

## **18. LA DOSE COLLECTIVE : POINT DE VUE DE L'IRSN SUR LES INDICATIONS ET CONTRE-INDICATIONS D'UTILISATION**

**André Oudiz<sup>1</sup>**

**Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire  
B.P.17 - 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex**

### **I - Introduction**

La notion de protection collective est apparue en 1959 dans le premier rapport de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR). Au cours des décennies suivantes, la CIPR a mis en exergue la contribution de la dose collective au processus d'optimisation de la radioprotection. En 1991, la CIPR précisait que la dose collective *prenait en compte le nombre de personnes exposées à une source en multipliant la dose individuelle moyenne du groupe exposé par le nombre d'individus du groupe.*

La dose collective est maintenant utilisée couramment par les praticiens de la radioprotection, de façon prospective et rétrospective. Son utilisation dans le cadre de la gestion de la protection des travailleurs ne soulève guère de débats. En revanche, son utilisation pour apprécier l'exposition du public ou pour estimer les effets sur la santé des expositions aux rayonnements ionisants (qu'il s'agisse des travailleurs ou de la population) suscite de nombreuses critiques. Parmi celles-ci, les critiques d'ordre éthique soulignent que la dose collective ne reflète pas les inégalités entre les individus exposés. Les critiques d'ordre cognitif concernent la relation linéaire sans seuil entre la dose et les effets, qui permet de traduire la dose collective en termes de risque d'apparition d'effets stochastiques. D'autres critiques, d'ordre opérationnel, portent sur la faisabilité et la fiabilité de certains calculs de dose collective.

L'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire, conscient des problèmes soulevés par l'utilisation de la dose collective, avait formulé un avis sur cette question, qui a fait l'objet d'une publication dans la collection « Documents IPSN », en décembre 2001. L'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, créé depuis, a repris à son compte cet avis qui s'adresse principalement aux praticiens de la radioprotection, quelles que soient leurs responsabilités (exploitants, employeurs, autorités).

### **II - Critères d'emploi de la dose collective**

Pour examiner la pertinence de la dose collective en tant qu'indicateur en vue d'éclairer une décision, il convient d'examiner trois aspects :

---

<sup>1</sup> Présentation d'un travail collectif auquel ont participé : Mesdames Françoise Bretheau, Dorothee Conte, Françoise Rancillac, Catherine Rommens, Annie Sugier, Sylvie Supervil (Secrétaire), Michèle Viala ; Messieurs Didier Champion,

- la pertinence de cet indicateur pour la gestion du risque,
- la faisabilité, la nature et la fiabilité du calcul,
- la pertinence du lien entre la dose collective et le risque.

La confusion entre ces trois aspects a été à l'origine de nombreux malentendus dans les discussions sur la dose collective. Ces trois aspects doivent donc être traités séparément.

L'utilisation de la dose collective est particulièrement pertinente dans les cas suivants : (i) comparaison de différentes options de protection dans le contexte de l'optimisation de la radioprotection (par exemple pour la gestion de chantiers en milieu industriel), (ii) estimation du nombre d'effets attendus (soit pour apprécier la faisabilité d'une étude épidémiologique soit pour les comparer aux résultats obtenus à partir d'observations de terrain), (iii) évaluation du détriment collectif en rapport avec une activité ou une source (par exemple, estimation du risque d'apparition de cancer associé aux expositions aux rayonnements chez les individus d'une région donnée). L'évaluation de l'impact global d'une activité ou d'une source peut aussi être utilisée dans un but de comparaison (par exemple, comparaison des effets de l'exposition naturelle et des effets de l'exposition à des sources artificielles).

Comme tous les indicateurs collectifs, la dose collective masque : (i) les transferts de risque (la dose collective totale ne rend pas compte du transfert des doses d'un groupe vers un autre), (ii) les inégalités de distribution des risques individuels, (iii) les disparités de différentes situations d'exposition.

La fiabilité du calcul de la dose collective dépend de sa faisabilité, de ses bases (observations directes exhaustives, sondages, modèles complets, approches mélangeant mesures et modèles) et de ses imprécisions (sur le long terme, sur les modèles et sur les hypothèses). La fiabilité du calcul ne s'apprécie pas dans l'absolu mais par rapport à la question posée. Les diverses composantes de la dose collective (par exemple, niveaux de doses, nombre de personnes exposées, durées d'exposition...) importent tout autant que le résultat du calcul.

Le lien entre l'expression de la dose efficace collective et le risque ne peut exister que lorsque le calcul de la dose collective a été effectué pour des populations suffisamment importantes, de structure démographique assez générale, avec des doses distribuées de façon homogène aux différents organes. Dans le cas contraire, des distorsions peuvent apparaître (par exemple, pour une même dose collective, le risque de cancer est plus grand pour un groupe d'enfants que pour un groupe de personnes âgées).

### **III - Position de l'IRSN**

La protection d'une population exposée aux rayonnements ionisants implique que soient considérés et maîtrisés non seulement le risque encouru par chacun des individus de cette population mais aussi celui encouru par

l'ensemble de la population concernée. L'IRSN estime que la dose collective, somme des doses individuelles des membres d'une population donnée, constitue un indicateur utile, bien que non exclusif, de la dimension collective du risque, dont il recommande l'utilisation dans les limites indiquées ci-dessous.

### **III. 1 Modalités du calcul de la dose collective en fonction de son utilisation**

L'IRSN considère qu'il convient, avant d'entreprendre un calcul de dose collective, de préciser l'usage qui en est prévu. En effet, les difficultés rencontrées, particulièrement lors de l'interprétation des résultats, sont de natures différentes selon qu'il s'agit d'évaluer le niveau d'exposition d'une population donnée ou les effets de cette exposition sur la santé de cette population.

Quand il s'agit d'évaluer le niveau d'exposition d'une population donnée, la variabilité des composants de la dose collective (dosimétrique, démographique) conditionne la signification du résultat. Des difficultés d'interprétation de la dose collective existent essentiellement dans les cas suivants : niveaux d'exposition individuelle très faibles, expositions étalées sur des périodes très longues concernant plusieurs générations, expositions individuelles de différentes natures (par exemple externe, interne, ...) ou encore comparaison de doses collectives de populations ayant des caractéristiques d'exposition différentes.

Quand il s'agit d'évaluer les effets sur la santé d'une population donnée, les incertitudes sur les différents facteurs de risque disponibles (par exemple probabilité d'occurrence de cancer par unité de dose) et les pertes d'informations inhérentes au calcul même de la dose collective (par exemple, nature et gravité de l'effet) peuvent compromettre la précision du résultat.

#### III.1.1. Evaluation des niveaux d'exposition

La dose collective doit être calculée pour des segments homogènes, de telle sorte que chaque segment corresponde à des paramètres adaptés au contexte spécifique considéré. Il convient d'éviter l'usage d'une dose collective unique, résultant de la sommation de plusieurs doses collectives correspondant à différents segments ; une telle sommation empêche en effet d'apprécier la variation des doses individuelles et de leur distribution. La segmentation de la dose collective doit répondre à trois conditions :

- regrouper des doses individuelles ne présentant pas des différences supérieures à un ou deux ordres de grandeur au maximum ;
- ne pas regrouper des périodes de temps qui diffèrent de plus d'un ou deux ordres de grandeur, par exemple pour évaluer l'évolution dans le temps (10, 100, 1 000 ans...) de doses collectives concernant des expositions de longue durée. Pour de très longues périodes de temps, se limiter à des durées de quelques siècles et, en tout état de cause, toujours inférieures au millénaire en raison des grandes incertitudes qui entachent toute

prévision de dose au-delà de cette échelle de temps, par exemple pour évaluer l'impact dosimétrique global d'un stockage de déchets à vie longue ;

- ne pas négliger a priori les doses très faibles avant de s'être assuré qu'elles ne contribuent pas de façon substantielle à la dose collective. La démarche de segmentation et d'appréciation des segments constitue une solution plus réaliste et plus crédible que le recours à une dose « de minimis » générique.

### III.1.2. Evaluation des effets sur la santé

Les grandeurs dosimétriques utilisées doivent être adaptées au risque correspondant à l'exposition considérée. Ainsi, pour évaluer le risque d'un cancer spécifique, il convient d'utiliser la dose équivalente à l'organe pertinent (thyroïde, moelle osseuse). A défaut de connaître le siège du cancer, la dose efficace peut être utilisée pour estimer le risque de décès par cancer, tous cancers confondus. Lorsque le risque considéré est la survenue d'un cancer avant un âge donné, il convient d'utiliser une estimation de la dose tronquée à l'âge atteint (par exemple, dose à la moelle osseuse avant l'âge de 15 ans pour l'estimation du risque de leucémie infantile).

Comme dans le cas de l'évaluation dosimétrique, la dose collective doit être calculée pour des segments homogènes. Cette segmentation doit répondre à trois conditions principales, qui s'ajoutent ou se substituent à celles citées plus haut pour l'évaluation dosimétrique :

- ne pas regrouper des doses individuelles qui représentent des risques différents (par exemple : ne pas amalgamer des doses efficaces avec des doses équivalentes ; ne pas amalgamer des cas de cancers mortels avec des cas de cancers à taux de guérison élevé) ;
- ne pas considérer des périodes supérieures à quelques dizaines d'années et en aucun cas des périodes supérieures au siècle, en raison des inconnues relatives à l'évolution des conditions démographiques et géographiques, de l'évolution des connaissances sur la relation dose-effet et des progrès de la médecine qui pourraient diminuer la gravité de certains effets stochastiques et, de ce fait, modifier les facteurs de risque ;
- considérer uniquement des groupes de population présentant des conditions biologiques identiques (âge, sexe...), en raison notamment de radiosensibilités différentes.

L'IRSN souligne que les divers segments de la dose collective doivent être distingués les uns des autres en vue de faciliter l'interprétation ultérieure des résultats du calcul de la dose collective. Par exemple, pour la gestion du risque radiologique, il convient de séparer la dose collective relative aux expositions des travailleurs d'une installation de celle relative à l'exposition du public résultant du fonctionnement de cette même installation, pour plusieurs raisons : les niveaux d'exposition individuelle des travailleurs diffèrent de ceux des personnes du public, les distributions en âge (et souvent en sexe) ne sont pas identiques, les limites de dose sont différentes et la

réglementation les concernant n'est pas la même. S'agissant de la population, il convient de distinguer des sous-groupes selon la distance qui les sépare de l'installation concernée, la durée du fonctionnement de cette installation, la durée d'exposition (court, moyen ou long terme), la distribution en âge de la population concernée, etc.

### **III. 2. Confiance à accorder au calcul de la dose collective**

Les doses individuelles utilisées pour le calcul d'une dose collective proviennent soit d'évaluations ou de mesures des expositions individuelles, soit d'estimations des transferts de radionucléides dans l'environnement par un modèle ou un code, ou bien encore de mesures réalisées dans l'environnement. L'IRSN souligne que le degré de fiabilité du calcul de la dose collective dépend de la méthode utilisée pour évaluer les doses individuelles.

De plus, les composantes retenues pour calculer la dose collective (populations considérées, types de doses, distribution temporelle, géographique...), qui ont conduit à une segmentation appropriée, confèrent au résultat des degrés d'incertitudes variables (par exemple, inégalités de distribution des doses dans le temps et dans l'espace, organes exposés différents...). Lorsque le calcul de certains segments de la dose collective présente des incertitudes importantes, l'IRSN recommande de garder ces incertitudes en mémoire.

D'une façon générale, il importe, pour apprécier un résultat de dose collective, de bien examiner les bases de son calcul.

### **III. 3. Interprétation des résultats du calcul de la dose collective**

L'IRSN considère que, pour interpréter les résultats d'un calcul de dose collective, il est indispensable de connaître les principales composantes de cette dose (nombre de personnes exposées, niveau moyen d'exposition individuelle...). Il est aussi utile de connaître les doses individuelles des personnes les plus exposées, en complément de la dose collective à une population donnée.

C'est la présentation des résultats pour les différents segments considérés qui permet d'alimenter la discussion, par exemple entre les industriels et les pouvoirs publics, et d'éclairer les décisions.

Dans le cadre défini précédemment, l'IRSN considère que la dose collective, calculée à partir des doses efficaces individuelles d'une large population mêlant notamment tous les âges et les sexes, constitue un indicateur correct du détrimement collectif. De plus, dans le cas où sont identifiés des groupes homogènes de population (enfants ou adultes d'une tranche d'âge donnée, femmes enceintes...), il peut être utile de préciser le risque encouru par ces groupes de population spécifiques. Les doses collectives calculées dans de tels cas ne peuvent pas être comparées sans précaution à des doses collectives concernant d'autres groupes. Il convient aussi de distinguer les doses collectives conduisant à une estimation du risque de décès par cancer de celles qui conduisent à l'estimation du risque d'apparition de cancers non mortels ou d'occurrence d'effets héréditaires.



# Dose collective : point de vue de l'IRSN sur les indications et contre-indications d'utilisation

## **Contexte :**

Protection collective apparaît en 1959 dans publication CIPR n°1

Utilisation pour la radioprotection des travailleurs largement admise aujourd'hui

Utilisation pour la protection du public suscite beaucoup de réserves, d'ordre :

- éthique
- cognitif
- opérationnel

IRSN a produit un avis s'adressant principalement aux praticiens de la radioprotection

## **Bien distinguer 3 critères :**

### **Pertinence de la DC dans le contexte où on veut l'utiliser :**

- DC utile comme indicateur d'exposition dans des groupes exposés de façon relativement homogène,
- DC utile pour certains calculs de risque sanitaires

### **Faisabilité, nature et fiabilité du calcul :**

- Calcul est-il possible? Repose-t-il sur des mesures de dose ou sur des modèles ? Quels sont les facteurs d'imprécision (durée, distance)?

### **Bien distinguer 3 critères (suite) :**

#### Pertinence du lien entre la DC et le risque :

- DC est un indicateur du risque d'effets stochastiques si l'exposition est à faibles doses ( $< 0,2$  Gy) ou à faibles débits de dose ( $< 0,1$  Gy/h)
- Utilisation de la **dose efficace collective** si la population est assez grande, et si l'exposition est homogène (corps entier et non un organe), sinon, utiliser une **dose équivalente collective** à la thyroïde, à la moelle osseuse...

## Modalités de calcul de la DC **diffèrent** s'il s'agit d'évaluer des **niveaux d'exposition** ou des **effets sur la santé**

**Niveaux d'exposition** : éviter de calculer une dose unique empêchant d'apprécier la variation des doses individuelles et leur distribution → **segmenter la DC** en :

- regroupant des doses individuelles ne variant pas de plus de 1 ou 2 ordres de grandeur
- regroupant des périodes de temps ne variant pas de plus de 1 ou 2 ordres de grandeur
- se limitant à des durées de quelques siècles
- ne négligeant pas a priori les doses très faibles, mais en les regroupant en un segment spécifique (alternative au « de minimis »)

## Modalités de calcul de la DC **diffèrent** s'il s'agit d'évaluer des **niveaux d'exposition** ou des **effets sur la santé**

### Exemples :

- UNSCEAR calcule la DC liée aux rejets du cycle du combustible pour la population mondiale et sur 10 000 ans. Résultat 200 hSv sur 250 millions de personnes sans réelle signification : segmentation dans l'espace et dans le temps aurait apporté des informations plus utiles.
- Rapport AEN pour OSPAR calcule la DC liée au C14 sur 500 ans. Calcul sur une période plus longue aurait présenté des incertitudes excessives.
- DC liée au stockage des déchets HAVL n'a pas de sens car trop d'incertitudes. S'appuyer plutôt sur la dose individuelle dans un groupe de référence à divers horizons temporels.

Modalités de calcul de la DC **diffèrent** s'il s'agit d'évaluer des **niveaux d'exposition** ou des **effets sur la santé**

Préciser si la DC est calculée pour évaluer des **niveaux d'exposition** ou des **effets sur la santé**

**Effets sur la santé** : segmenter en respectant 3 conditions

- ne pas regrouper des doses individuelles représentant des risques différents (dose efficace, dose équivalente)
- ne pas calculer sur des périodes supérieures à quelques dizaines d'années
- considérer des groupes de population homogènes par l'âge ou le sexe

## Modalités de calcul de la DC **diffèrent** s'il s'agit d'évaluer des **niveaux d'exposition** ou des **effets sur la santé**

### Exemples :

- Rapport IPSN-InVS calcule l'excès de risque de cancer de la thyroïde en France à partir de la DC à la thyroïde reçue par 2 270 000 enfants entre 0 et 14 ans, en distinguant 4 catégories d'âge
- GRNC calcule le risque de leucémie pour 6 700 jeunes de 0 à 24 ans à partir de la dose équivalente collective à la moelle osseuse tronquée à l'âge de 25 ans, en distinguant plusieurs catégories d'âge

Le degré de fiabilité du calcul de la DC dépend de la méthode d'évaluation des doses individuelles : mesure directe, modélisation...

La segmentation de la DC doit tenir compte des méthodes d'évaluation, de façon à rendre compte des incertitudes, notamment.

- Les divers segments de la DC doivent être considérés séparément, exemples :
  - distinguer les segments de la DC population selon la distance à l'installation, la durée de l'exposition, la distribution en âge, etc.
  - distinguer les segments de la DC travailleurs selon la répartition des doses individuelles.
- Il est indispensable de connaître le nombre de personnes exposées, le niveau moyen d'exposition individuelle, les doses individuelles maximales.
- C'est la connaissance des divers segments et des incertitudes associées qui permet d'éclairer les décisions.