

La tolérabilité du risque radiologique

Ludovic Vaillant

GT CIPR

Paris, le 12 mai 2015

- La Publication 103 de la CIPR introduit une évolution majeure dans le système de radioprotection avec une nouvelle approche de la radioprotection basée sur les situations d'exposition.
- 3 situations d'exposition sont distinguées :
 - **Situation d'exposition existante** : les expositions résultent d'une source qui existe lorsque la décision de les contrôler est prise. La caractérisation de ces expositions est un pré-requis à leur contrôle.
 - **Situation d'exposition planifiée** : les expositions résultent de l'introduction et de l'exploitation délibérées d'une source. Ces expositions sont anticipées, planifiées et complètement contrôlées.
 - **Situation d'exposition liée à une urgence** : les expositions résultent de la perte de contrôle d'une source. Ces situations requièrent des actions urgentes et en temps opportun afin d'atténuer et de réduire les expositions.

- Pour les situations d'exposition planifiée, les valeurs numériques 'structurantes' du système de radioprotection, en particulier les limites d'exposition des travailleurs et du public (20 et 1 mSv.an⁻¹), sont globalement bien acceptées dans le contexte actuel.
- Dès lors que l'on n'est plus dans ce type de situations d'exposition - situation existante ou situation d'urgence -, les valeurs numériques proposées par la CIPR, sont discutées, voire contestées (Cf. accident de Fukushima).
- Afin d'apporter un éclairage sur les valeurs de dose qui structurent le système de radioprotection de la Publication 103, il est intéressant de revenir sur les Publications précédentes (26 et 60 en particulier) dans lesquelles ont été défini la rationalité qui fonde ces valeurs

Notion d'acceptabilité du risque dans le système de radioprotection - Pub. 26

- Publication 26 (1977) :
 - 'La finalité du système de radioprotection devrait être de prévenir les effets non stochastiques et de limiter la probabilité d'occurrence des effets stochastiques à des niveaux jugés acceptables'.
 - **Prévention des effets déterministes et optimisation des expositions pour les effets stochastiques**
 - 'La prévention des effets non stochastiques pourrait être réalisée via la mise en place de valeurs limites de dose de manière à ce qu'aucun seuil ne soit atteint, et ce même après une exposition vie entière ou durant toute la vie professionnelle'.
 - **Limitation des expositions.**
 - 'Les limites d'équivalent de dose recommandées par la Commission n'ont pas été définies pour s'appliquer aux situations naturelles d'exposition'.
 - **Système de protection pensé pour les pratiques.**

Notion d'acceptabilité du risque dans le système de radioprotection - Pub. 26

- Publication 26 (1977) - **Limite d'exposition des travailleurs** :
 - 'Il semble approprié de juger de l'acceptabilité d'un niveau de risque pour les pratiques conduisant à une exposition aux rayonnements ionisants en comparant le risque associé aux expositions avec le niveau de risque constaté pour d'autres types d'activité reconnus pour leur niveau élevé de sécurité, c'est-à-dire avec un taux de décès inférieur à 10^{-4} par an'.
 - 'Lors de la comparaison, il est nécessaire de garder à l'esprit que les valeurs comparées sont des moyennes sur une population de travailleurs. Le risque individuel est distribué autour de cette valeur en fonction (notamment) des spécialités de chaque travailleur'.
 - 'Dans la plupart des situations où le système de limitation des expositions a été appliqué, l'équivalent de dose moyen n'est pas supérieur au dixième de la limite annuelle. Le système confère donc un niveau de protection pour le travailleur moyen bien supérieur à celui correspondant à la limite'.

Notion d'acceptabilité du risque dans le système de radioprotection - Pub. 26

- Publication 26 (1977) - **Limite d'exposition du public** :
 - 'Un risque de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-5} par an apparaît acceptable pour un individu du public'.
 - 'L'hypothèse d'un détriment de l'ordre de 10^{-2} Sv⁻¹ impliquerait de limiter à 1 mSv par an l'exposition corps entier d'un membre du public. La Commission recommande une limite d'équivalent de dose de 5 mSv par an'.
 - 'L'application d'une limite annuelle d'équivalent de dose de 5 mSv est susceptible de résulter en un équivalent de dose moyen de 0,5 mSv par an'.
- L'approche telle qu'explicitée dans la publication 26 de la CIPR pour la fixation des limites est qualifié de : '**risk-based approach**'.

Notion de tolérabilité du risque dans le système de radioprotection - Pub. 60

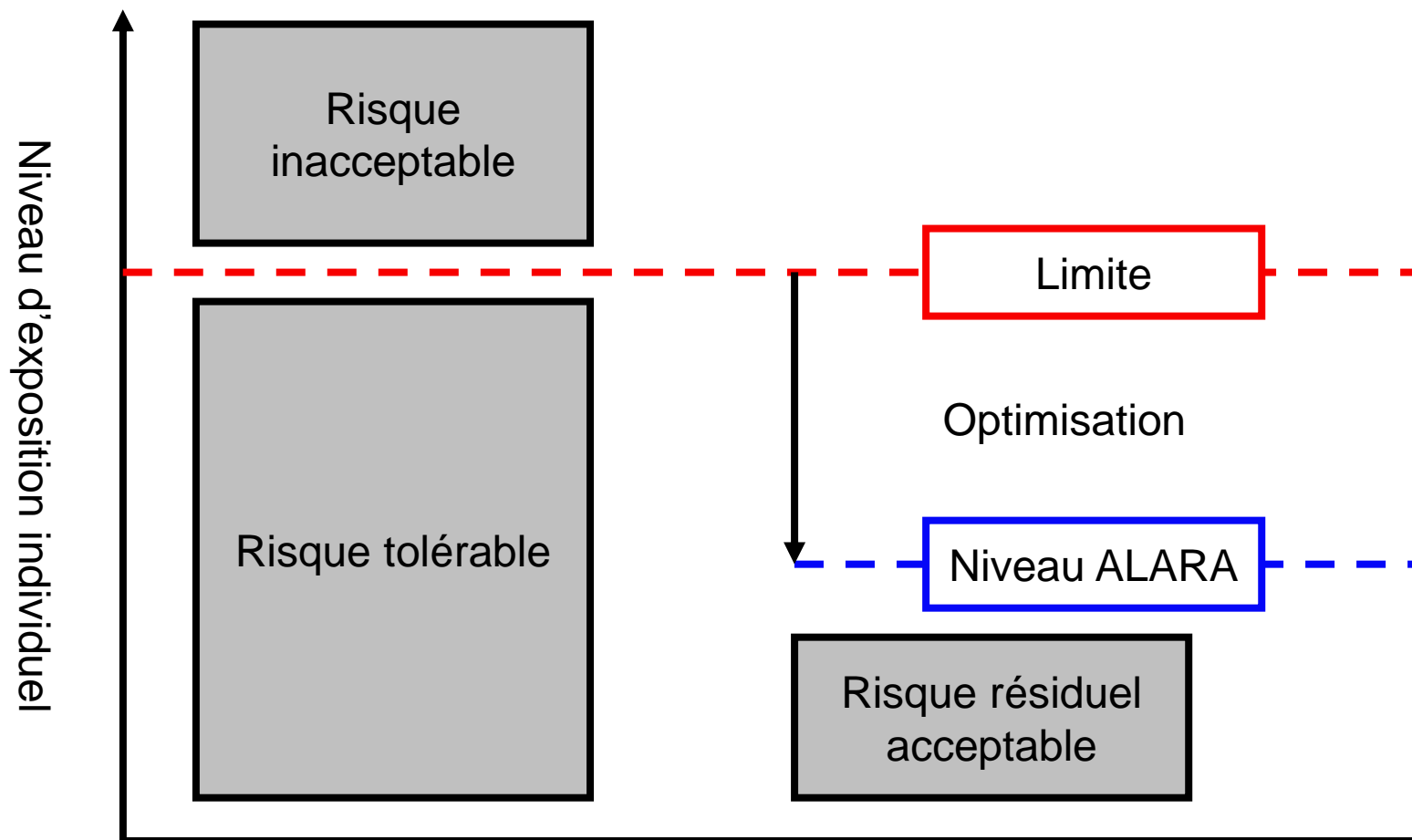
- La publication 60 de la CIPR s'appuie en particulier sur les références suivantes :
 - Risk Assessment, A Report of a Royal Society Study Group, 1983.
 - The Tolerability of Risk from Nuclear Power Stations, HSE, 1988 (Revised 1992).

- Introduction du modèle dit de la 'tolérabilité' qui repose sur les concepts de :
 - **Risque inacceptable** : 'The first word is "unacceptable", which is used to indicate that the exposure would, in the Commission's view, not be acceptable on any reasonable basis in the normal operation of any practice of which the use was a matter of choice. Such exposures might have to be accepted in abnormal situations, such as those during accidents',
 - **Risque tolérable** : 'Exposures that are not unacceptable are then subdivided into those that are "tolerable", meaning that they are not welcome but can reasonably be tolerated [...]'

Notion de tolérabilité du risque dans le système de radioprotection - Pub. 60

- Introduction du modèle dit de ‘tolérabilité’ qui repose sur les concepts de (suite) :
 - **Risque acceptable** : ‘ [...] and “acceptable”, meaning that they can be accepted without further improvement i.e. when the protection has been optimised’.
 - La Commission rappelle que les limites d’exposition ne sont applicables qu’au seul cas des pratiques (§ 122).
 - La Publication 60 se caractérise par le passage d’une approche ‘risk based’ à une approche ‘risk informed’ dans laquelle la quantification du détriment n’est que l’un des facteurs pour justifier les valeurs des limites de dose (**‘The definition and choice of dose limits involve social judgements’**).

Le modèle de tolérabilité du risque



The Tolerability of Risk from Nuclear Power Stations, HSE, 1988 (revised 1992)

- 'It seems reasonable to adopt a risk of death of around 1 in 1000 as the dividing line between what is just about tolerable as a risk to be accepted by any substantial category for any large part of a working life, and what is unacceptable for any but fairly exceptional groups'.
 - **Un risque de 10^{-3} par an constitue la frontière entre l'inacceptable et le tolérable.**

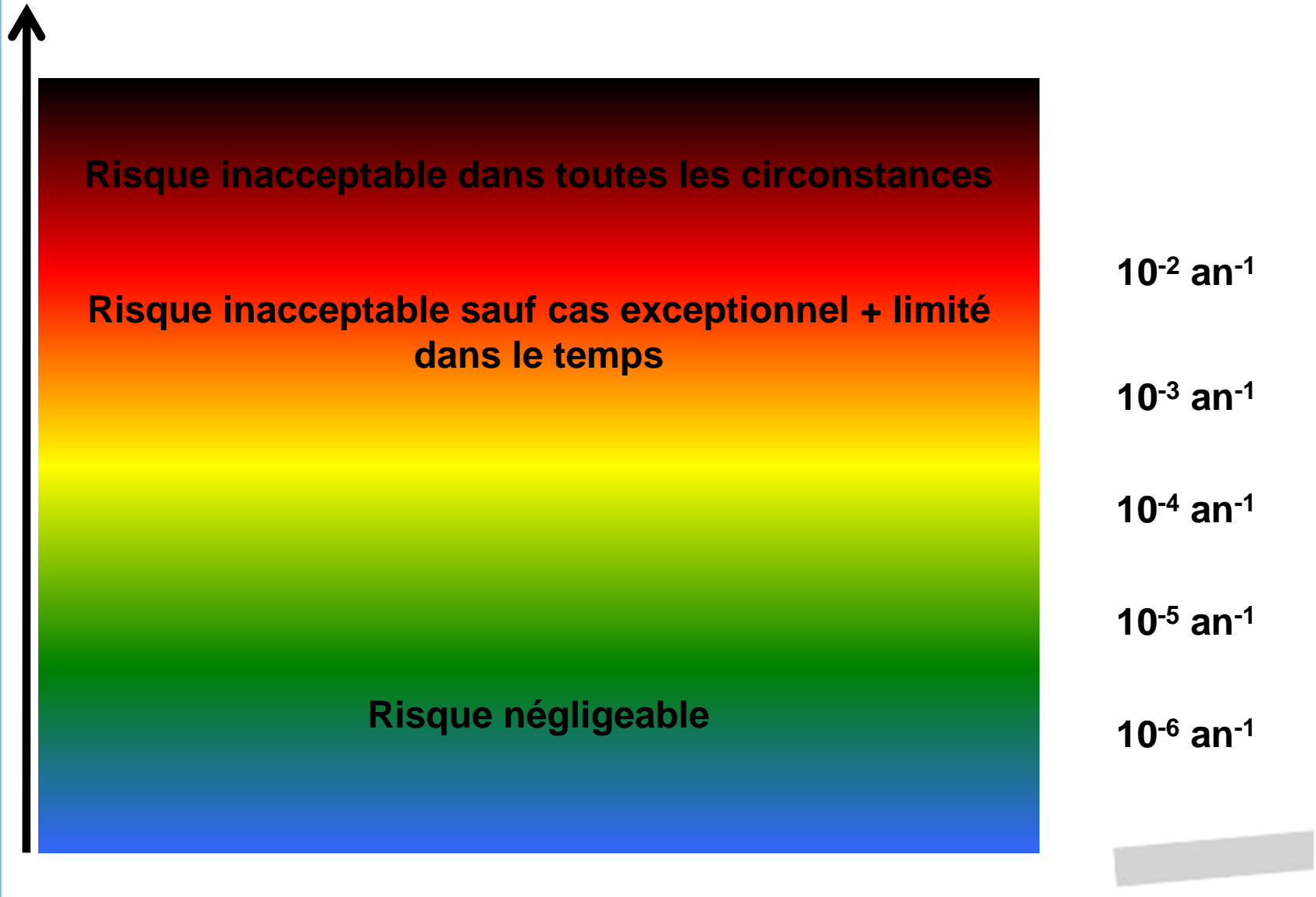
- 'If the maximum tolerable risk for any worker is set at around 1 in 1000 per annum, it seems clear that the maximum level that we should be prepared to tolerate for any individual member of the public from any single large scale hazardous plant, nuclear or other, could not be less than ten times lower, i.e. 1 in 10 000'.
 - **Le niveau de risque jugé tolérable pour le public est au moins 10 fois inférieur à celui pour les travailleurs, soit 10^{-4} par an.**

The Tolerability of Risk from Nuclear Power Stations, HSE, 1988 (revised 1992)

- 'Barnes proposed that the limit of acceptability of risk to individual members of the public from such plant should be set at 1 in 100000 per annum. In accordance, we propose to adopt a risk of 1 in 100 000'.
 - **La valeur haute d'un risque jugé acceptable pour le public est de l'ordre de 10^{-5} an⁻¹.**

- 'Having considered what might be regarded as levels of risk that are just tolerable or can be used as benchmarks we must now consider what might be a broadly acceptable risk to an individual dying from some particular cause, i.e. what is the level of risk below which, so long as precautions are maintained, it would not be reasonable to consider further improvements to standards if these involved a cost. This level might be taken to be 1 in a million per annum'.
 - **En dessous de 10^{-6} an⁻¹, le risque peut être considéré comme négligeable.**

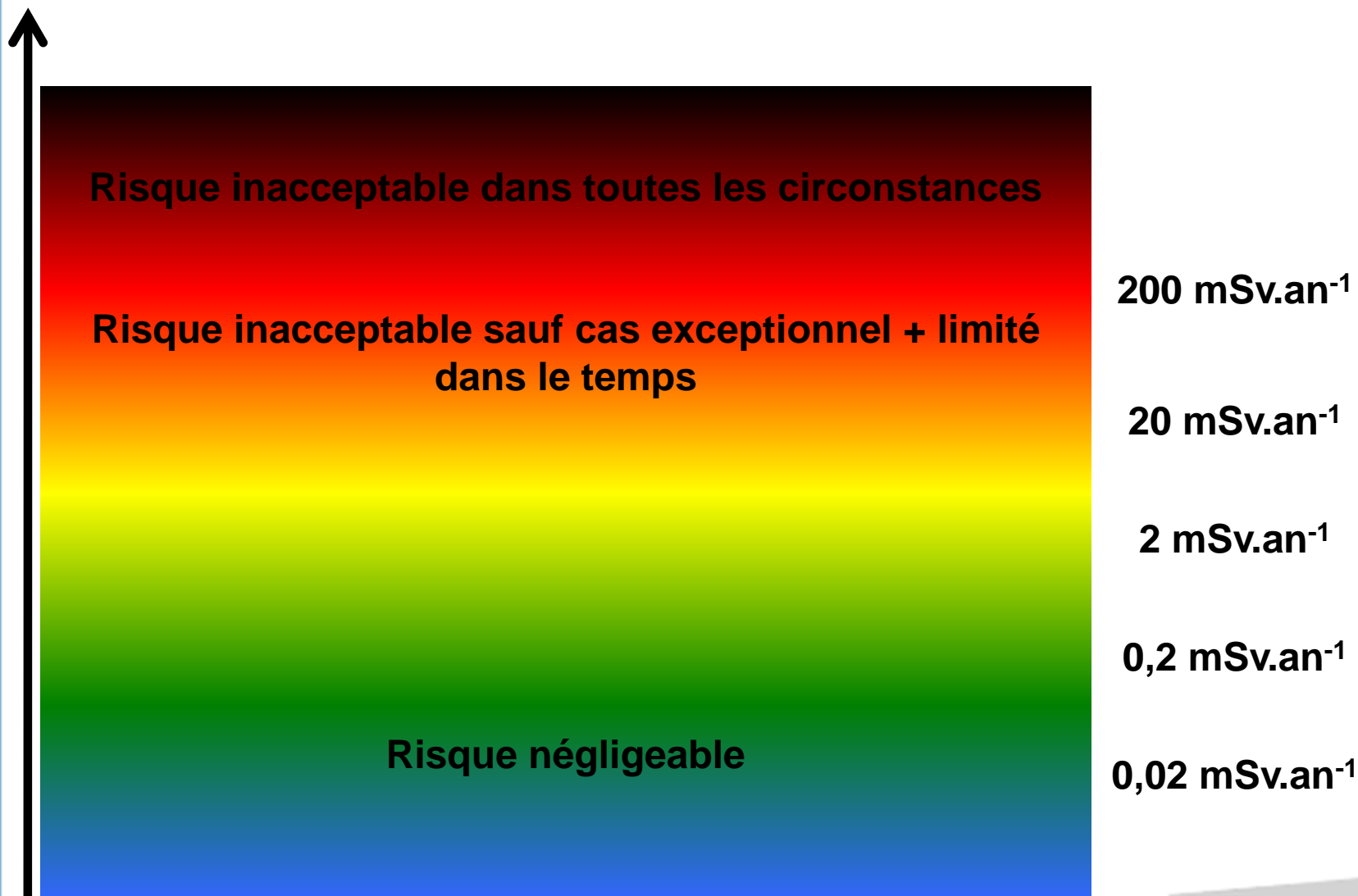
Echelle de risque basée sur l'analyse bibliographique - 1



La fixation des grandeurs structurantes

$$\text{Critère de dose annuelle [mSv.an}^{-1}\text{]} = \frac{\text{Niveau de risque [.an}^{-1}\text{]}}{\text{Coefficient dose – risque [mSv}^{-1}\text{]}}$$

Echelle de risque basée sur l'analyse bibliographique - 2



- L'analyse bibliographique fournit des grandeurs numériques exprimées sous forme de risque annuel de décès qui peuvent être utilisées pour aiguiller le choix de valeurs numériques structurantes pour les différentes situations d'exposition, en distinguant les catégories travailleurs et public.

- Extraits de la Publication 103 :
 - (38) **The probabilistic nature of stochastic effects and the properties of the LNT model make it impossible to derive a clear distinction between ‘safe’ and ‘dangerous’, and this creates some difficulties in explaining the control of radiation risks. The major policy implication of the LNT model is that some finite risk, however small, must be assumed and a level of protection established based on what is deemed acceptable.**
 - (112) The protection quantities are used to specify exposure limits to ensure that the **occurrence of stochastic health effects is kept below unacceptable levels and that tissue reactions are avoided.**
 - (230) A dose constraint is a prospective and source-related restriction on the individual dose from a source in planned exposure situations [...] During planning it must be ensured that the source concerned does not imply doses exceeding the constraint. **Optimisation of protection will establish an acceptable level of dose below the constraint.** This optimised level then becomes the expected outcome of the planned protective actions.

- Extraits de la Publication 103 :
 - (236) At doses higher than 100 mSv, there is an increased likelihood of deterministic effects and a significant risk of cancer. **For these reasons, the Commission considers that the maximum value for a reference level is 100 mSv incurred either acutely or in a year.** Exposures above 100 mSv incurred either acutely or in a year would be justified only under extreme circumstances.
 - (242) A necessary stage in applying the principle of optimisation of protection is the selection of an appropriate value for the dose constraint or the reference level. **The first step is to characterise the relevant exposure situation in terms of the nature of the exposure, the benefits from the exposure situation to individuals and society, as well as other societal criteria, and the practicability of reducing or preventing the exposures.**

- Absence de critère ‘universel’ permettant de juger du caractère acceptable d’une exposition :
 - La fixation d’un critère dosimétrique (niveau de référence ou contrainte de dose) dans une optique de gestion du risque radiologique dépend fondamentalement des caractéristiques de la situation d’exposition,
 - **Le caractère acceptable d’une exposition est également lié à la ‘posture’ des individus exposés vis-à-vis de cette situation d’exposition** : idéalement, la démarche doit impliquer les individus exposés.
- Dans ce contexte : les grandeurs structurantes proposées par la CIPR (1, 20 et 100) sont des valeurs guides dans le choix d’un niveau de risque acceptable atteint à l’issue de la démarche d’optimisation.

Caractérisation de la posture des individus exposés : le modèle QVR

- La posture des individus au regard d'une situation d'exposition peut être qualifiée comme suit (1/2) :
 - **Quiétude** : les individus ne se soucient pas du risque, voire l'oublie, et font confiance aux mesures mises en place afin de contrôler la situation et aux acteurs en charge de ce contrôle.
 - Exposition d'un membre du public en situation d'exposition planifiée.
 - **Vigilance** : les individus font montre d'une préoccupation par rapport au risque, voire une forme de défiance et de suspicion que quelque chose pourrait ne pas être 'normal'. En présence d'un risque avéré, ils agissent afin de maintenir le risque à un niveau acceptable.
 - Exposition professionnelle d'un travailleur en INB,
 - Exposition d'un membre du public en situation d'exposition existante.

Caractérisation de la posture des individus exposés : le modèle QVR

- La posture des individus au regard d'une situation d'exposition peut être qualifiée comme suit (2/2) :
 - **Réaction** : lorsqu'ils font face à un danger imminent ou sont impliqués dans une situation d'urgence, les individus agissent afin de se protéger ainsi que leur proches.
 - Exposition liée à un accident nucléaire.

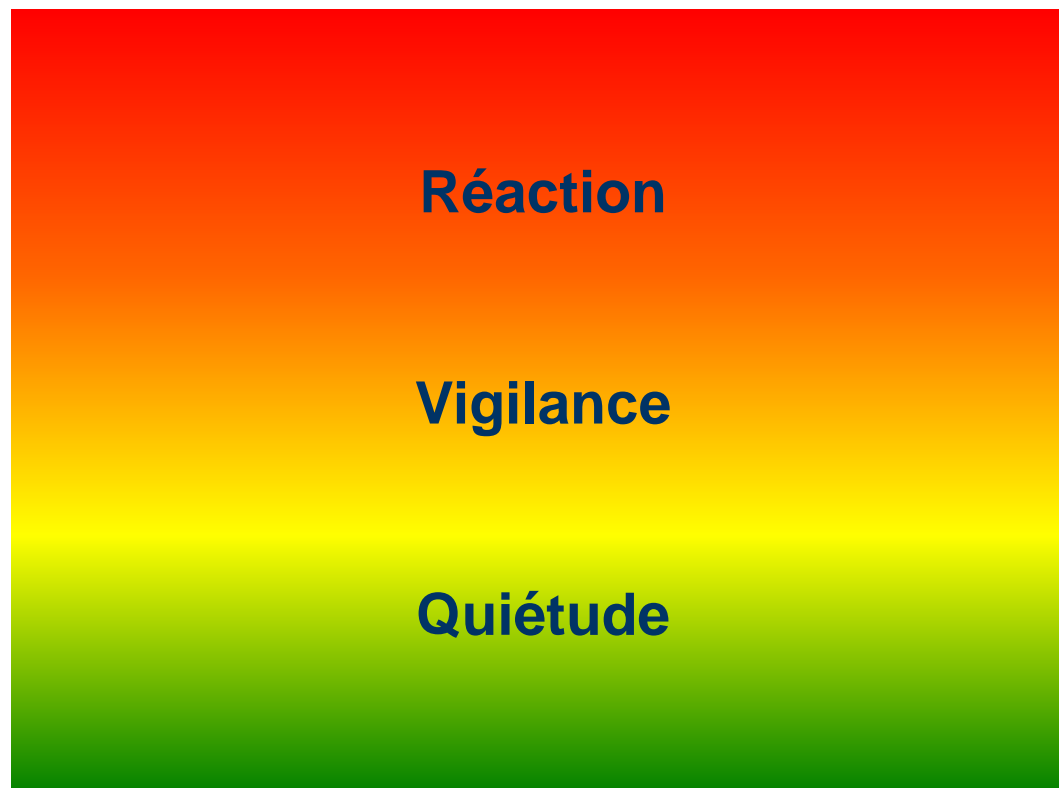
Application du modèle QVR Situation d'exposition planifiée - Public

- Gestion des expositions du public associées aux rejets de substances radioactives des installations nucléaires :
 - Objectif :
 - Minimiser les rejets et favoriser le confinement et la concentration des substances radioactives.
 - Moyens :
 - Décroissance radioactive,
 - Passage sur évaporateur des effluents primaires (recyclage),
 - Etc.
 - Démarche de progrès s'appuyant sur :
 - Le retour d'expérience,
 - Les améliorations techniques,
- L'impact radiologique est de l'ordre de quelques $\mu\text{Sv.an}^{-1}$. En cas de rejets incidentels (hors situation accidentelle), renforcement de la vigilance.

Application du modèle QVR

Situations d'exposition planifiée - Public

Dose



Réaction

1 mSv.an-1

Vigilance

0,01 mSv.an-1

Quiétude

Application du modèle QVR

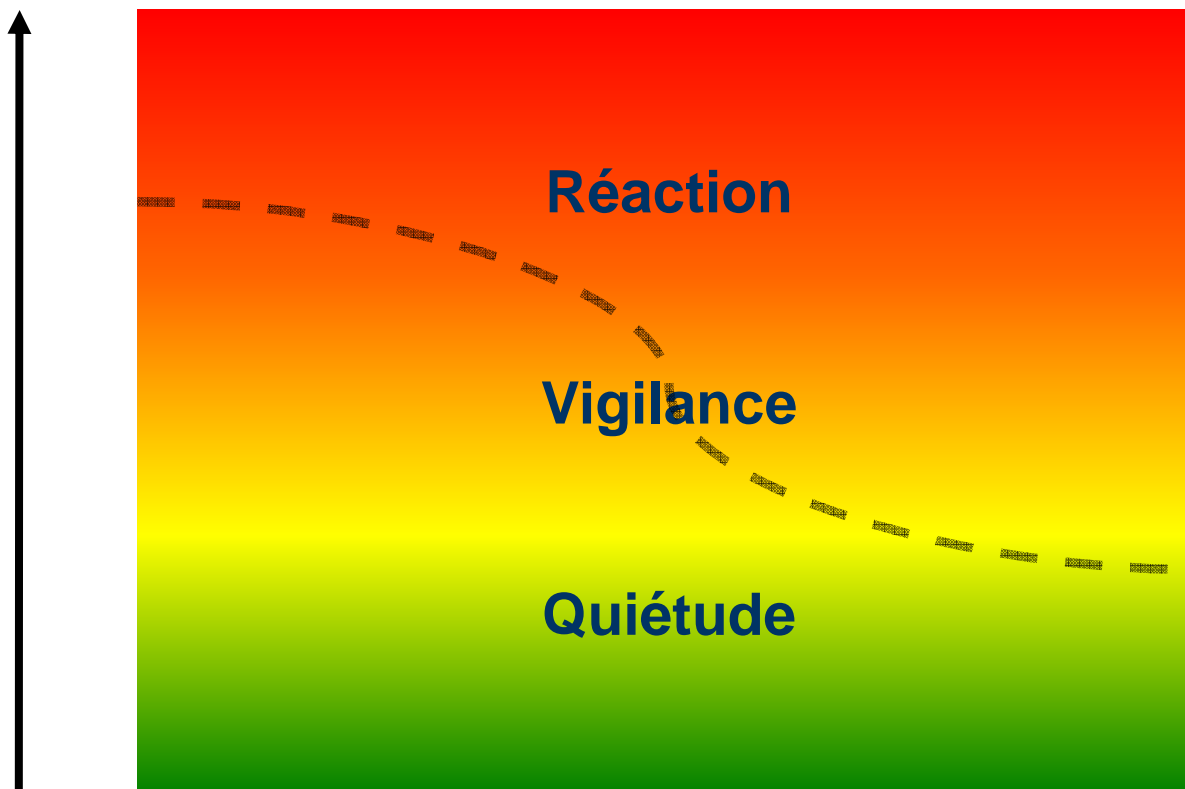
Cas des situations d'exposition existante

- Gestion des situations d'exposition existante :
 - Objectif :
 - Viser à moyen terme un retour vers un niveau d'exposition jugé acceptable, 1 à quelques mSv en fonction des caractéristique de la situation d'exposition.
 - Moyens :
 - Concertation,
 - Information et culture,
 - Autoprotection.
- La vigilance des individus est nécessaire. Importance de la culture de radioprotection/information et du 'temps' afin de 'diminuer' les expositions et tendre vers la quiétude.

Application du modèle QVR

Cas des situations d'exposition existante

Dose



20 mSv.an-1

1 mSv.an-1

Temps

- Publication 103 :
 - Cohérente globalement avec l'échelle de risque précédemment proposée à l'exception de la valeur de 100 mSv.an-1 qui 'remplacerait' le 200 mSv.an-1.
 - Importance des caractéristiques de la situation d'exposition dans le choix des grandeurs dosimétriques guidant le processus d'optimisation.
 - Importance (nécessité) de l'implication des individus exposés dans le processus d'optimisation et la définition d'un niveau de risque jugé acceptable.

- Un même niveau de risque peut être jugé acceptable ou pas en fonction des caractéristiques de la situation d'exposition (becquerel artificiel versus becquerel naturel).