour les animaux et plantes de référence (GT 72) et sur le lien entre dosimétrie et biodiversité terrestre (GT 74). En outre, l'amélioration des bases de données scientifiques concernant les animaux et plantes de référence, l'analyse du retour d'expérience de l'application de la CIPR 114 sur la protection de l'environnement et l'utilisation des mesures de concentration dans l'environnement en situation d'exposition planifiée, devraient faire l'objet de nouveaux rapports.

Les préparatifs du 3^{ème} symposium de la CIPR, qui se tiendra à Séoul en octobre 2015, sont bien engagés. Les actes de celui d'Abou-Dhabi (2013) seront bientôt publiés. Par ailleurs, la CP prépare une liste de priorités de recherche pour renforcer le système de RP. Elle se réunira en novembre 2014 à Londres (RU), à l'occasion de la rencontre annuelle avec les organisations internationales, puis en avril 2015 à Sydney (Australie).

Interrogé quant à savoir si l'évolution du système de RP déboucherait prochainement sur de nouvelles recommandations générales et si le processus associerait les parties prenantes, J. Lochard répond que ce n'est pas encore à l'ordre du jour et qu'il convient d'abord de digérer la CIPR 103 qui est encore sujette à des divergences d'interprétation. Cette publication offre pourtant un nouveau cadre qui se révèle puissant pour gérer des situations atypiques comme l'exposition au radon ou les suites d'un accident nucléaire. Une question porte sur le niveau de détail des priorités de recherche identifiées par la CIPR. Il est répondu que celle-ci a été sollicitée sur ce point par MELODI, qui est la plateforme européenne de recherche sur les faibles doses. Dans ce cadre, les priorités doivent être identifiées pour lancer les appels à projets. Les liens entre protection de l'homme et de l'environnement, en situation normale ou accidentelle, sont particulièrement questionnés. La CIPR ne fait pas de recherche mais elle fait des synthèses de la production scientifique en fonction de ses besoins en matière de RP. Elle est donc dans une position privilégiée pour détecter les lacunes et les faiblesses de la science. La CP publiera une première liste de sujets fin 2014.

2. Rapport de l'UNSCEAR sur les effets des rayonnements ionisants sur l'enfant (Laurence Lebaron-Jacobs, CEA)

Laurence Lebaron-Jacobs, membre de la délégation française à l'UNSCEAR (Comité scientifique des Nations-Unies sur les effets des rayonnements atomiques), explique que le rapport de cet organisme sur l'enfant a été publié en 2013 en complément d'un rapport sur l'accident de Fukushima. Couvrant l'ensemble des expositions possibles de l'enfant (du scanner à l'accident) depuis sa naissance jusqu'à l'âge de 20 ans (pas in-utero), il vise à répondre aux fréquentes interrogations sur ce sujet sensible. L'enjeu était de vérifier si les enfants sont réellement plus sensibles que les adultes, dans quels cas et pour quelles raisons. Un gros travail de compilation de données a été réalisé, englobant notamment les expositions liées au radon, aux pratiques médicales, aux essais nucléaires, aux accidents ainsi que celles de la cohorte des survivants des bombes atomiques au Japon.

Les auteurs ont fait une revue du développement anatomique et physiologique de l'enfant : la taille et le développement du cerveau, du squelette, de l'appareil respiratoire, du système digestif et du système reproductif. Ils ont aussi examiné les spécificités de la dosimétrie chez l'enfant, liées à la taille des organes, à leur positionnement les uns par rapport aux autres, à l'alimentation et au métabolisme. La nature et la fréquence des examens médicaux irradiants ont été prises en compte.

L'évaluation de la radiosensibilité des enfants dépend des données disponibles, de leur analyse, des modèles utilisés et des hypothèses en l'absence de données. Globalement, les études montrent que le risque de cancer radio-induit diminue avec l'âge, rapidement durant les 30 premières années puis plus faiblement. Les enfants sont nettement plus sensibles au risque de leucémie radio-induite que les adultes. C'est aussi vrai pour le cancer de la thyroïde et celui du sein. En revanche, les enfants sont plus résistants vis-à-vis du cancer du poumon et du colon, sans que l'on sache exactement pourquoi. Pour les autres cancers, les études divergent mais 30% d'entre elles montrent une forte corrélation

entre le type de tumeur et l'âge à l'exposition aux rayonnements ionisants (RI). Pour environ 25% des types de cancers (thyroïde, peau, sein, cerveau, leucémie), les enfants sont plus radiosensibles, pour 30% d'entre eux (prostate, rectum, utérus, maladie de Hodgkin), aucune relation entre le risque et une exposition aux RI n'a pu être mise en évidence.

Les études sur les effets déterministes ont été réalisées principalement à partir de données issues de la radiothérapie et des accidents de sources ou médicaux. Il est souvent difficile de montrer une radiosensibilité accrue chez l'enfant, à part dans quelques cas (cataracte : sensibilité 1,5 à 2 fois supérieure). S'agissant des maladies cardiaques, aucune modification significative due à l'âge n'a été mise en évidence chez les survivants des bombes japonaises et une légère hausse du risque apparaît pour un diagnostic aux plus jeunes âges chez les survivants de cancers dans l'enfance mais avec des doses très élevées (plusieurs Gy). Les organes reproducteurs semblent plus sensibles à la puberté mais aucun effet héréditaire n'a été mis en évidence.

L'oratrice conclut en indiquant que les enfants ne sont pas uniquement des petits adultes, ils sont différents et se transforment. Les enfants sont plus ou moins radiosensibles que les adultes selon les pathologies et les différences liées à l'âge ne sont pas toutes explicables.

Une fois la discussion ouverte, plusieurs auditeurs indiquent qu'ils s'attendaient à des conclusions plus tranchées. Selon certains, l'UNSCEAR aurait dû se focaliser sur quelques cancers sur lesquels des données pertinentes sont disponibles. Malgré l'abondance d'information, des questionnements restent sans réponse. Les effets d'une exposition aigue de l'enfant lors d'un accident nucléaire sont connus (cancer de la thyroïde, leucémie) mais pas ceux de l'exposition chronique des enfants en situation post-accidentelle. Les conclusions sur le risque déterministe s'avèrent imprécises. Face aux effets déterministes, les phénomènes de compensation et de régénération sont plus puissants chez l'enfant.

Au sujet des raisons expliquant les différences de sensibilité enfant-adulte, il est indiqué que, chez l'enfant, la moelle osseuse est disséminée aux extrémités, ce qui n'est pas sans conséquences sur les effets des RI tels que la leucémie ou le cancer du sein. Les conditions d'exposition et les modes de vie en fonction de l'âge ont aussi leur importance. Les enfants sont sujets à l'ingestion involontaire et plus proches des animaux de compagnie. La moindre résistance des adultes à certains cancers solides peut s'expliquer par une plus grande exposition à des facteurs comportementaux (tabac, alcool). Ces différences de conditions d'exposition rendent d'autant plus délicate la comparaison des effets des RI en fonction de l'âge. L. Lebaron-Jacobs indique que l'UNSCEAR a prévu d'étendre ses investigations aux facteurs environnementaux.

Une question de fond est posée : est-ce que le calcul de la dose à l'enfant est le même que celui effectué actuellement pour l'adulte ? Selon L. Lebaron-Jacobs, les incertitudes sur l'estimation de la dose sont du même ordre dans les deux cas. Plus la personne exposée est jeune, plus le risque est

important mais, du fait du temps de latence, le risque s'exprime à l'âge adulte. Certains cancers peuvent s'exprimer durant l'enfance et d'autres seulement à l'âge adulte. Par exemple, des jeunes travailleurs exposés dans des mines ont été suivis depuis l'âge de 14 ans jusqu'à 35 ans mais le cancer du poumon n'apparaît qu'à un âge plus avancé. Pour bien comparer le niveau de risque, il faudrait disposer de l'âge à l'exposition, de l'âge atteint à l'effet et du délai depuis la fin de l'exposition.

Pour certains participants, quelques données sont inquiétantes. Il n'est pas démontré que la répartition de la moelle épinière plus hétérogène chez l'enfant soit plus protectrice. De même, aucun seuil d'apparition de la cataracte n'a été mis en évidence. Or, les expositions médicales des enfants ciblent souvent les extrémités et la tête, c'est-à-dire la moelle et le cristallin. Il est suggéré que les études scientifiques fassent l'objet d'une appréciation de leur valeur. Le président de séance confirme que la CIPR ne procède pas à ce type d'appréciation. Comme elle ne réalise pas elle-même les études, elle s'appuie sur l'UNSCEAR et sur ses propres membres (C1) pour analyser la littérature scientifique.

Les questionnements sur l'intérêt de disposer d'outils spécifiques pour gérer le risque radiologique des enfants sont relativement récents. Le système de radioprotection repose sur des coefficients de risque nominaux, non dépendants de l'âge. L'application du principe de prudence permet de protéger les personnes sensibles comme les enfants sans connaître avec précision le coefficient de dose correspondant. En fait, la radioprotection de l'enfant ne soulève pas vraiment d'inquiétude. Même s'il reste beaucoup d'incertitude sur les effets des RI, les expositions autres que médicales et accidentelles sont faibles. Pour un participant, l'important est d'en tirer des conclusions en termes de radioprotection, en se référant à la notion de tolérabilité du risque radiologique : il estime qu'un facteur de 3 à 5 entre l'enfant et l'adulte, c'est peu. Au final, quelqu'un signale à titre d'information que l'INSERM a mené une synthèse collective sur les effets de l'alcool sur l'enfant, en indiquant les champs de controverse et les domaines à explorer.

3. Susceptibilité individuelle aux rayonnements ionisants (Michel Bourguignon, ASN)

Nous ne sommes pas égaux face aux RI, rappelle Michel Bourguignon, membre du C3 de la CIPR, en démarrant son exposé. Il convient selon lui de distinguer la radiosensibilité individuelle (terme venant du latin), concept bien connu qui désigne la susceptibilité particulière aux fortes doses de RI qui se manifeste, typiquement en radiothérapie, par des complications ou des effets secondaires déterministes en l'absence d'erreur dans la délivrance de la dose et la radioesthésie individuelle (terme venant du grec), concept plus récent désignant la susceptibilité stochastique particulière au cancer à la suite de doses fortes ou faibles. La radiosensibilité individuelle est liée à des morts cellulaires en trop grand nombre avec perte de l'homéostasie tissulaire (capacité du tissu à maintenir son équilibre de fonctionnement malgré des contraintes extérieures). La radioesthésie individuelle est liée à la survie de la cellule lésée, l'une d'entre elle devenant cancéreuse dans des conditions

favorables. La fréquence des deux phénomènes, réunis sous le vocable de radiosusceptibilité, est de 5 à 15%.

Les mécanismes de susceptibilité individuelle aux RI ont été mis en évidence à partir des études des survivants d'Hiroshima/Nagasaki mais aussi de populations particulières, d'accidents d'irradiation et d'expérimentations animales. Classiquement, l'irradiation de la cellule provoque une lésion qui peut être correctement réparée (pas d'effet), mal réparée (effets stochastiques) ou conduire à la mort cellulaire (effets déterministes). C'est au niveau de l'ADN que les choses se passent essentiellement. La radiosusceptibilité dépend de plusieurs facteurs tels que le type cellulaire (cellules rénales, hématopoïétiques...), le fractionnement de la dose, la pression en oxygène, le type de rayonnement (gamma, neutrons...) et, le cas échéant, le syndrome génétique (type de maladie génétique).

Pour maintenir l'intégrité du génome (ensemble du matériel génétique de l'individu), il faut prévenir les mutations et les aberrations chromosomiques. Or, le génome subit des milliers de lésions quotidiennes dues au métabolisme cellulaire normal, aux génotoxiques de l'environnement (tabac, alcool, agents infectieux, toxiques chimiques, RI...) ou aux cassures programmées de l'ADN pour le réarrangement génomique. Il existe donc des mécanismes naturels très puissants de signalisation et de réparation des lésions de l'ADN. Ces mécanismes sont plus ou moins efficaces selon le lieu et le moment de l'agression. L'étude de ces phénomènes constitue une nouvelle branche de la radiobiologie appelée « *DNA damage response* » (réponse aux dommages de l'ADN). Elle permet de mettre en évidence que le risque n'est pas le même pour tous. La même dose absorbée produit les mêmes lésions initiales de l'ADN mais la réponse (signalisation et réparation) peut varier selon les individus surtout en cas de persistance des lésions, y compris à faible dose.

L'ADN est une molécule très complexe. La dynamique des protéines permettant d'identifier le dommage (lésion de l'ADN) et de le réparer dépend de nombreux paramètres. Des nouvelles techniques d'investigation par immunofluorescence ont permis de progresser dans la connaissance de ces mécanismes. La technique des anticorps fluorescents anti-histones aide à mettre en évidence les cassures double-brin ; l'immunofluorescence identifie parmi ces lésions celles qui sont mal réparées. Pour les fortes doses, plusieurs marqueurs de la chaîne de signalisation et de réparation de l'ADN sont ainsi étudiés en utilisant différentes techniques (cellulaires, cytogénétiques, d'expression protéique, d'expression ARN ou de variations de l'ADN) en fonction des cellules à tester. Plusieurs facteurs d'influence doivent encore être étudiés (tabac, diabète, âge, sexe...). Cette approche autorise un regard neuf sur des phénomènes connus ou méconnus relatifs à la radiosensibilité individuelle, notamment en termes de prédiction. Ainsi, après caractérisation de certains syndromes reconnus de radiosensibilité en radiothérapie (fortes doses) et l'étude de quelques indicateurs de l'efficacité de la chaîne de signalisation/réparation, trois groupes de radiosensibilité ont été déterminés : G1 radorésistance et faible instabilité génomique, G2 radiosensibilité intermédiaire et instabilité génomique et G3 hyper-radiosensibilité et instabilité génomique.

L'hyper-radiosensibilité aux faibles doses (100 à 300 mGy) a été mise en évidence par plusieurs études radio-biologiques sur des cellules humaines (fibroblastes, kératinocytes, gliomes) et des

expérimentations animales. Une diminution de la réparation de l'ADN endommagé a été constatée chez certaines personnes. Le phénomène semble dû à un dérèglement de l'activité de certaines protéines participant au processus de réparation. La radioesthésie individuelle a aussi été mise en évidence aux faibles doses par l'étude sur l'épithélium mammaire humain exposé ex-vivo aux RI dans les conditions de la mammographie (2 mGy par cliché). Il semble que, chez certaines personnes, des cellules lésées puissent échapper à l'élimination par apoptose (mort de la cellule par autodestruction programmée). La persistance induite de cellules lésées augmente la probabilité de contracter un cancer.

Ainsi, avec la radioesthésie, comme avec la radiosensibilité, les lésions initiales de l'ADN ne diffèrent pas mais la réponse (signalisation et réparation) est moins efficace chez les personnes radiosusceptibles. Un gène particulier a été identifié chez 15% des femmes à haut risque familial de cancer du sein et 40% des femmes porteuses d'un cancer du sein sont dans le groupe G2 de radiosensibilité. Les gènes de la susceptibilité au cancer agissent donc comme ceux de la susceptibilité aux RI. Toutefois, précise M. Bourguignon, des éléments incitent à la prudence. Les raisons du cancer du sein sont multiples, le gène suspecté n'a été décelé que dans 15% des cas et ce gène n'a pas d'effet que sur le cancer du sein. Par ailleurs, le dépistage par mammographie chez les femmes à haut risque familial conduit à la multiplication des clichés. Compte tenu des liens entre susceptibilité au cancer et susceptibilité aux RI, une adaptation de la stratégie de dépistage serait opportune. Plus généralement, une attention particulière devrait être accordée aux expositions médicales afin d'éviter une accumulation des doses sur la vie.

L'avancée des connaissances sur la radiosusceptibilité individuelle ouvre des perspectives. La mise en évidence des deux types de radiosusceptibilité - radiosensibilité et radioesthésie - ainsi que l'approfondissement des connaissances sur la *DNA damage response* devraient déboucher sur le développement de méthodes fiables pour déceler en routine les personnes à risque. Les recherches permettront de mieux expliquer la radiosusceptibilité aux faibles doses. D'ores et déjà, celles-ci incitent à revisiter le dépistage du cancer du sein par la mammographie. Les travaux d'un groupe de réflexion du C3 sur le sujet, piloté par l'orateur, pourraient conduire à envisager la prise en compte de ces phénomènes dans le système de RP. A l'avenir, certains patients (radiothérapie, répétition d'examen, enfants, femmes à risque de cancer du sein) ainsi que les travailleurs du nucléaire ou les intervenants en situation d'urgence, pourraient bénéficier du diagnostic de radiosusceptibilité individuelle. L'orateur précise néanmoins que cette approche n'est pas sans soulever des questions d'ordre éthique.

Cet exposé, qualifié de passionnant, suscite plusieurs questions. Un auditeur demande s'il existe une gradation dans la radiosusceptibilité. Cette gradation n'existe pas au niveau cellulaire (le gène problématique est présent ou non) mais toutes les cellules ne sont pas sollicitées au même moment, ce qui donne une distribution de la radiosusceptibilité individuelle plutôt continue. Un autre auditeur demande ce qu'il en est des expositions chroniques, les exemples cités relevant plutôt des expositions de courte durée. Il est répondu qu'avec le temps, les « cicatrices » accumulées finissent par provoquer un cancer. Au sujet de la comparaison entre mammographie et scanner, il est indiqué que

l'effet biologique lors d'une mammographie à 30 kV est supérieur à celui d'un scanner à 120 kV. Si la radiosensibilité présente un inconvénient en radioprotection, ne peut-elle pas présenter un avantage en radiothérapie en ce sens qu'il serait plus facile de tuer les cellules cancéreuses ? Le problème, répond M. Bourguignon, est que l'on ignore si les cellules cancéreuses sont sensibles. Il confirme que des recherches sont aussi menées sur des tissus humains sains (pas seulement sur des patients en traitement). Enfin, un auditeur signale que l'importance des phénomènes de radiosusceptibilité est reconnue dans les programmes de recherche européens. Cette question est couplée avec celle de l'altération des capacités de réponse immunitaires. Le président clôt la discussion en invitant à lire le projet de rapport sur les cellules souches en consultation sur le site internet de la CIPR.

4. Future publication de la CIPR sur les expositions au radon (Jean-François Lecomte, IRSN)

Cette future publication (CIPR 126) est présentée par J-F. Lecomte, membre du C4 et pilote du GT l'ayant préparée (GT 81). Elle portera sur l'application de la CIPR 103 (recommandations générales de 2007) aux expositions au radon et fera partie de la série sur les situations d'expositions existantes (SEE). Elle remplacera la CIPR 65 (1993) elle-même dédiée au radon et tiendra compte de la Déclaration sur le radon de la CP (2009). Le travail a commencé en 2009, lorsque la CIPR 115 (2010) sur le risque de cancer du poumon lié au radon et à ses descendants était en voie d'achèvement. Le projet de publication a été soumis à la consultation sur le site internet de la CIPR durant 6 mois (1^{er} semestre 2012). La version finale a été approuvée par la CP en avril 2014 et la publication est attendue pour la fin de l'année.

Le GT 81 a identifié les caractéristiques des expositions au radon. Les situations correspondantes sont des SEE. Les gens sont exposés dans tout bâtiment mais principalement chez eux où ils passent la plus grande partie de leur temps. Le risque global est essentiellement dû aux expositions dans les lieux présentant des concentrations faibles et modérées de radon car ils sont les plus nombreux. Les expositions au radon présentent des similitudes avec d'autres expositions en SEE (ubiquité et variabilité des expositions, nombreux acteurs, importance des comportements individuels). La concentration en radon dans un bâtiment peut être supérieure au niveau à partir duquel le risque a été démontré ($\approx 200 \text{ Bq.m}^{-3}$). Les politiques d'économie d'énergie peuvent contribuer à augmenter la concentration en radon dans les bâtiments. La gestion du radon couvre des aspects environnementaux, sanitaires, économiques, architecturaux, éducationnels ou autres. Elle présente de nombreux défis à relever : prise en compte de la dimension santé publique et des situations de responsabilité (propriétaire/locataire, vendeur/acheteur, employeur/employé...), objectif de réduire les expositions les plus élevées et le risque global, prise en compte de la différence de risque absolu entre fumeur et non-fumeur, des enfants susceptibles d'être exposés longtemps, des travailleurs exposés de manière incidente, nécessité de mener une stratégie à long-terme...

L'approche recommandée se veut :

- simple et réaliste : pas de distinction entre fumeur et non-fumeur sur le plan de la gestion du risque, pas de critère spécifique pour les enfants ;

- intégrée : centrée sur le bâtiment, quels que soient son usage ou ses occupants ;
- graduée : basée sur le principe d'optimisation en tenant compte des responsabilités et avec une approche spécifique pour les lieux de travail ;
- ambitieuse : réduction du risque individuel et collectif, action en deçà du niveau de référence.

Dans le dispositif précédent (CIPR 65, CIPR 103, Déclaration), l'approche recommandée est différente selon le lieu. Dans l'habitat, vu comme une exposition du public dans une SEE, il est recommandé d'appliquer l'optimisation dans les habitations neuves et existantes sur la base d'un niveau en concentration de 300 Bq.m^{-3} dérivé d'un niveau de référence de 10 mSv/an en considérant une exposition d'environ 7 000 heures/an. Dans les lieux de travail, l'approche est similaire tant que la concentration en radon peut être maintenue au-dessous de $1 000 \text{ Bq.m}^{-3}$, valeur dérivée du même niveau de référence de 10 mSv/an en considérant une exposition d'environ 2 000 heures/an. Au-dessus, la valeur de 1 000 agit comme un point d'entrée vers une situation gérée comme une situation d'exposition planifiée (SEP) dans laquelle les expositions des travailleurs sont considérées comme des expositions professionnelles, avec application des exigences correspondantes et de la limite de dose. En pratique, peu de pays ont développé une stratégie de gestion des expositions au radon, tous rencontrent des difficultés dans l'habitat (sphère privée) et seuls quelques lieux de travail sont réglementés au titre de l'exposition au radon (mines d'uranium et établissements thermaux pour l'essentiel). Dans la plupart des lieux de travail, en effet, les travailleurs n'ont pas vocation à être classés parmi les « travailleurs exposés aux RI » (exposition professionnelle au sens de la CIPR).

Dans la future CIPR 126, il est recommandé de gérer tous les bâtiments de la même façon a priori, c'est-à-dire en considérant qu'il s'agit d'une exposition du public (y compris au travail) dans une SEE. L'action est basée sur le principe d'optimisation en associant la prévention (bâtiments neufs) et la mitigation (bâtiments existants) des expositions. Le niveau de référence de 10 mSv/an est conservé. Le niveau dérivé en concentration est de 300 Bq.m^{-3} au maximum (quel que soit le temps d'exposition) mais les autorités sont encouragées à choisir un niveau national aussi bas que possible entre 100 et 300 Bq.m^{-3} pour tenir compte des nouveaux coefficients de dose (non encore publiés) qui seront plus pénalisants dans certaines situations d'exposition telles que l'habitat. Une approche graduée en 3 étapes est recommandée pour les lieux de travail : 1) action au niveau du bâtiment pour maintenir la concentration au-dessous de 300 Bq.m^{-3} (valeur maximale) ; 2) action au niveau des conditions de travail pour maintenir la dose au-dessous du niveau de référence de 10 mSv/an ; 3) en cas d'insuccès, mise en œuvre des exigences applicables aux expositions professionnelles. Ainsi, l'exposition des travailleurs sera considérée comme professionnelle (au sens de la CIPR) dans seulement quelques cas spécifiques, qui pourront être gérés comme des SEP, soit parce qu'il est impossible de respecter le niveau de référence de 10 mSv/an , soit parce que les activités ou installations sont d'emblée identifiées par les autorités nationales comme nécessitant un tel mode de gestion (par exemple : lieux de travail souterrains, établissements thermaux...).

Pour ce qui concerne l'application des principes de radioprotection, selon la CIPR 126, une stratégie de protection contre les expositions au radon est généralement justifiée mais c'est aux autorités

nationales d'en décider après caractérisation de la situation dans le pays. L'optimisation repose sur une approche graduée basée sur un niveau de référence en dose dérivé en concentration pour la gestion pratique des expositions (voir ci-dessus). L'application des limites de dose n'est pas une exigence liée aux expositions professionnelles mais un principe réservé aux SEP. Il n'est donc a priori pas applicable aux expositions au radon mais la CIPR laisse l'option ouverte dans les cas où la situation est gérée comme une SEP. La mise en place d'un plan d'action national est recommandée, associant la prévention et la mitigation. Ce plan plus ou moins contraignant juridiquement permettra de définir les priorités (zonage, par exemple), de dispenser une information appropriée et d'encourager les gens à agir par eux-mêmes (autoprotection) moyennant le soutien des pouvoirs publics.

En complément, J-F. Lecomte aborde plusieurs questions qui ont été discutées au sein du GT ou durant la consultation publique :

- conversion de la concentration en dose : une concentration de 300 Bq.m^{-3} dans l'habitat correspond à une dose de $\approx 10 \text{ mSv/an}$ en utilisant l'approche épidémiologique et de $\approx 18 \text{ mSv/an}$ avec l'approche dosimétrique. La CP recommande désormais l'approche dosimétrique pour le radon, comme pour tous les autres radionucléides mais il est possible que les coefficients de dose soient calculés selon une approche mixte ;
- notion d'exposition professionnelle : selon la CIPR 103, ce sont les expositions prises au travail et qui peuvent raisonnablement être considérées comme de la responsabilité du management. Le second critère vise à éviter que tout travailleur soit considéré comme travailleur exposé au RI, dans la mesure où les expositions naturelles sont inévitables. Mais ce critère n'est pas toujours facile à déterminer en pratique. Lorsque les travailleurs ne sont pas considérés comme exposés professionnellement, ils sont gérés comme des personnes du public (cf. CIPR 65), sous la responsabilité de leur employeur qui reste entière en matière de protection des travailleurs ;
- application de la limite de dose : beaucoup d'experts considèrent qu'elle est indispensable en cas d'exposition au travail, ce qui n'est pas conforme aux recommandations de la CIPR. En outre, son application peut buter sur des problèmes pratiques. La flexibilité telle que prévue dans la future CIPR 126 semble un bon compromis ;
- fumeurs et non-fumeurs : le TG a fait face à une pression pour prendre en considération la différence de risque absolu, nettement plus élevé chez les fumeurs. Mais une gestion séparée poserait des problèmes pratiques et éthiques.
- matériaux de construction : ils seront traités en amont (future publication sur les NORM) ;
- dépassements de la valeur de 100 mSv/an : il s'agit de quelques cas rares, la CIPR recommande un dialogue avec les personnes concernées basé sur la persuasion plutôt que sur l'obligation ;
- protection des enfants : le risque lié au radon est mal connu pour les enfants, du fait de la durée des études épidémiologiques correspondantes (suivi sur ≈ 30 ans). Leur risque est a priori pris en compte dans le risque nominal. Pour des raisons de simplicité, la CIPR 126 ne recommande pas de dispositions spécifiques ;
- exposition médicale au radon (cures thermales au radon) : il s'agit de cas rares et controversés. Le sujet n'étant pas du ressort du C4, la CIPR 126 n'en parle pas ;

- exposition au thoron : elle est marginale par rapport au radon, sauf dans quelques cas particuliers (exposition au radon très basse et exposition au thoron due aux matériaux de construction). Comme elle ne justifie pas une publication dédiée, elle est couverte par le CIPR 126 mais a minima ;
- mines d'uranium : c'est quasiment le seul cas considéré aujourd'hui comme une SEP (car lié au cycle du combustible nucléaire). La CIPR 126 l'évoque mais sans délivrer de message particulier en termes de gestion.

L'orateur conclut en indiquant que la future CIPR 126 servira de modèle pour d'autres publications sur des SEE.

Dans la discussion avec la salle, plusieurs participants sont sceptiques sur l'intérêt d'utiliser un critère dosimétrique pour gérer les expositions au radon, d'autant qu'il peut y avoir confusion : le niveau de référence est exprimé en dose efficace alors que l'exposition au radon affecte un seul organe, le poumon. Le niveau de 10 mSv/an est aussi questionné : il paraît élevé comparé à la limite de dose pour le public. J-F. Lecomte confirme que la dose n'est pas indispensable pour gérer les situations en pratique, d'où le niveau de référence dérivé en concentration. Toutefois, la dose est pertinente dans les situations d'exposition combinée avec d'autres RI ou pour comparer les expositions au radon avec d'autres expositions aux RI. Elle permet de situer la situation sur une échelle dosimétrique représentative du risque. Il est aussi pertinent d'avoir un niveau de référence en dose similaire pour un même type de situations d'exposition dans un souci d'équité. Celui de 10 mSv/an choisi pour le radon correspond au milieu de la fourchette recommandée par la CIPR pour les SEE (1-20 mSv) ; il est commun à plusieurs situations de ce type où les expositions ne sont pas simples à maîtriser globalement et concernent des groupes de population divers. Il est rappelé que le niveau de référence n'est pas un droit à exposer mais le point de départ de l'optimisation. Un participant ajoute que la dose est utile pour éviter que le niveau dérivé ne devienne une valeur-seuil et un autre qu'il est pertinent d'utiliser le même niveau de référence pour le public et les travailleurs.

Une question porte sur la gestion des espaces dont la configuration n'est pas celle d'une habitation. Il est répondu que l'approche graduée pour les lieux de travail, au moins les étapes 1 et 2, doivent suffire. Au sujet des dépassements de 100 mSv/an, il est relevé que la CIPR est plus directive vis-à-vis des expositions du même ordre en situation post-accidentelle. Enfin, selon un participant, l'émission de recommandations sur le plan médical par un groupe d'experts dans l'affaire de Bessines (concentrations très élevées en radon dans une maison construite sur des résidus miniers), n'était pas appropriée.

Le président conclut la séance en remerciant les orateurs et les auditeurs.

P.J. :

- 1 - Diapositives de Jacques Lochard (Activités de la CIPR)
- 2 - Diapositives Laurence Lebaron-Jacobs (UNSCEAR - enfant)
- 3 - Diapositives de Michel Bourguignon (Susceptibilité individuelle)
- 4 - Diapositives de Jean-François Lecomte (CIPR - Radon)