

Les conséquences écologiques de l'accident de Tchernobyl

Un sujet toujours controversé

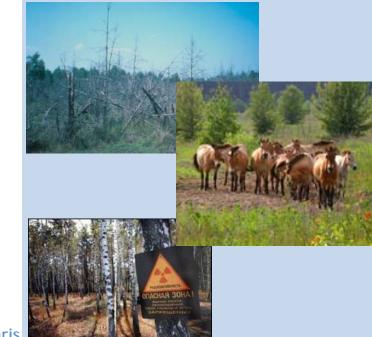
Faire avancer la sûreté nucléaire

- J.Garnier-Laplace, C. Adam-Guillermin
- K. Beaugelin-Seiller, J.M. Bonzom,
- C. Lecomte, T.Hinton

IRSN - Pôle Radioprotection Environnement Déchets Crise

Service de recherche et d'expertise sur les risques environnementaux (SERIS)

prenom.nom@irsn.fr



Ecotoxicologie, Radioécologie- Journées SFRP des 19 & 20 juin 2012, Paris

Last Updated: Thursday, 20 April 2006, 05:55 GMT 06:55 UK

E-mail this to a friend

Printable version

Wildlife defies Chernobyl radiation

By Stephen Mulvey BBC News

It contains some of the most contaminated land in the world, yet it has become a haven for wildlife - a nature reserve in all but name.

The exclusion zone around the Chernobyl nuclear power station is teeming with life.

As humans were evacuated from the area 20 years ago, animals moved in. Existing populations multiplied and species not seen for decades, such as the lynx and eagle owl, began to return.

There are even tantalising footprints of a bear, an animal that has not trodden this part



30 July 2010 Last updated at 16:00

f 🕒 🤇 í

Chernobyl zone shows decline in biodiversity

By Victoria Gill Science reporter, BBC News



Scientists say contamination in the Chernobyl exclusion zone has affected biodiversity

The largest wildlife census of its kind conducted in Chernobyl has revealed that mammals are declining in the exclusion zone surrounding the nuclear power plant.

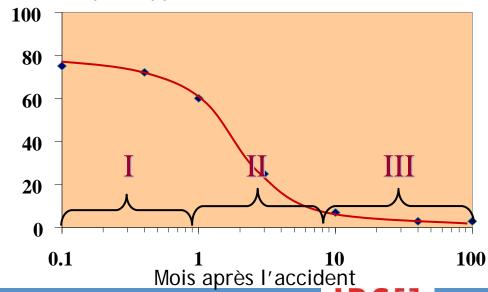
The study aimed to establish the most reliable way to measure the impact on wildlife of contamination in the zone.

It was based on almost four years of counting and studying animals there.

Trois phases d'exposition différentes des organismes vivants et d'observation d'effets variés sur les espèces vivant dans la zone d'exclusion

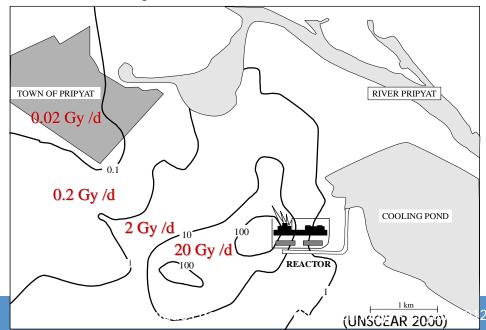
- Les organismes vivants ont été exposés à différents radionucléides
- Enorme hétérogénéité spatiale des dépôts et des paramètres environnementaux gouvernant la dynamique d'évolution des concentrations en radionucléides dans les habitats et les organismes
- L'accident s'est produit au moment d'un "pic" métabolique, début du printemps
- Phase I : 20 à 30 premiers jours dite phase aiguë
- Phase II : jusqu'à la saison printanière suivante dite phase transitoire
- Phase III : jusqu'à nos jours dite phase chronique

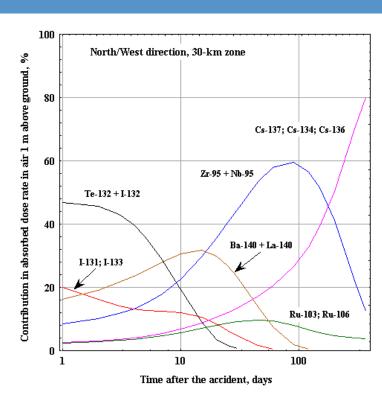
Débit de dose par rapport au débit de dose initial (%)



Phase I - Exposition

- Caractérisée par une grande quantité de RNs à vie courte ⁹⁹Mo; ¹³²Te/I; ¹³³Xe; ¹³¹I; ¹⁴⁰Ba/La
- Débit de dose γ allant jusqu'à 20 Gy/j
- Débits de dose dûs aux émetteurs β ponctuellement plus élévés
- Ratio β/γ de l'ordre de 6
- Doses à la thyroïde très élevées

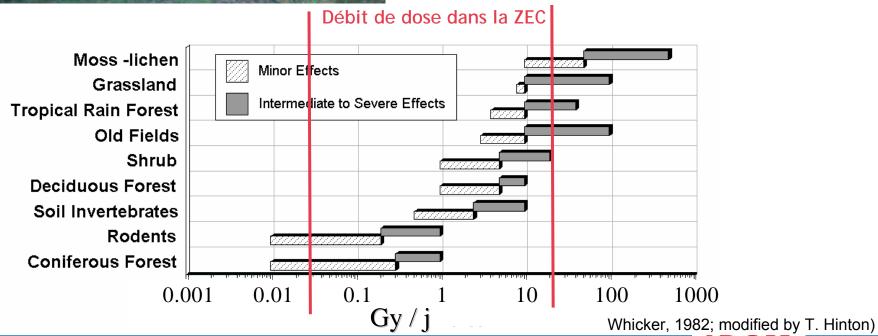




Phase I - Effets aigus

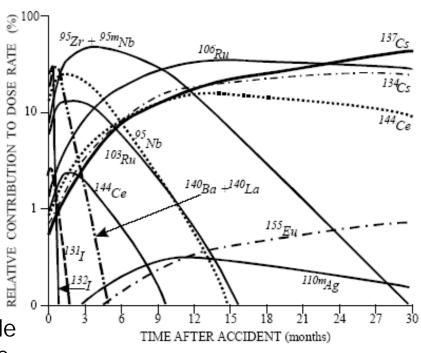


- Effets délètères aigus dans les 10 km autour du réacteur accidenté
- Mortalité des espèces les plus radiosensibles: mortalité accrue chez les conifères (forêt rousse), invertébrés du sol et mammifères
- Diminution de la reproduction chez les plantes et les animaux



Phase II - Exposition

- Décroissance des RNs à vie courte
- Redistribution au sein des différents compartiments des radionucléides déposés (transport, transferts)
- Contribution de la contamination interne des organismes vivants : domine progressivement l'irradiation externe.
- Pendant les trois mois après l'accident, 80% de la dose totale (estimée à l'échelle de la durée de vie) a été délivrée aux plantes et aux animaux, et plus de 95% de cette dose est due aux rayonnements β. Ratio β/γ de l'ordre de 30



Phase II - Effets

Reproduction affectée - chez les mammifères, résorption embryonnaire en augmentation - dose cumulée pendant les 5 premiers mois de 12 à 110 Gy (γ) et de 580 à 4500 Gy (β). Dès le printemps 1987, la taille des populations réaugmente en raison de l'arrivée d'individus migrants provenant des zones les moins contaminées.

Phase III: du printemps 1987... à nos jours

- la majorité des recherches a été conduite sur les 5 à 6 ans après l'accident -

- L'exposition est chronique et les débits de dose sont globalement de l'ordre de moins de 1% des débits initiaux (mais toujours élevés jusqu'à *ca.* 100-200 μGy/h)
- La contribution de la dose en β νs . γ est fonction des capacités d'accumulation du Cs et du Sr spécifique à chaque espèce et fonction de paramètres du milieu
- Le ¹³⁷Cs et le ⁹⁰Sr sont les contributeurs majoritaires à la dose (puis Pu, Am)
- Les effets indirects et les effets subtils dominent. C'est la phase de toutes les controverses scientifiques en matière d'interprétation des effets observés...

Effets à l'échelle des écosystèmes dans la ZEC

Les conséquences des réponses biologiques dans les phases aiguë et transitoire ont conduit à un changement drastique des écosystèmes

- Une forêt de pins de 30 à 40 ans d'âge, caractérisée globalement par des écosystèmes matures et stables
- Un accident qui induit des doses létales dans la zone des 30 km pour un certain nombre d'espèces
- Une altération drastique de cet équilibre, avec progressivement la création de nouvelles niches écologiques ouvertes à des espèces immigrant dans la zone.
- Au delà de la zone d'exclusion, aucun effet aigu n'a été rapporté sur les espèces non-humaines



Effets sur la flore de la ZEC



- Diminution de la diversité et de l'abondance de certaines espèces (variations de radiosensibilité sur 4 ordres de grandeurs)
- Réduction du pouvoir germinatif des graines de diverses espèces
- Sélection des génotypes les moins radiosensibles. En 1993, les pins (5 à 15 Gy) ont 8x plus de dommages cytogénétiques que des contrôles. 50 à 60 % des jeunes conifères présentent une morphogénèse anormale
- Hyperméthylation de l'ADN des pins dans les zones les plus contaminées (20 à 40 Gy). Prévention de l'instabilité génomique et du remaniement du matériel génétique dans cet environnement extrême



Effets sur la faune de la ZEC



- Pas de différence entre les populations vivant dans des sites contaminés par rapport à des sites témoins en ce qui concerne la distribution en âge, le sexe ratio, la diversité, l'abondance et l'état de santé global (Université du Texas, *Baker et al.*)
- Impacts génétiques contradictoires: désordres significatifs de la spermatogénèse (Shevchenko et al.) à l'absence d'effet sur la reproduction ou l'absence de mutations sur les lignées germinales (Baker)

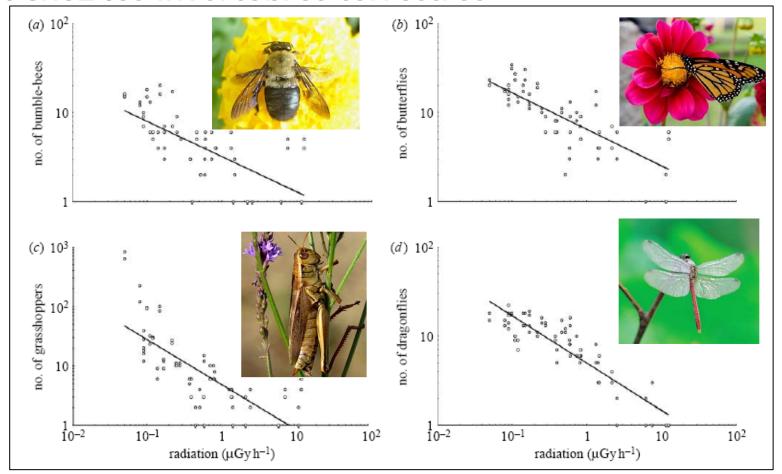


- Chez l'hirondelle : Apparition d'un albinisme partiel 10x plus fréquents chez les individus de la zone marqueur phénotypique de mutations chez les hirondelles. Cet albinisme réduirait leur succès d'accouplement. Augmentation significative de sperme anormal et taux d'anti-oxydants sanguin et hépatique réduits (Travaux de l'équipe de *Moller*)
- Déclin des populations plus important chez les espèces présentant des colorations basées sur les caroténoïdes (pigments, apportés par la nourriture, agissent comme anti-oxydants et décroissent en cas d'exposition aux radiations ionisantes). Etude sur 97 espèces (Galvan et al.)

Les études éco-épidémiologiques chez les oiseaux une seule équipe « Moller & Mousseau »

- La richesse spécifique, l'abondance et la densité des populations d'oiseaux en milieu forestier décroissent avec l'augmentation du niveau d'exposition aux rayonnements ionisants
- L'abondance des oiseaux diminuerait de 60% entre les sites avec 0,1 à 1 mGy/h et les sites dits « témoin » avec 0,1 µGy/h.
- Les populations d'oiseaux de la zone d'exclusion (546 individus de 48 espèces) présenteraient des cerveaux significativement plus petits que dans les zones témoins. Les auteurs quantifient une réduction de 5% sur le volume du cerveau quand le débit de dose varie de 0,02 μGy/h à 100 μGy/h (0,48 μGy/j à 2400 μGy/j).
- Les femelles sont plus radiosensibles. Un net déséquilibre du sex-ratio caractérise les populations des oiseaux de Tchernobyl (chez les adultes 73% de mâles à 160 μGy/h vs. 50% dans lez zones non contaminées).

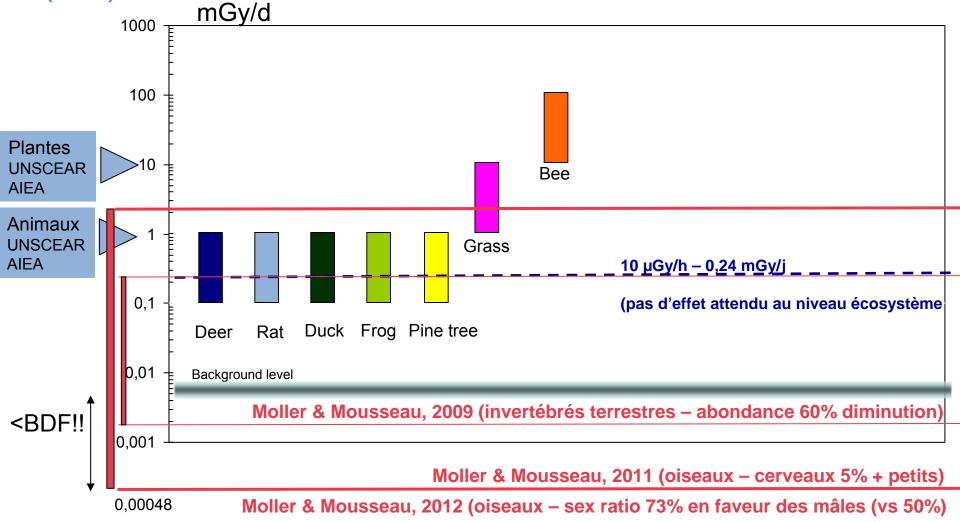
...et chez les invertébrés terrestres



Selon, Moller & Mousseau: Lien de causalité entre le niveau d'irradiation et l'abondance de diverses espèces d'invertébrés terrestres (insectes pollinisateurs (papillons, bourdons), herbivores (sauterelles) et prédateurs (libellules, araignées). Effets drastiques (chute d'un facteur 10 de l'abondance) entre 0,1 μGy/h et 10 μGy/h...

...mais remise en cause profonde de l'état de l'art...

Comparaison avec les gammes de débits de doses entrainant une très faible probabilité d'effets (Derived Consideration Reference Levels) de la CIPR 108 (2008) et différents benchmarks



Quelles peuvent être les causes de controverse?

- Dosimétrie très souvent biaisée
 - Calibration de l'instrument de mesure; sous estimation de la dose d'exposition : seul le débit de dose externe est mesuré ; celui lié à la contamination interne est ignoré et il est très variable d'une espèce à l'autre, et pour une même espèce est fonction du stade de vie; Forte hétérogénéité spatiale
- Interprétation très souvent indirecte, statistiques critiquables
 - Difficultés d'obtenir de « vrais » contrôles
 - Difficultés de maîtriser toutes les variables confondantes (e.g., effet d'un échantillonnage dans le temps croissance rapide des juvéniles, cycle saisonnier et évolution des stades de vie...)
 - Adaptation au fil des générations



Les efforts de R&D à poursuivre

- Effet sur la diversité génétique de l'exposition chronique à ce nouvel environnement; adaptation; épigénétique
- Comprendre les mécanismes moléculaires d'actions des radionucléides pour inférer les différences taxonomiques de radiosensibilité
- L'IRSN en collaboration avec diverses équipes a mis en place différentes études comparées -études en milieu contôlé - ZEC -Ecosystèmes dans la zone des 100 km de Fukushima-

Merci pour votre écoute!

