



Le sens de la mesure

P.Y. Hémidy

EDF/DPI/DPN/UNIE-GPRE, 1 place Pleyel, 93282 Saint-Denis

J.C. Barescut

IRSN, 31, avenue de la Division Leclerc, 92260 Fontenay-aux-Roses

M. Calvez

CEA/MR/DPSN/SPHE, 18 route du Panorama, BP6, 92265 Fontenay-aux-Roses Cedex

P. Devin

AREVA/D3SDD, 33 rue La Fayette, 75 442 Paris Cedex 09



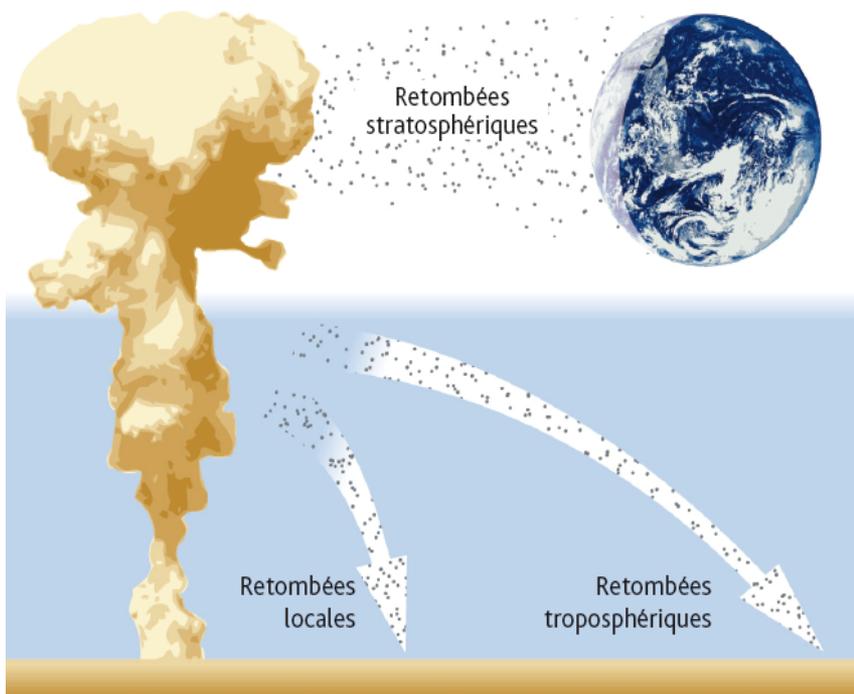
Introduction (1)



- Depuis l'antiquité, l'homme mesure pour prendre une décision juste et idéalement pour :
 - Définir ce qui se passe,
 - Décrire des différences,
 - Prédire des changements,
 - Apporter des explications, etc...
- La mesure est aujourd'hui partout, dans tous les secteurs d'activité
 - Biologie** : rythme cardiaque, pouls, NFS, Ionogramme ...
 - Économie** : PNB, PIB, taux de chômage, indice boursier, ...
 - Loisirs** : évaluation de la performance sportive, cote d'un film, audimat, ...
 - Éducation** : notes, tests de classification, ...
 - Histoire** : datation, ...
 - Industrie** : dans le secteur « Nucléaire », les **mesures de radioactivité** peuvent concerner des sources, des circuits d'effluents, des rejets et bien sûr l'environnement notamment pour satisfaire des besoins de surveillance à proximité d'une installation nucléaire ainsi que des activités de R&D.

Introduction (2)

Si le fond radioactif ambiant est dominé par la radioactivité naturelle (^{40}K , ^{232}Th , ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U et de leurs descendants, sans oublier ^3H , ^{14}C , ^{85}Kr , ^7Be , ^{22}Na créés par interaction des rayonnements cosmiques avec les éléments de l'atmosphère), des éléments radioactifs artificiels sont également présents dans l'environnement, essentiellement attribuables à l'héritage du passé (essais engins nucléaires).



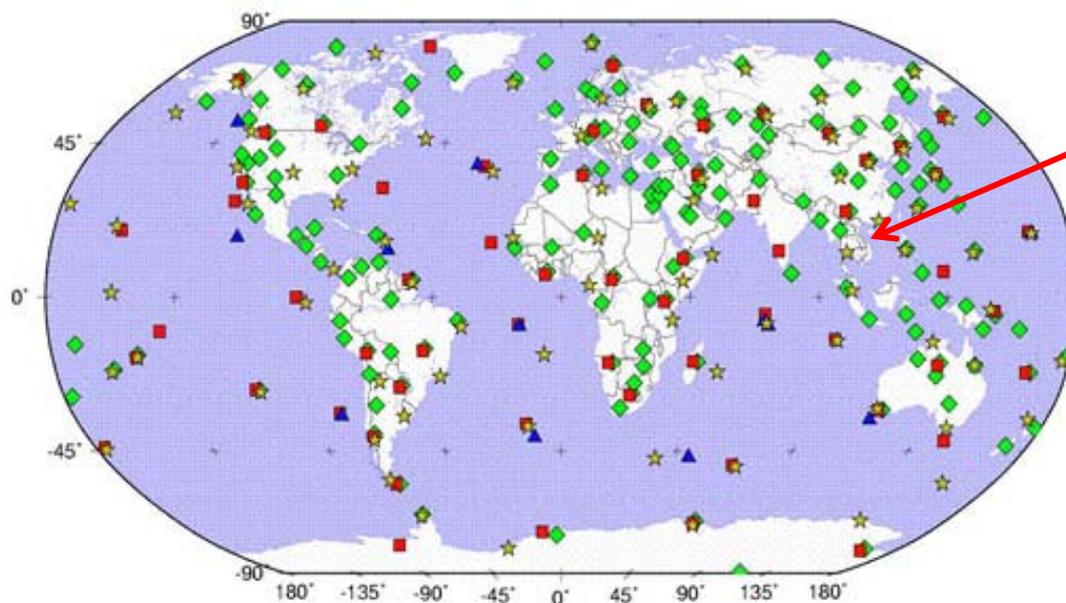
Stratosphère

Troposphère

➔ ce qui a conduit les militaires à être des pionniers de la mesure environnementale fine, les radionucléides présents dans les retombées étant notamment de bons indicateurs du potentiel des engins testés.

Introduction (3)

Aujourd'hui encore, les mesures de radioactivité de l'environnement sont des moyens de choix pour repérer des installations (*non déclarées?*) de fabrication de matières fissiles ou encore pour détecter les essais nucléaires.



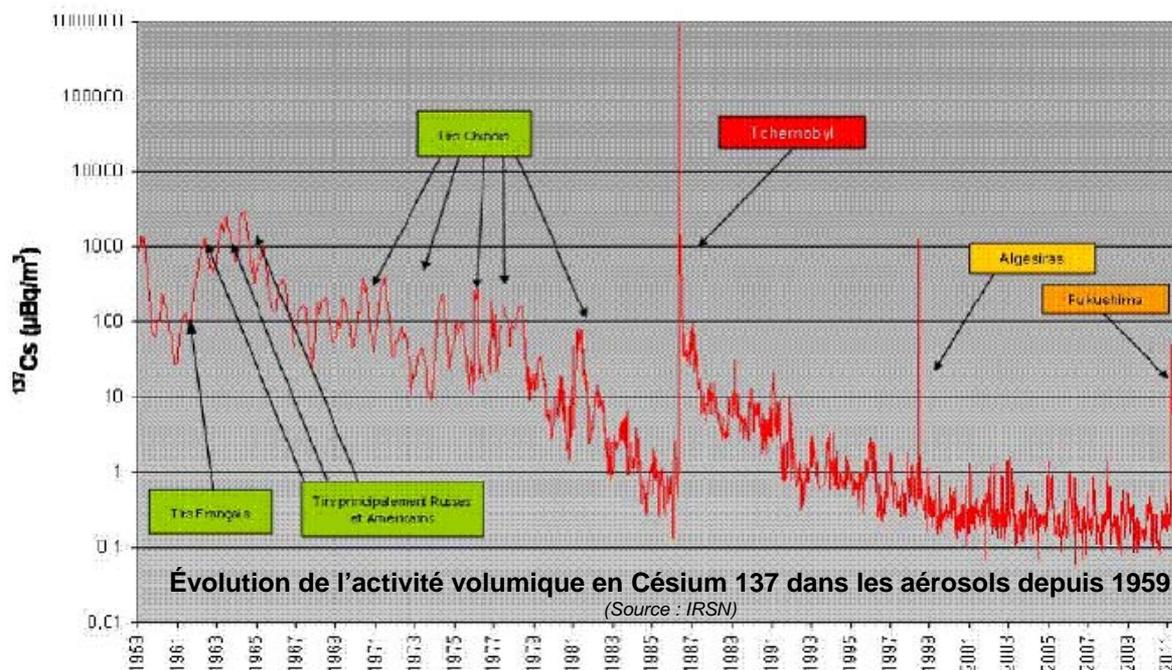
Système de Surveillance Internationale (SSI)



* Le SSI est destiné à permettre la détection, la localisation de tout essai nucléaire supérieur à une kilotonne, en tout point du globe et quel que soit le type de tir. Ce réseau est composé de **321 stations de détection** réparties sur toute la planète. Le SSI comprend **4 types de stations** qui diffèrent par la technique de détection utilisée : 170 stations sismiques, 80 stations radionucléides, 60 stations infrasons, 11 stations hydroacoustiques.

La surveillance de l'environnement : un réel besoin de mesures

Si la contribution d'évènements plus récents peut s'ajouter au fond radioactif ambiant, ces derniers s'observent principalement à une échelle locale. Passée la phase aigüe, la radioactivité décroît, se redistribue au sein des différents compartiments de l'environnement compliquant surveillance / interprétation / niveau de performance analytique requis qui ne doit cependant pas être dissocié des objectifs de la mesure.



En matière de surveillance de l'environnement, si le besoin de mesures est une évidence, la qualité & la quantité des mesures ainsi que le niveau de performance analytique adapté à l'objectif sont à clarifier.

En fonction des objectifs de la mesure de radioactivité de l'environnement,

➔ deux grands pôles distincts mais complémentaires :

① OPERATIONNEL - ROUTINE



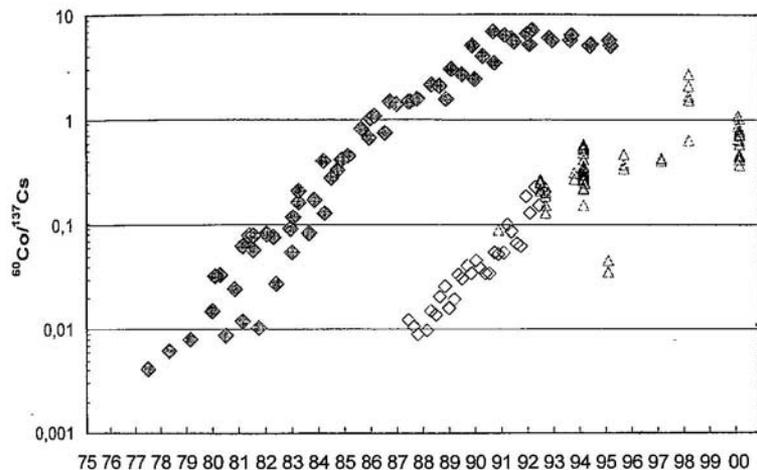
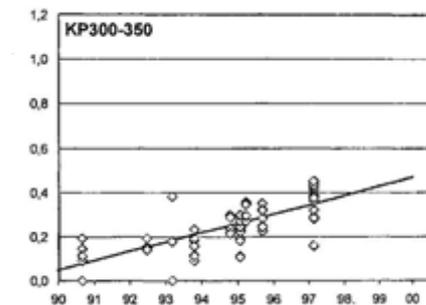
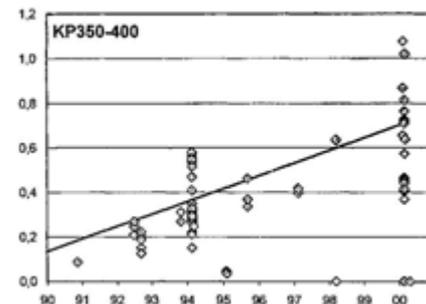
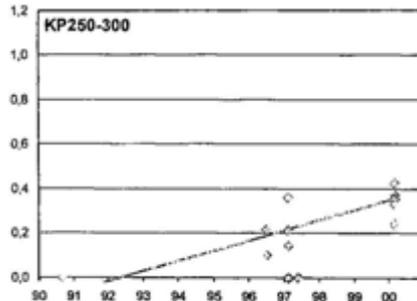
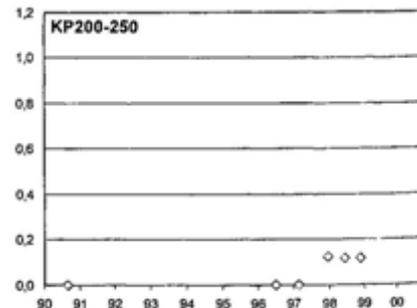
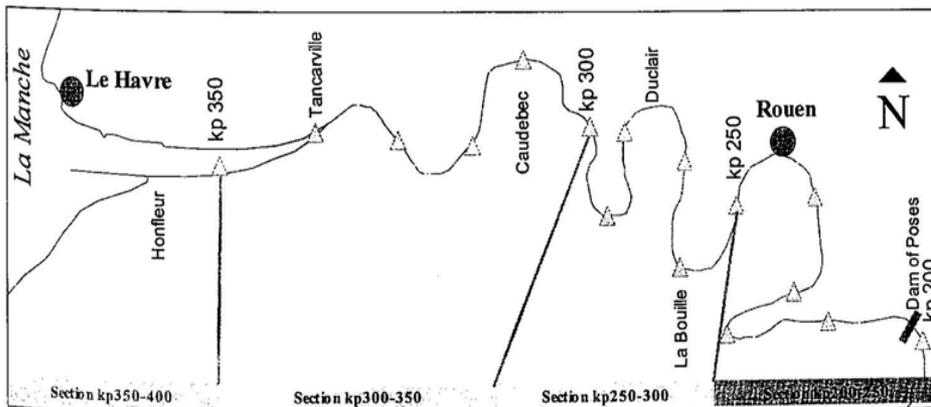
dont l'objectif des mesures est de vérifier, à proximité d'une installation nucléaire, la conformité de la situation radiologique de l'environnement à l'attendu compte tenu de sa conception, de la connaissance de l'état radiologique initial et de son évolution dans le temps, des autorisations de rejets accordées, et de la contribution d'événements passés.

② EXPERTISE - R&D



dont l'objectif est, par la mesure et/ou l'emploi de modèles (\pm complexes), de contribuer à comprendre / expliquer le devenir environnemental des radionucléides, leurs redistribution au sein des différents compartiments, de s'interroger, d'investiguer quand l'observation n'est pas conforme à l'attendu (-> *fonctionnement de l'environnement ?*).

Comprendre et modéliser 1 : Cas 1 du ^{60}Co de La Hague et de l'usine de Winfrith remontant légèrement et dans des quantités extrêmement faibles le cours de la Seine jusqu'à Rouen.



- ◆ Roads of Cherbourg (sediment cores)
- △ Seine estuary (surface sediments)
- ◇ Seine estuary (sediment core)

- Il faut se creuser la tête
- Ne pas comprendre = besoin de beaucoup de mesures
- Comprendre = on peut être plus économe en mesure
- Comprendre = modéliser = qualitatif ou coin de table ou (exceptionnellement) grand code

Le contexte sociétal : un réel besoin de mesure ?

Si le spécialiste peut considérer comme superflu voire inutile de mesurer une activité en bout de chaîne quand il peut l'estimer à partir de ce qui est injecté dans le système (Ex. : mesure dans le lait qu'une mère pourrait donner à son enfant) .



Le public en revanche, préfère de loin des mesures simples et compréhensibles à des valeurs obtenues indirectement.



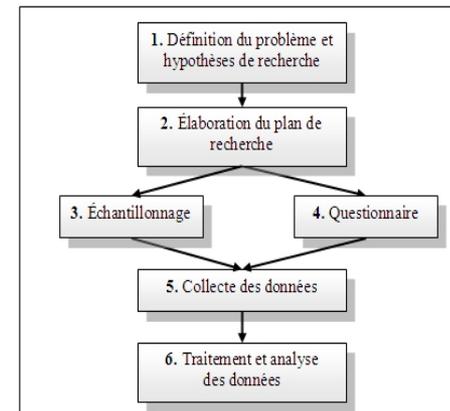
Associé au fait qu'en matière de radioactivité, l'idée la plus répandue est que même si on ne voit pas d'effet il peut y en avoir un, cela entraîne :

- ✓ Une intensification des efforts de mesures (*injustifiée scientifiquement*),
- ✓ Un « besoin » de mesurer toujours plus et plus bas (*injustifiée au regard de l'objectif et/ou de l'impact*).

Mesurer plus et toujours plus bas a peut-être des vertus « apaisantes », mais est-ce bien la réponse à ce qui semble être une demande d'explication / interrogation sur les risques ?

La mesure pour comprendre les phénomènes : Une motivation fondamentale

Une démarche classique en science : Le chercheur émet des hypothèses, en déduit ce qui devrait être observé si ces hypothèses étaient valides et les teste en confrontant l'observé (*i.e. : le mesurande*) et l'attendu.



Lorsqu'il n'y a plus de divergence et qu'un certain consensus est atteint dans la communauté scientifique, les hypothèses peuvent être considérées comme valides et intégrées dans des modèles qui peuvent alors fournir des explications et des prévisions à des fins opérationnelles. Ils pourraient aussi réduire le besoin de mesure lorsqu'il existe des liens forts entre des paramètres faciles à mesurer et d'autres moins faciles.

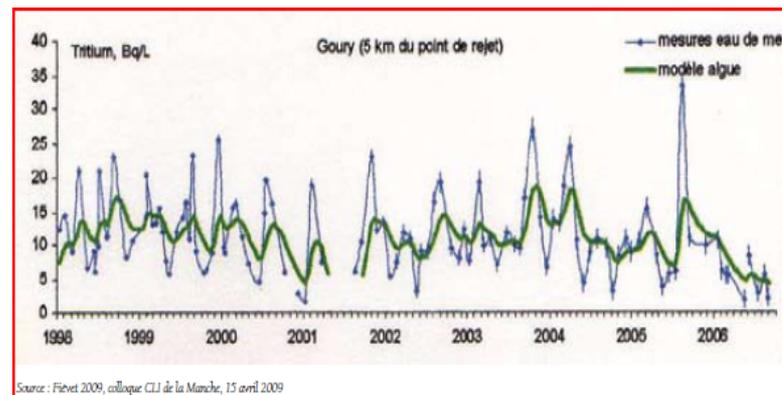
La mesure à des fins de surveillance est indispensable, mais disposer de modèles à même de fournir des explications et des prévisions à des fins opérationnelles permettrait de :

- 1. Concentrer les efforts sur ce qui mérite réellement d'être mesuré en routine,**
- 2. Rationaliser les coûts** (*ie : plus de mesures inutiles ou d'intérêt discutable scientifiquement*)
- 3. Répondre de manière plus appropriée à l'attente du public.**

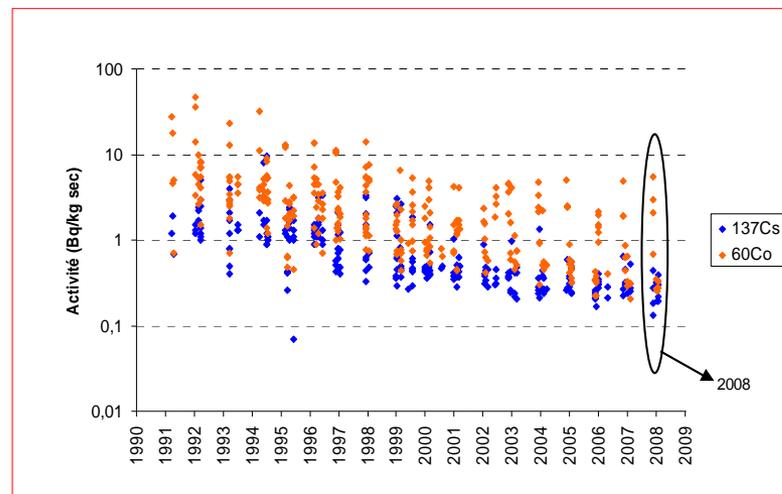
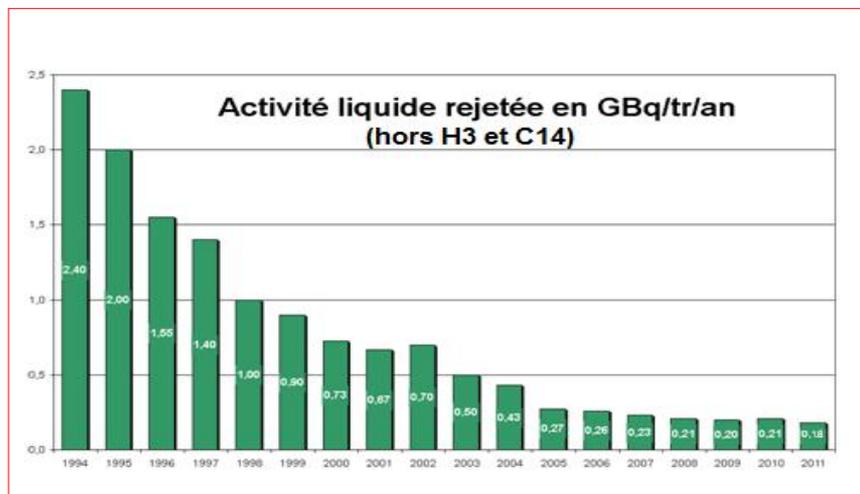
Les bio-indicateurs pour optimiser la mesure

La surveillance d'un écosystème est complexe à appréhender. Avec une bonne connaissance du fonctionnement du système physique et des écosystèmes, l'utilisation de bio-indicateurs (*d'accumulation vs d'effet ou d'impact*) peut s'avérer utiles à condition qu'ils puissent renseigner sur l'état et le fonctionnement de l'écosystème observé.

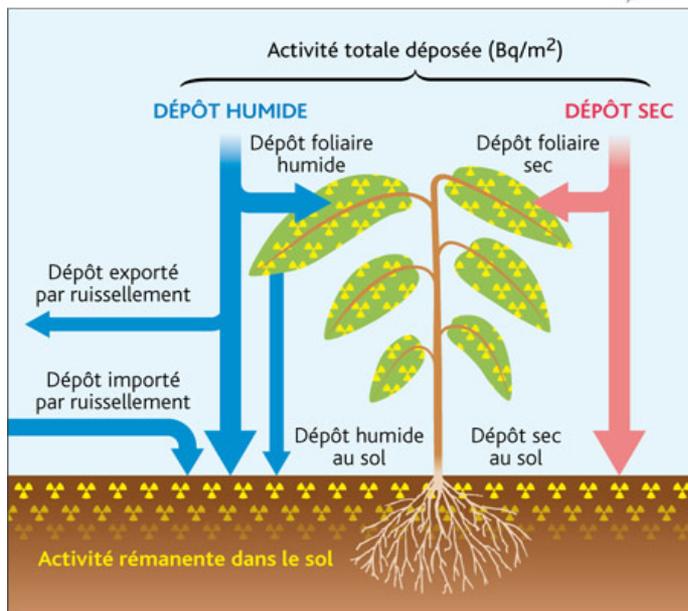
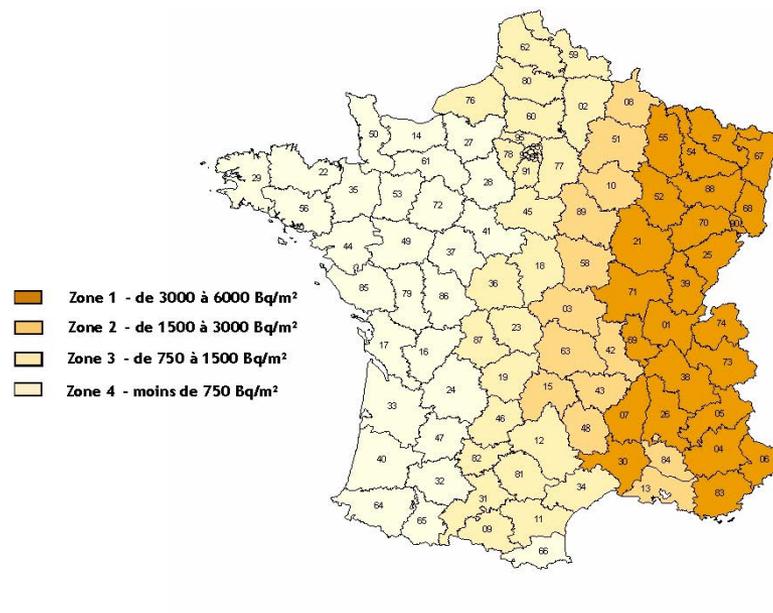
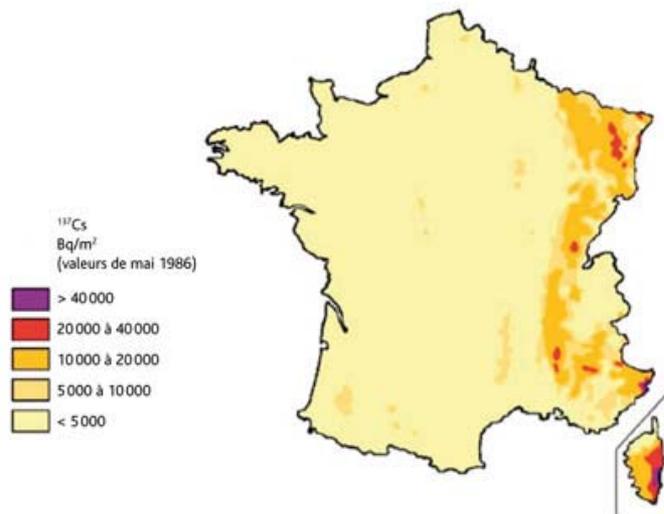
Exemple 1 : Le tritium libre dans les algues est une donnée pertinente pour connaître la donnée tritium libre dans l'eau de mer.



Exemple 2 : Cas des fucus en Manche où le bénéfice de la baisse des rejets liquides des CNPE sur l'activité massique est bien visible.



Mais des lacunes dans la connaissance du système peuvent aboutir à des conclusions erronées : Cas des retombées de Tchernobyl en France.



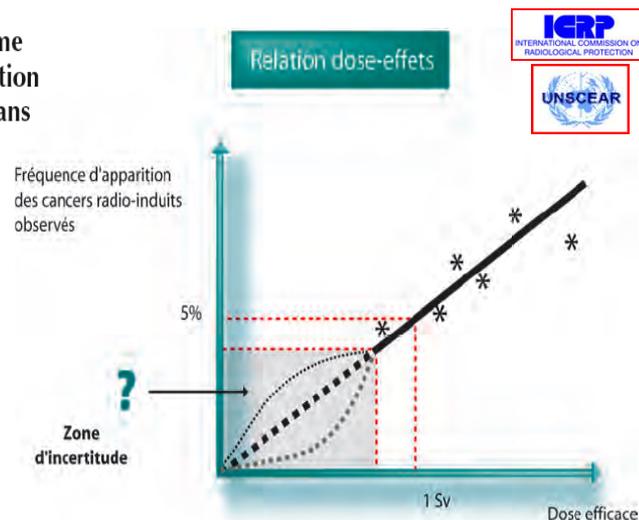
- Biodisponible # total
- Biodisponible / total évolue
- Modèles explicatifs/prédictifs
- Indispensables et non triviaux

Surveillance de l'environnement et relation linéaire sans seuil (RLSS)

La RLSS, application directe du principe de précaution, est une relation importante en radioprotection qui fait l'hypothèse que les risques sont proportionnels aux doses reçues.

→ Conséquence(s) : un risque qui demeure même si la dose est très faible (*controverses*) contribue à alimenter l'idée que même si on observe rien il peut y avoir un effet. Dans un contexte de pression sociétale croissant, ces éléments semblent ne pas être sans conséquences sur le nombre de mesures à réaliser ainsi que sur les performances attendues de la surveillance de l'environnement.

Diagramme de la relation linéaire sans seuil



Les mesures réalisés par les exploitants dans le cadre de la surveillance réglementaire n'ont pas pour objectif de répondre à cette problématique. Calées sur l'hypothèse faisant consensus (RLSS), les méthodes intégratrices (filtres aérosols, barboteur tritium, bio-indicateurs pertinents...) actuellement en place sur les sites sont adaptées aux besoins et les performances répondent aux objectifs, c'est-à-dire la surveillance de routine de l'environnement d'une installation autorisée à effectuer des rejets dont les contrôles obéissent à une réglementation stricte.

Mesures environnementales & bio-monitoring humain pour une synergie politique de santé / protection de l'environnement

Quotidiennement, nous sommes exposés à une multitude de substances via notre environnement. Le **Bio-Monitoring Humain*** (BMH) est un outil d'identification, de contrôle et de prévention de l'exposition des populations aux substances chimiques. Il est basé sur l'analyse de tissus ou liquides organiques pour évaluer l'exposition humaine à ces substances et leur(s) « effet(s) » sur la santé.



Exemple : Mesurer la concentration en Pb dans le sang chez une personne ou un groupe de personnes et y associer des données toxicologiques et épidémiologiques peut permettre de tirer des conclusions les conséquences possibles sur la santé.

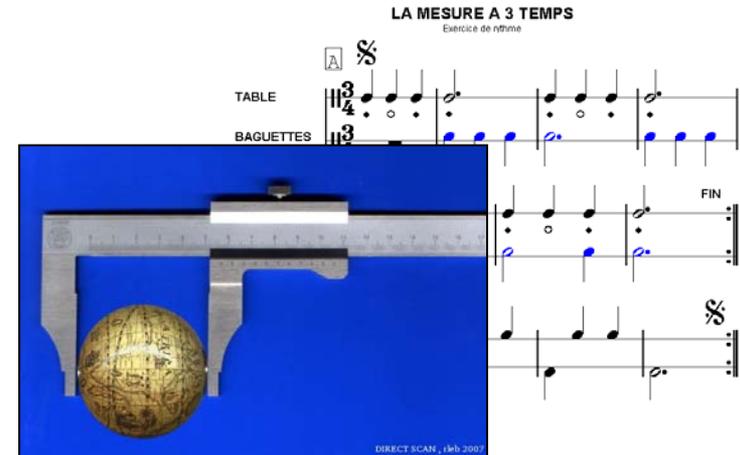
Dans le domaine de la chimie, des programmes nationaux sont actuellement menés aux USA, Canada et plus récemment en Europe notamment dans le cadre du Plan d'Action Environnement-Santé 2004-2010 (*études en Allemagne, Belgique, France*).

La diversification alimentaire faisant que nous sommes un excellent indicateur des « concentrations » ambiantes de la biomasse à grande échelle, le BMH ne pourrait-il pas être envisagé vis-à-vis de la radioactivité ?

* Expologie

Conclusions

La mesure et l'amélioration des techniques de mesure ne sont qu'un moyen pour surveiller la radioactivité de l'environnement et les données obtenues ne valent que par leur potentiel d'utilisation, lui-même dépendant de schémas explicatifs et prédictifs de qualité.



Les rejets des installations ayant atteints des niveaux plancher, accumuler des mesures ne peut pas être la réponse unique à une demande (pression ?) sociétale qui peut s'apparenter à l'expression d'une inquiétude ou d'un doute. Il conviendrait d'être en mesure de donner des explications compréhensibles et convaincantes. C'est en matière de compréhension de l'environnement qu'il faut des avancées permettant de mieux orienter les efforts et l'utilisation des ressources.

En fonction des objectifs, cela suppose une vraie partition des mesures, un bon équilibre entre des mesures de surveillance (routine) utiles à l'exploitant pour confirmer la maîtrise des rejets /impacts et des mesures plus fines dites d'expertise à même d'apporter des éléments de compréhension du comportement et du devenir des radionucléides dans l'environnement, données à même d'alimenter et faire progresser les modèles.

« Une fois qu'on a dépassé la mesure,
il n'y a plus de limite »

Euripide

Dramaturge grec, 485-406 av. JC

Merci de votre attention