

LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT VUE PAR LA CIPR

François Bréchnignac

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

Département de Protection de l'Environnement, SERLAB

Centre d'Etudes de Cadarache, 13115, Saint-Paul-lez-Durance, France

1. INTRODUCTION

Il est indéniable que l'on assiste aujourd'hui à l'émergence d'une prise de conscience générale qui place la protection de l'environnement parmi les préoccupations humaines prioritaires. Il ne s'agit pas là d'une évolution conjoncturelle, ou d'un effet de mode opportunément exploité, mais des conséquences naturelles et prévisibles d'un paradigme incontournable : ne cessant de croître, l'intensité de notre activité se heurte désormais aux limites matérielles de notre espace vital. L'effet de dilution dans les grands volumes des espaces naturels s'amenuisant (atmosphère, océans, etc...), il en résulte des perturbations dont l'ampleur grandissante parvient désormais à modifier l'écosystème planétaire. Les manifestations sont plus nombreuses, se diversifient, nous apparaissent souvent tardivement, et certaines s'avèrent durables. A cause de ce fréquent décalage de temps entre la perturbation et la manifestation visible, il est particulièrement important de renforcer notre capacité d'anticipation. En l'absence d'une connaissance aboutie des phénomènes en jeu, l'anticipation se fonde d'abord sur une démarche de « précaution » qui vise à assurer un « développement durable ». La protection de l'environnement est désormais fondée sur ces deux principes clé (UNCED, 1992). Ce faisant, il est important de ne pas se laisser entraîner dans une logique qui conduirait à bannir toute activité génératrice d'impact, mais plutôt de rechercher l'équilibre dans une démarche de développement fondée sur la maîtrise des risques.

Depuis quelques millions d'années, l'écosystème planétaire a pérennisé le vivant, et en particulier dans sa version la plus évoluée, l'homme. Cet écosystème planétaire, avec ses structures et fonctionnalités non encore complètement résolues, manifeste actuellement des symptômes qui font souvent présumer des dysfonctionnements dont nous commençons seulement à mesurer la portée : changements climatiques, déclin de la biodiversité, raréfaction des ressources en eau potable, pollutions chroniques induisant résistances bactériennes et troubles de la reproduction,... L'émergence de tels problèmes environnementaux d'envergure globale conduit la société à s'interroger sur l'étendue et la

nature du lien qui existe entre santé humaine et santé de l'environnement. La recherche d'une compréhension des phénomènes en jeu attire l'attention vers une toxicologie élargie, humaine et environnementale. On commence à réaliser toute la dimension des relations d'interdépendance entre le vivant et le milieu – la biocénose et le biotope – écosystèmes au coeur desquels l'homme a élu domicile, et qu'il façonne désormais de façon profonde et durable. Dans quelle mesure l'homme, à travers des atteintes plus ou moins marquées de l'environnement, contribue-t-il lui-même à fragiliser les conditions de sa propre pérennité ? Tel est le contexte dans lequel s'inscrit la philosophie générale de protection de l'environnement qui est actuellement en construction.

C'est dans ce contexte général que la radioprotection est aujourd'hui sollicitée pour répondre non plus seulement au seul objectif de protéger l'homme, mais aussi à celui de protéger l'environnement et les être vivants qui s'y trouvent. Il s'agit notamment de ré-évaluer une position de la Commission Internationale de Protection Radiologique (ICRP, 1977, 1991) qui a longtemps stipulé que la protection de l'homme assurait implicitement une protection suffisante de l'environnement. En l'absence de tout fondement scientifique explicite, cette affirmation n'a pu résister à l'identification de quelques contre-exemples (Thompson, 1988 ; Pentreath, 1998). Il apparaît en effet que le seul respect des limites de dose fixées pour la protection de l'homme en bout de chaîne n'implique nullement que les être vivants situés en amont dans cette chaîne ne puissent se trouver exposés à des doses toxiques. Ainsi, protéger l'homme ne protège pas nécessairement *ipso facto* les autres êtres vivants.

C'est devant cette lacune que la Commission Principale de la CIPR, inspiratrice des principes mis en œuvre en radioprotection humaine, a formé en Mai 2000 un Groupe de Travail spécialement chargé d'examiner cette question. La lettre de mission de ce Groupe le chargeait de développer une approche et de suggérer un cadre pratique de protection de l'environnement qui soient tous deux fondés sur des principes scientifiques, éthiques et philosophiques. Les travaux de ce groupe ont été entrepris dans la perspective d'alimenter les débats de la Commission Principale qui se prépare à ré-actualiser ses recommandations à l'horizon 2005 (Holm, 2003 ; ICRP, 2003).

2. LE CONTEXTE INITIAL

2.1 Les principes actuels de la protection de l'environnement

Quelques grands principes clés, forgés au cours des conférences internationales sur l'environnement (Stockholm, Rio, Kyoto, Johannesburg), constituent désormais les jalons qui

borderont et structureront tous les développements futurs, y compris en radioprotection. C'est à ce titre qu'il est utile de rappeler brièvement les objectifs qu'ils visent. On peut utilement les classer en deux catégories distinctes, mais très complémentaires. Il y a d'abord les principes qui relèvent de considérations éthiques et philosophiques sur la façon dont la société perçoit les risques environnementaux. Il y a ensuite ceux qui couvrent les questions liées à l'application pratique, c'est-à-dire la façon dont la société se donne les moyens d'y remédier.

Principes liés à la perception des risques

Développement durable : Initialement défini par le Premier Ministre Norvégien qui présidait la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement des Nations Unies (Brundtland, 1987), il s'est graduellement avéré rassembler un très large consensus qui a récemment culminé à l'occasion du Sommet du Développement Durable à Johannesburg (2002). Il stipule le besoin de reconnaître l'interdépendance entre développement économique, protection de l'environnement et équité sociale, de façon à répondre aux besoins du présent sans compromettre ceux des générations futures.

Conservation : Ce principe est concrétisé aujourd'hui par l'existence de nombreux accords internationaux qui visent la conservation de certaines espèces et de leurs habitats en raison de l'importance ou de la vulnérabilité que la société leur reconnaît. C'est en vertu de ce principe que sont traités en particulier les problèmes afférant aux espèces migratrices.

Maintenance de la biodiversité : Ce principe, établi lors de la conférence de Rio, reconnaît le besoin de maintenir la diversité biologique dans toutes ses dimensions, au sein de chaque espèce, entre les espèces, et entre les différents types d'habitats et d'écosystèmes.

Responsabilité : Ce principe, établi lors de la conférence de Rio, reconnaît la nécessité de réparer les conséquences des dommages portés à l'environnement même lorsque la cause n'est pas qualifiée de faute. Ceci prend une dimension particulièrement importante au plan international, car une même cause peut provoquer des déséquilibres du couple dommages/bénéfices qui peuvent s'avérer très différents d'un pays à l'autre, notamment s'ils n'ont pas des perceptions respectives identiques du risque.

Dignité humaine : Il s'agit ici d'un fondement unanime de la Charte des Nations Unies (1945) qui stipule le respect des droits individuels et la diversité des points de vue qui en découle. En matière de protection de l'environnement, ceci conduit à prendre en compte aussi bien les approches anthropocentriques que biocentriques ou écocentriques, et leurs implications.

Il s'agit aussi de reconnaître que la dignité des peuples peut se trouver affectée par la seule perturbation de l'environnement sans préjuger de l'existence ou non d'effets sur ses composantes biologiques, comme par exemple l'introduction de substances « non naturelles » dans l'environnement.

Principes liés à la mise en œuvre de moyens pour réduire ces risques

Précaution : Ignorer un risque pressenti ou supposé, au prétexte qu'il n'y a pas de connaissances scientifiques suffisantes pour le comprendre et le définir, n'est plus accepté. De tels risques doivent susciter des actions préventives, et une correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement ainsi qu'adopté à Maastricht (1992) dans le droit communautaire de l'Union Européenne.

Prévention/Utilisation de la « meilleure technique disponible » : Ce principe met en avant la mise en œuvre de règles et d'actions pour anticiper toute atteinte à l'environnement. La prévention s'illustre donc par la mise en œuvre de normes. Il s'agit notamment de s'assurer de l'application des derniers progrès techniques afin de prévenir, voire et de supprimer, la pollution.

Substitution : Ce principe stipule que lorsque des alternatives plus sûres existent déjà, ou sont sur le point d'émerger, un effort de substitution doit être entrepris. Il s'agit donc d'une amélioration de la protection de l'environnement guidée par la mise en œuvre de nouvelles technologies plutôt que par l'attente de la démonstration d'une atteinte avérée.

Pollueur payeur : Il s'agit d'imputer au responsable de la pollution les dépenses relatives à la prévention ou à la réduction de ces pollutions afin de limiter leurs atteintes à l'environnement. L'objectif est économique et vise à faire prendre en compte les coûts que représentent les atteintes à l'environnement dans les coûts globaux de production.

Participation-information : Il s'agit de responsabiliser les agents économiques et le public aux impacts potentiels de leurs comportements pour les informer des risques ou nuisances auxquels ils s'exposent. Ainsi, dès son élaboration, puis ensuite lors de sa conception, de sa mise en œuvre et de son évaluation, la prise de décision publique s'appuie sur l'information, la consultation et la participation du public.

Education : Là encore, la maîtrise des problèmes environnementaux est à l'aune des efforts d'éducation à l'environnement, tant à l'école que sur les lieux de travail.

2.2 Les effets biologiques des radiations sur l'environnement

Quelles sont aujourd'hui les bases scientifiques dont on dispose pour fonder un système de radioprotection de l'environnement ? En particulier, que sait-on aujourd'hui des effets des radiations sur les plantes et les animaux ? Il existe à ce sujet une littérature abondante dont la productivité a culminé dans les années 1960-70 et qui a fait l'objet de nombreuses revues commanditées par diverses organisations, AIEA, NCRP, UNSCEAR... On ne citera ici que la dernière en date, celle de l'UNSCEAR (1996) qui constitue encore à ce jour la référence. Sans entrer dans le détails de l'examen des données disponibles et de leur interprétation, les conclusions essentielles de ce travail ont été récemment synthétisées (Bréchnignac, 2001).

Il est important de noter que la grande majorité des données examinées concerne les effets des radiations étudiés au niveau des individus. De plus, les cibles d'effet analysées mettent en avant le rôle jugé prépondérant des processus liés à la reproduction, en raison à la fois de leur sensibilité aux radiations et de leur répercussion sur la vigueur des populations vivantes. Dans un effort d'identification de doses critiques, les auteurs concluaient qu'il n'y avait pas de résultats convaincants montrant que des effets susceptibles d'affecter les populations de plantes et d'animaux pourraient se manifester à des doses inférieures à 1-10 mGy.jour⁻¹ (1 mGy.jour⁻¹ pour les animaux terrestres, et 10 mGy.jour⁻¹ pour les animaux aquatiques et les plantes terrestres), pour des radiations à faible énergie linéique de transfert (radiations γ).

Ces recommandations préconisées par l'UNSCEAR en 1996 ont constitué une première référence sur laquelle certains pays (Etats Unis, Angleterre) se sont appuyés pour développer un cadre réglementaire destiné à maîtriser les pratiques conduisant, ou susceptibles de conduire, à un impact radiologique sur les êtres vivants non-humains.

2.3 Quelques approches émergentes fondées sur des limites de dose

Afin d'inclure des règles destinées à la « protection radiologique du public et de l'environnement » dans le Code de Réglementation Fédérale (10 CFR 834), le DoE américain (US DOE, 2000 ; Highley et al., 2002) a forgé des recommandations méthodologiques et des standards qui s'appuient sur les limites de dose préconisées par l'UNSCEAR en 1996 dans une approche dite « graduée ». Plus récemment, l'Agence de l'Environnement anglaise a emboîté le pas aux américains, tout en reconnaissant que les études récentes publiées au sujet des conséquences à long terme dans les territoires russes

contaminés montrent que les individus observés manifestent des effets (cytogénétiques) à des niveaux de dose plus faibles (Tableau 1).

Tableau 1. Aperçu sur les limites de dose actuellement proposées par certains pays ou organisations dans le but de réglementer la protection de l'environnement contre les radiations ionisantes.

		Classes d'êtres vivants considérés	Limite de dose ou valeur sans effet environnemental (mGy.j ⁻¹)
UNSCEAR (1996),	US	Plantes terrestres	10
DoE (2000),	UK	EA Animaux aquatiques	10
(Copplestone et al., 2001)		Animaux terrestres	1
		Algues, macrophytes	2.5
		Plantes terrestres, invertébrés	2.5
Canada (CNSC, 2001)		Invertébrés benthiques	1.6
		Petits mammifères	1
		Poissons	0.5
		Amphibiens	0.2
		Plantes, invertébrés	1
Russie (Sazykina et al., 2002)		Animaux poïkilothermes	0.3
		Animaux hématothermes (durée de vie < 5 ans)	0.14
		Animaux hématothermes (durée de vie > 5 ans)	0.07
<i>CIPR</i>		<i>Homme</i>	<i>0.0027</i>

Une interprétation différente des données de la littérature, conduite notamment par un souci de se conformer à la méthodologie ERA (Ecological Risk Assessment) telle que formalisée pour la protection contre les toxiques chimiques, et assortie d'un effort particulier pour mieux appréhender les incertitudes liées aux différences d'effets produits, à énergie égale, par des radiations de nature différente (RBE), a conduit le Canada (CNSC, 2001) à envisager une gamme de limites de dose un peu inférieure (0.2 – 2.5 mGy.j⁻¹, Tableau 1). Un autre raisonnement, enfin, conduit la Russie à considérer des limites de dose plus faibles encore (0.07-1 mGy.j⁻¹, Sazykina et Kryshev, 2002, Tableau 1).

3. LA VOIE PROPOSEE PAR LA CIPR

D'une façon naturelle eu égard à son domaine d'expertise, la CIPR a pour l'instant privilégié une approche appuyée sur l'existant qu'elle maîtrise – la radiobiologie et la radioprotection humaine – en élargissant aux autres êtres vivants, plantes et animaux, le champ des concepts qu'elle a développé. Ce faisant, elle n'a pas considéré la protection de la partie abiotique de l'environnement, mais s'est délibérément concentrée sur sa partie biotique, seule radio-sensible. Une exploitation optimisée des connaissances et de l'expérience déjà acquises pour la protection de « l'animal » *Homo sapiens* constitue l'atout majeur de cette approche.

La voie proposée par la CIPR s'articule donc sur certains concepts de la radioprotection humaine qu'elle étend vers une application aux autres être vivants moyennant les modifications et ajustements jugés nécessaires.

3.1 Faune et flore « de référence »

Le premier ajustement de taille consiste en une simplification de l'extrême diversité biologique présente dans l'environnement. Les formes vivantes, les espèces de plantes et d'animaux, leurs modes de vie sont en effet si nombreux qu'il apparaît difficile d'appréhender cette multitude d'une façon unique. Comment en effet juger sur les mêmes critères la protection radiologique d'une microalgue photosynthétique et d'un grand mammifère ? La démarche ici consiste à réduire cette complexité à quelques cas types jugés représentatifs sur la base de critères tels que leur abondance dans l'environnement, leur radiosensibilité (avec la notion sous-jacente de bioindicateur), leur importance écologique, ainsi qu'une somme conséquente de connaissances radiologiques les concernant. Sont ainsi définies une faune et une flore « de référence », résultat du meilleur compromis possible entre tous les critères évoqués plus haut. Il ne s'agit pas de choisir une entité vivante existante précise, mais plutôt de définir un point de référence qui sera ensuite utilisé à des fins de comparaison.

L'approche, notamment développée par Pentreath (1998, 1999) et Pentreath et Woodhead (2001), est inspirée du concept « d'homme de référence » en radioprotection humaine (homme de race blanche, de 70 kg, vivant dans un climat occidental tempéré, et d'âge moyen 20-30 ans, ou femme définie de façon similaire), et devrait mettre en œuvre une gamme restreinte (une dizaine ou une vingtaine) d'organismes de référence primaire,

animaux et plantes. Ils seraient utilisés dans les évaluations d'impact en premier dégrossissage assorti de calculs conservatifs (Figure 1). Des organismes de référence secondaire, plus finement détaillés et plus représentatifs des spécificités locales, seraient ensuite utilisés, au cas où le dégrossissage préalable n'aurait pas écarté une probabilité suffisante de risque.

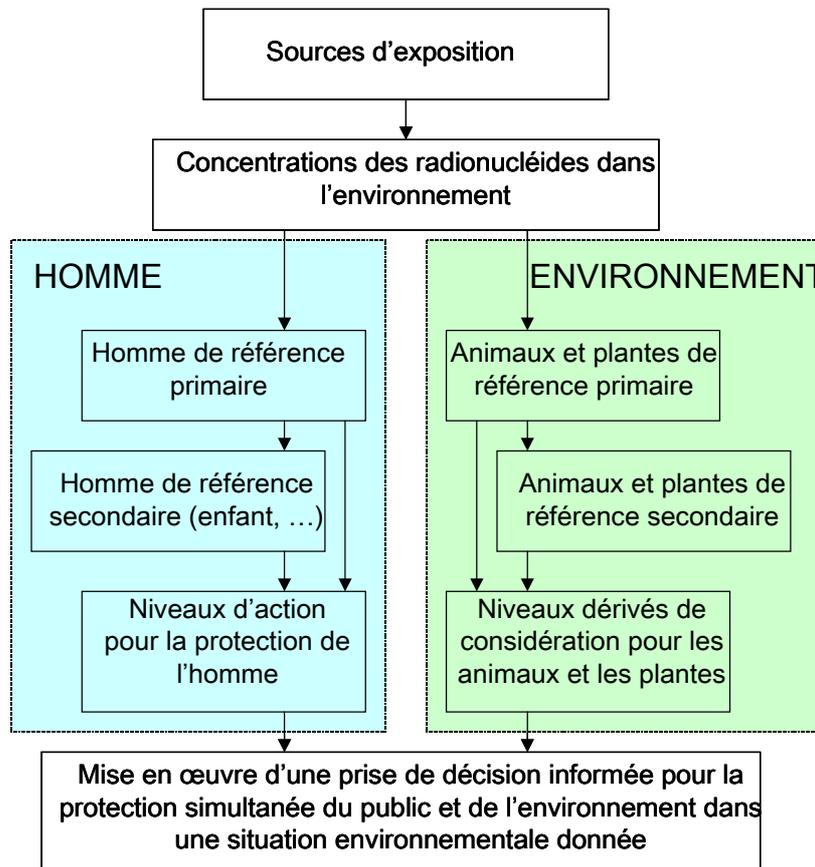


Figure 1 : Une approche homogène et combinée de la protection de l'homme et de l'environnement.

3.2 Unités et dosimétrie de référence basée sur quelques géométries simples

Le concept de la dose absorbée est considéré donner une bonne description du dépôt d'énergie dans les systèmes biologiques et constitue donc l'unité de base utilisée pour quantifier les relations dose/effet. Il convient cependant de développer comme pour l'homme une méthode de pondération de la dose qui prenne en compte d'une part, les différences d'efficacité biologique des différents types de radiation (Relative Biological Effectiveness, RBE), et d'autre part, les différences de radiosensibilité selon les organes considérés. Ceci aboutit à la définition d'une seule unité pour qualifier la dose dite équivalente (dans le cas de

l'homme, le sievert), ce qui permet d'effectuer toutes comparaisons utiles sur une même échelle de grandeur. Ici encore, la difficulté provient de la grande diversité des organismes animaux et végétaux pour lesquels les effets des radiations ne sont pas forcément comparables, d'une espèce à l'autre, mais aussi d'un type de radiation à un autre et d'une cible d'effet à une autre. Différentes approches ont été suggérées : la dose absorbée par les biota (Kocher et Trabalka, 2000), la dose équivalente pour la faune et la flore (« DEFF », Pentreath, 1999), le facteur de pondération écodosimétrique (Trivedi et Gentner, 2000, Thompson, 2002) ce qui souligne l'importance des lacunes qui demeurent autant que le besoin d'une standardisation consensuelle, au développement de laquelle les travaux futurs de la CIPR feront bonne place.

Aux organismes de référence sont associés des modèles de calcul dosimétrique de référence appuyés sur quelques géométries simples (sphère, ellipsoïde, cylindre) qui permettent, pour les calculs de dose, de simplifier la diversité des formes. Ces modèles donnent accès à la dose totale absorbée par un organisme par irradiation externe et interne, qu'il conviendra ensuite de pondérer comme évoqué ci-dessus. Connectant ensuite ce calcul aux modèles décrivant la répartition des radionucléides dans l'environnement et les voies d'exposition les plus critiques pour l'organisme de référence considéré (à condition, bien entendu de disposer de données adéquates), l'objectif est d'aboutir à l'expression d'une dose absorbée (pondérée) par unité de concentration de radionucléide dans les différents compartiments de l'environnement. Des tableaux de valeurs seraient ainsi construits pour les organismes de référence qui permettraient aux évaluateurs, dans une première approche globale, de situer le contexte quantitatif particulier de leur étude.

3.3 Le choix de quelques cibles d'effet pointées sur l'individu

Fort des outils développés précédemment - un calcul dosimétrique relativement standardisé appliqué à quelques organismes de référence – il convient de définir/choisir les effets dont on vise à prémunir les organismes animaux et végétaux. De nombreux débats sur le fonds se développent à ce sujet, car il implique des considérations éthiques et philosophiques qui ne sont pas consensuelles. Sans prendre une position particulière, la CIPR considère qu'une voie pragmatique est d'ores et déjà tracée pour deux raisons. D'abord, des législations de plus en plus nombreuses ont déjà dans une large mesure défini quoi protéger (en particulier un certain nombre d'espèces jugées utiles ou en voie de disparition). Ensuite, pour pouvoir être pris en charge par un système de radioprotection, il convient de définir les effets des radiations dont on veut prémunir les organismes animaux et végétaux et de les rendre accessibles à la mesure. C'est ce que l'on appelle les cibles d'effet et d'évaluation,

respectivement. C'est à travers elles que la quantification de l'effet sera mise en relation avec la mesure de l'intensité des radiations, ou la dose, provoquant l'effet en question. C'est là la définition de la relation dose-effet sur laquelle repose toute le système.

Compte tenu des connaissances encore limitées eu égard à la grande variété des espèces et à la variabilité de leurs radiosensibilités, il est jugé prématuré de chercher à distinguer entre effets déterministes et stochastiques comme pour l'homme. Pour la protection des espèces non humaines, les effets des radiations sont plutôt groupés dans 4 grandes catégories jugées pertinentes. Ces cibles d'effet sont : la mortalité précoce, la morbidité (déclin de la santé lié à des conséquences négatives sur la croissance ou le comportement), le succès des processus de reproduction (y compris fertilité et fécondité) et les effets cytogénétiques dits mesurables (dommages à l'ADN transmissibles). Les effets cytogénétiques et les effets sur la reproduction interviennent généralement aux plus faibles doses.

Chacune de ces catégories présente un grande variété d'effets aux individus, mais le choix de ces cibles d'effet est justifié par leur utilisation fréquente dans les évaluations de l'impact d'autres toxiques, qu'il s'agisse de conservation de la nature ou de protection de l'environnement. Le choix de cibler les effets sur les individus s'appuie aussi sur l'argumentaire qui reconnaît que la grande majorité des connaissances actuelles y est afférente, et que les effets aux niveaux supérieurs d'organisation (populations, communautés, écosystème) proviennent nécessairement d'une répercussion d'effets primordiaux intervenant sur les individus. Les difficultés conceptuelles auxquelles se heurtent les problèmes de transposition de l'individu à l'écosystème sont reconnues, mais des raisons pratiques conduisent néanmoins à privilégier l'individu. Il convient enfin de noter que c'est également le niveau de l'individu qui est visé en radioprotection humaine.

3.4 Construction d'une échelle de niveaux de considération rapportés au bruit de fonds naturel

Comme mentionné plus haut, certains pays ont entrepris le développement d'un cadre réglementaire fondé sur les valeurs indiquées par l'UNSCEAR en 1996, qu'ils ont érigées en valeurs standards pour définir des limites de dose. Jugeant qu'il s'agit d'une prise de décision relevant des nations, dont les éléments d'appréciation peuvent varier d'un pays à l'autre, la CIPR ne vise pas la recommandation de valeurs ou limites de dose, mais plutôt la définition d'une méthodologie d'approche, fondée sur des bases scientifiques et éthiques solides, pour guider et orienter ce choix.

Pour la protection du public, la CIPR évolue maintenant vers la considération de niveaux d'inquiétude (« concern ») qui sont définis par référence explicite au bruit de fond naturel (CIPR 2001). De la même façon, elle préconise la construction d'une échelle de risque établie par incréments logarithmiques de la dose totale annuelle relative au bruit de fond (1, 10, 100 1000 fois le bruit de fonds naturel). Un exemple de ce que pourrait être une telle échelle pour un mammifère terrestre de référence est donné dans le Tableau 2. L'intérêt d'une telle échelle est de mettre en perspective, pour une gamme donnée de débit de dose, les effets probables et les options possibles de gestion des situations qui conduisent à de tels effets.

Tableau 2. Niveaux dérivés de considération tels qu'ils pourraient être définis dans le cas d'un mammifère terrestre de référence (modifié d'après Pentreath, 2002).

Niveau dérivé de considération	Niveau relatif de dose (dose annuelle incrémentée)	Effets probables sur les individus	Aspects concernant la prise en compte du risque
Niveau 5	> 1000 x bruit de fond	Mortalité précoce	Considération d'une action de rémediation potentielle
Niveau 4	> 100 x bruit de fond	Succès réduit de la reproduction	Risque dépendant du type de faune et de flore susceptible d'être affectées et de leurs effets
Niveau 3	> 10 x bruit de fond	Domages mesurables de l'ADN	Risque dépendant de la nature et de la taille de la zone affectée
Niveau 2	Bruit de fond naturel		Peu de risque
Niveau 1	< bruit de fond naturel	Faible	Peu ou pas de risque

3.5 Une approche commune de la radioprotection de l'homme et des autres êtres vivants

Il est nécessaire que le système de protection radiologique des êtres vivants non-humains soit compatible avec les principes de la protection radiologique humaine. Une approche commune, destinée à protéger l'homme et les autres être vivants, devrait donc mettre en

œuvre une méthodologie et des bases scientifiques communes pour évaluer les impacts et justifier les décisions. Ainsi, les objectifs d'une telle approche commune, comme suggéré par Pentreath (2002) pourraient donc être les suivants :

- protéger la santé humaine :
 - o en proscrivant tout effet déterministe
 - o en limitant les effets stochastiques aux individus et en les minimisant dans les populations,
- protéger l'environnement :
 - o en proscrivant/réduisant la fréquence des effets susceptibles de provoquer un mortalité précoce ou un succès réduit de la reproduction chez les individus animaux et végétaux
 - o de telle sorte qu'ils aient un impact négligeable sur la conservation des espèces, la maintenance de la biodiversité ou l'état de santé des habitats et des communautés vivantes.

Il convient aussi de rappeler que la société a d'ores et déjà établi des objectifs de protection environnementale, comme la prévention de la pollution à la source et la minimisation des déchets, qui sont susceptibles de conduire au-delà du seul concept de minimisation de la dose.

4. ANALYSE

4.1 La robustesse des fondements scientifiques

Un principe conducteur essentiel de la CIPR est la faisabilité. Un système de radioprotection dont les concepts et les méthodes seraient trop éloignés de la réalité pratique resterait inutile. Pour autant, si la faisabilité aura toujours tendance à pousser vers une simplification, il convient de bien connaître les incertitudes qui en résultent, pour pouvoir s'attacher au souci constant de les réduire. Dans cet esprit, on remarque d'abord que les connaissances disponibles sur les relations dose-effet pour les organismes animaux et végétaux résultent de travaux souvent anciens qui ont surtout examiné les effets de fortes doses en exposition aiguë et externe (rayonnement γ). Or, le contexte environnemental pertinent aujourd'hui pour la radioprotection de l'environnement concerne surtout le domaine des faibles doses auxquelles ces organismes peuvent se trouver exposés de façon chronique pendant plusieurs générations. A ce niveau, la performance des mécanismes de réparation de l'ADN joue vraisemblablement un rôle central. D'autre part, la compréhension de la répercussion

de tels effets sur le fonctionnement des écosystèmes via la dynamique des populations est loin d'être acquise (Bréchnignac et Barescut, 2003 ; Woodhead, 2003), et ce d'autant plus que l'approche actuelle, pour des raisons pratiques, s'appuie explicitement et exclusivement sur les effets au niveau des individus. Les problèmes de transposition entre échelles d'organisation ne se réduisent pas seulement au champ des effets des radiations, mais concernent l'ensemble des toxiques comme le montrent les orientations actuelles des programmes de recherche en écotoxicologie. Il ne faut donc pas occulter que les fondements scientifiques n'ont pas encore atteint une pleine maturité.

4.2 Le parallèle homme – environnement

La CIPR reconnaît qu'il y a de claires différences éthiques, conceptuelles et d'ordre pratique entre l'humain et les autres êtres vivants pour ce qui concerne leur protection radiologique, mais elle observe qu'il existe aussi de nombreuses similitudes qui méritent d'être exploitées. C'est l'exploitation de cette piste que la CIPR entreprend comme point de départ. Une large part des connaissances scientifiques acquises sur les mécanismes de l'interaction entre les radiations ionisantes et la matière vivante est issue de travaux sur des organismes non-humains. Par ailleurs, le développement d'une approche commune ne permettrait pas seulement d'éviter que les recommandations de l'un n'entrent en contradiction avec celles de l'autre, mais simplifierait la démarche qui pourrait alors être entreprise dans un cadre global d'évaluation et de gestion.

L'accent étant délibérément placé sur l'individu, cette approche pourra donc répondre à un objectif de protection à cette échelle d'organisation. Les objectifs de protection situés à des échelles supérieures d'organisation, de plus en plus mentionnés dans les conventions internationales sous les vocables « intégrité ou santé des écosystèmes » constituent encore aujourd'hui un défi qui ne peut être relevé que par la mise en place de recherches et développements pertinents et appropriés.

4.3 L'intégration radiologique - chimique

Le défi mentionné ci-dessus ne concerne pas seulement le champ de la protection radiologique, mais aussi celui de la protection contre tous les autres toxiques. Si du point de vue de la radioprotection, tirant profit de l'ubiquité des mécanismes d'interaction des radiations avec la matière vivante, il apparaît utile de rapprocher l'homme des autres être vivants, il est tout aussi important de rapprocher les démarches de protection environnementale radiologique et chimique. La pratique montre en effet que ces deux

champs ne sont pas séparés dans les situations réelles, ou toxiques radioactifs et chimiques sont généralement présents ensemble. De plus, cette concomitance est suspectée promouvoir des synergies ou des antagonismes au niveau des effets singuliers dont la non prise en compte conduirait à la prédiction d'un effet global erroné.

C'est pourquoi il est important d'assurer une cohérence entre la démarche de protection radiologique de l'environnement d'une part et la démarche ERA (Ecological Risk Assessment) d'autre part qui a été développée pour la protection de l'environnement contre les toxiques chimiques (Bréchnignac, 2003). Cette cohérence est une nécessité car, *in fine*, toute évaluation d'impact écologique se devra d'intégrer l'ensemble des stress pour déboucher sur une appréciation de leur effet global.

5. CONCLUSION

Face au vide réglementaire concernant la protection radiologique de l'environnement, et alors même que de nombreux textes légaux commencent à voir le jour au sujet de la conservation des espèces et des habitats ou de la préservation de la biodiversité, la CIPR a engagé une réflexion qui vise à recommander un cadre général approprié pour évaluer l'impact des radiations ionisantes sur l'environnement. Dominée par un souci de pragmatisme, et eu égard à l'état des connaissances disponibles, la CIPR favorise, en première approche, une démarche fondée sur l'appréciation des effets des radiations au niveau des individus, examinés à l'aide d'un jeu d'organismes de référence, à définir. Plus accessible à la mesure et à la quantification, ce niveau d'organisation est aussi privilégié par les méthodes écotoxicologiques actuelles, bien que l'on reconnaisse son aspect fortement réducteur. Le choix de cette voie favorise aussi l'exploitation du parallèle homme-environnement, en plaçant les deux entités à protéger au même niveau d'organisation. Ce faisant, la Commission n'ignore pas l'existence d'interactions complexes à l'œuvre au sein de l'environnement dans sa dimension écosystème, et elle s'attachera, dans l'évolution future de ses recommandations, à intégrer au fur et à mesure les nouvelles connaissances émergentes à ce sujet.

6. REFERENCES

Bréchnignac F. (2001) Impact of radioactivity on the environment: Problems, state of current knowledge, and approaches for identification of radioprotection criteria. *Radioprotection*, 36(4);511-535.

- Bréchignac F. (2003) Protection of the environment : how to position radioprotection in an ecological risk assessment perspective. *The Science of the Total Environment*, 307;37-54.
- Bréchignac F., Barescut J.-C. (2003) From human to environmental radioprotection : some crucial issues worth considering. *In* Protection of the Environment from Ionising Radiation - The development and application of a system of protection of the environment, IAEA-CSP-17, Vienna, Austria, 119-128.
- Brundtland Report (1987) Our Common Future. World Commission on Environment and Development.
- CNSC (2001) Releases of radionuclides from nuclear facilities. Impact on non-human biota. Priority substances list assessment report, 107 pp.
- Copplestone D., Bielby S., Jones S.R., Patton D., Daniel P., Gize I. (2001) Impact assessment of ionizing radiation on wildlife. R&D Publication 128, UK Environment Agency, Bristol, 222 pp.
- Highley K.A., Domotor S.L., Antonio E.J., Kocher D.C. (2002) Derivation of a screening methodology for evaluating radiation dose to aquatic and terrestrial biota. *Journal of Environmental Radioactivity*, 66(1-2);41-60.
- Holm L.-E. (2003) Radiological protection of the environment. *In* Protection of the Environment from Ionising Radiation - The development and application of a system of protection of the environment, IAEA-CSP-17, Vienna, Austria, 103-109.
- ICRP (2003) Protection of Non-human Species from Ionising Radiation. Proposal for a Framework for the assessment of ionising radiation in the environment. Task Group Draft Report, ICRP 02/305/02.
- ICRP (1977) Recommendations of the International Commission on Radiation Protection. Publication 26, *Annals of ICRP* 1 (3), Pergamon Press, Oxford.
- ICRP (1991) Recommendations of the International Commission on Radiation Protection. Publication 60, *Annals of the ICRP* 21 (1-3), Pergamon Press, Oxford.
- ICRP (2001) A report on progress towards new recommendations: a communication from the International Commission on Radiological Protection. *Journal of Radiological Protection*, 21;113-123.
- Kocher D.C., Trabalka J.R. (2000) On the application of a radiation weighting factor for alpha particles in protection of non-human biota. *Health Physics*, 79(4); 407-411.
- Pentreath R.J. (1999) A system for radiological protection of the environment: some initial thoughts and ideas. *Journal of Radiological Protection*, 19;117-128.
- Pentreath R.J. (2002) Radiation protection of people and the environment: developing a common approach. *Journal of Radiological Protection*, 22(1);45-56.
- Pentreath R.J. (1998) Radiological protection criteria for the natural environment. *Radiation Protection Dosimetry* 75;175-179.

- Pentreath R.J, Woodhead D.S. (2001) A system for protecting the environment from ionising radiation: selecting reference fauna and flora, and the possible dose models and environmental geometries that could be applied on them. *The Science of the Total Environment*, 277;33-43.
- Sazykina T.G., Kryshev I.I. (2002) Methodology for radioecological assessment of radionuclides permissible levels in the seas – Protection of human and marine biota. In: *The radioecology and ecotoxicology of continental and estuarine environments*, F. Bréchignac, ed., Radioprotection Colloques, EDP Sciences, Paris, Vol. 37 C1;899-902.
- Thompson P.M. (1988) Environmental monitoring for radionuclides in marine ecosystems: are species other than man protected adequately? *Journal of Environmental Radioactivity* 7;275-283.
- Thompson P.A., MacDonald C.R., Harrison F. (2003) Recommended RBE weightinh factor for the ecological risk assessment of alpha-emitting radionuclides. *In Protection of the Environment from Ionising Radiation - The development and application of a system of protection of the environment*, IAEA-CSP-17, Vienna, Austria, 93-102.
- Trivedi A., Gentner N.E. (2002) Ecodosimetry weighting factor (e_R) for non-human biota. 10th International Congress IRPA 14-19 May 2000, Hiroshima, Japan, P-2a-114, pp. 8.
- UNCED (1992) Agenda 21. United Nations Conference on Environment and Development, UNCED, June 3-14, 1992, Rio de Janeiro, Brazil.
- UNSCEAR (1996) Effects of radiation on the environment. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Report to the General Assembly, Annex 1, United Nations, New York, 86 pp.
- US DOE Standard (2000) A graded approach for evaluating radiation doses to aquatic and terrestrial biota. US Department of Energy, Washington DC 20585. DOE-STD-XXXX-00 Proposed.
- Woodhead D.S. (2003) A possible approach for the assessment of radiation effects on populations of wild organisms in radionuclide-contaminated environments? *Journal of Environmental Radioactivity*, 66;181-213