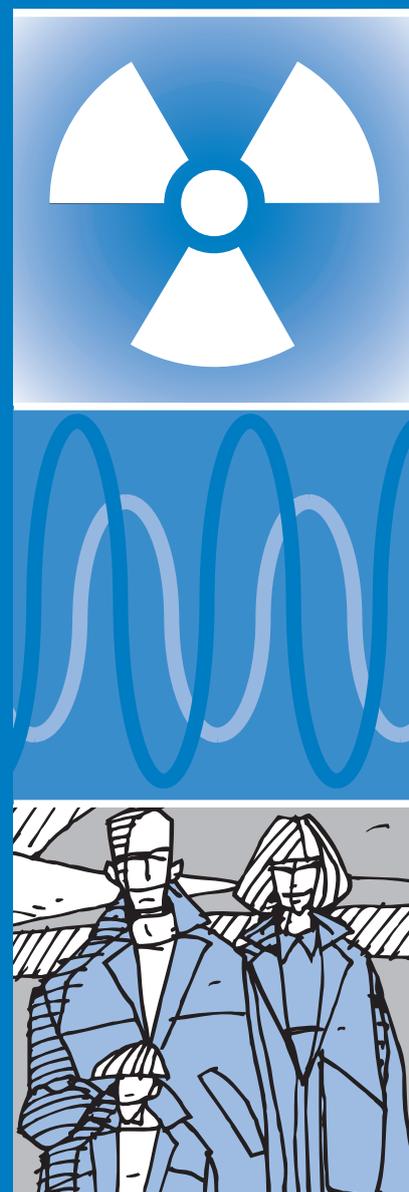


Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz

## Ergebnisse 2005

Radioprotection et surveillance de la radioactivité en Suisse

## Résultats 2005



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI  
Département fédéral de l'intérieur DFI  
**Bundesamt für Gesundheit BAG**  
**Office fédéral de la santé publique OFSP**

### **Impressum**

© Bundesamt für Gesundheit (BAG)

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Publikationszeitpunkt: Mai 2006

Weitere Informationen und Bezugsquelle:

BAG, Direktionsbereich Verbraucherschutz,

Abteilung Stahlschutz, 3003 Bern

Telefon +41 (0)31 323 02 54, Telefax +41 (0)31 322 83 83

E-Mail: [str@bag.admin.ch](mailto:str@bag.admin.ch), [www.bag.admin.ch](http://www.bag.admin.ch), [www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch)

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier

BAG-Publikationsnummer: BAG VS 5.06 2000 d-f-kombi 40EXT06002 152439

BAG-Publikationsnummer: BAG VS 6.05 3000 d-f-kombi 40EXT05004

### **Impressum**

© Office fédéral de la santé publique (OFSP)

Editeur: Office fédéral de la santé publique

Date de publication: mai 2006

Informations supplémentaires et diffusion:

OFSP, Unité de direction Protection des consommateurs,

Division Radioprotection, 3003 Berne

Téléphone +41 (0)31 323 02 54, téléfax +41 (0)31 322 83 83

E-Mail: [str@bag.admin.ch](mailto:str@bag.admin.ch), [www.bag.admin.ch](http://www.bag.admin.ch), [www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch)

Imprimé sur papier blanchi sans chlore

Numéro de publication OFSP: BAG VS 5.06 2000 d-f-kombi 40EXT06002 152439

Numéro de publication OFSP: BAG VS 6.05 3000 d-f-kombi 40EXT05004

# Radioprotection et surveillance de la radioactivité en Suisse

## Résultats 2005

<b>Editorial</b>	<b>38</b>
<b>La Division Radioprotection</b>	<b>39</b>
Protection des consommateurs	39
Protection de la population et de l'environnement contre les radiations	39
<b>Incidents radiologiques en 2005</b>	<b>41</b>
Sources de rayonnement dans la ferraille	41
Des parasurtensions de type UA-1 comprimés avec de la ferraille	41
Autorités de surveillance et prévention des incidents	42
<b>Autorisations et surveillance</b>	<b>43</b>
Tâches	43
Activités et résultats	43
Activités de surveillance	44
Médecine	46
Grandes installations	50
Déchets radioactifs et héritages radiologiques	51
Evaluation	52
<b>Radon : 240 décès du cancer du poumon chaque année</b>	<b>53</b>
Résumé	53
Direction du programme	53
Mesure et cartographie	55
Mesures liées à la construction et directives sur la construction	57
Formation	58
Communication	59
<b>Surveillance de l'environnement</b>	<b>60</b>
Tâches	60
Activités et résultats	60
Evaluation	64
<b>Doses de rayonnement</b>	<b>65</b>
Tâches	65
Activités et résultats: doses de rayonnement reçues par la population	66
Evaluation	68
<b>Rayonnements non ionisants et son</b>	<b>69</b>
Tâches	69
Activités et résultats	70
Rayonnement optique	71
Son	72
Evaluation	73

# Editorial

Peu avant le début de l'année 2005, les trois divisions Produits Chimiques, Sécurité des denrées alimentaires et Radioprotection ont été réunies en une unité de direction nommée Protection des consommateurs. L'Office fédéral de la santé publique (OFSP) veut signaler ainsi que la protection des consommateurs constitue un thème prioritaire de ses activités. Dès à présent, ce regroupement fait apparaître de nombreux points communs entre les divisions en question et génère de nombreuses synergies.

Pour qu'à l'avenir nous puissions également obtenir un effet optimal, malgré des ressources de plus en plus limitées, il est important de maintenir les contacts avec nos partenaires. Nous souhaiterions en particulier évoquer la collaboration fructueuse avec la Commission fédérale de protection contre les radiations et de surveillance de la radioactivité. Nous tentons, avec les instituts scientifiques des universités, les écoles polytechniques fédérales, l'Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire (ou CERN), l'Institut Paul Scherrer (IPS) et en particulier l'Institut de radiophysique appliquée (IRA) de Lausanne, d'adapter constamment en Suisse la radioprotection à l'état de la science et de la technique. Nous nous félicitons de ces excellentes collaborations. La Commission internationale de protection radiologique (CIPR) s'est réunie à Genève et à Berne du 11 au 19 septembre 2005 sur invitation de la Suisse. A cette occasion, les membres de la commission ont pu dialoguer et échanger directement des informations avec les responsables suisses de la radioprotection. La division Radioprotection s'efforce en effet de développer une radioprotection en harmonie avec les pratiques internationales.

Grâce à l'introduction des niveaux de référence diagnostiques, il existe un énorme potentiel d'optimisation pour ce qui concerne les examens à dose intensive. Le projet pluriannuel d'optimisation de la radioprotection dans le cas des examens radiologiques à dose intensive (OSUR), réalisé en collaboration avec les sociétés médi-

cales spécialisées, contribuera à réduire les doses lors des examens utilisant la radioscopie, la radiologie interventionnelle et, en particulier, la tomodensitométrie. En médecine, les programmes de formation en matière de radioprotection devront être simplifiés et structurés plus efficacement. Les premiers travaux et concepts réalisés à cet effet en collaboration avec la fédération des médecins suisses (FMH), les sociétés de médecine spécialisées et les écoles sont prometteurs et seront appliqués dès l'an prochain, ce qui suppose une révision des ordonnances correspondantes. Les derniers résultats de mesure confirment les risques liés au radon en Suisse. L'application du programme radon doit être intensifiée afin que les objectifs puissent être atteints d'ici 2014. La réduction, au cas par cas, des risques générés par le radon est un objectif prioritaire mais, en même temps, on veillera à réduire de 50 %, à long terme, les risques attribuables au radon pour l'ensemble de la population.

On ne sait toujours pas dans quelle mesure les champs électromagnétiques constituent un risque en cas d'expositions à de faibles doses. Afin de pouvoir répondre à cette question, d'importants efforts de recherche sont encore nécessaires. Le programme national sur le rayonnement non ionisant devrait nous apporter certaines clarifications. D'ici là, il y a lieu d'appliquer des mesures préventives. En revanche, il est clair qu'une exposition excessive aux rayons UV nuit à la santé. Le nombre extrêmement élevé de cancers de la peau survenant en Suisse nécessite encore bien des efforts en matière d'informations sur le comportement à adopter face au soleil et au solarium. Le présent rapport sur les activités de la division Radioprotection informe conformément à l'exigence légale sur les résultats de la dosimétrie individuelle et de la surveillance de la radioactivité dans l'environnement ainsi que sur la problématique du radon et des doses de radiation qui en résultent pour la population suisse.

Werner Zeller  
Responsable de la division Radioprotection

# La Division Radioprotection

## Protection des consommateurs

Depuis fin 2004, la division Radioprotection fait partie de l'unité de direction Protection des consommateurs. La mission confiée à cette unité détermine notre mandat.

- En tant qu'autorité reconnue, compétente et responsable, nous apportons avec nos partenaires une contribution active à une protection de haut niveau de la santé de la population dans les domaines Produits chimiques, Radioprotection, Denrées alimentaires et Objets usuels.
- Nous reconnaissons et évaluons, sur une base scientifique reconnue et actuelle, les risques encourus au quotidien ou en situation de crise, et élaborons avec nos partenaires des stratégies de protection efficaces à long terme.
- Faisant partie de réseaux nationaux et internationaux, nous participons activement à l'élaboration de conditions cadre et assumons une fonction de coordination en Suisse.
- Par notre contribution à la législation, nous créons, pour le consommateur, l'économie et l'autorité d'exécution, des bases légales équitables, claires et satisfaisant aux normes internationales. Dans des domaines de compétences spécifiques nous assumons la surveillance, l'exécution et la protection contre la tromperie.
- Grâce à une communication ciblée et une information ouverte, nous apportons une contribution active à la prévention. Nous sensibilisons la population ainsi que les personnes plus directement impliquées aux dangers et aux risques et les incitons à adopter un comportement responsable en matière d'utilisation de produits chimiques, d'objets usuels, de cosmétiques, de denrées alimentaires et de rayonnement ionisant et non ionisant.

## Protection de la population et de l'environnement contre les radiations

En Suisse, la protection de l'homme et de l'environnement contre les rayonnements ionisants est réglée par la législation sur la radioprotection. Celle-ci concerne toute activité ou installation, tout événement ou toute situation pouvant présenter un danger lié à des rayonnements ionisants et provoquer une augmentation de la radioactivité dans l'environnement. L'OFSP est chargé – avec d'autres autorités – de mettre à exécution la législation sur la radioprotection; l'exécution relève de la division Radioprotection.

L'exposition de la population aux rayonnements non ionisants comme les champs électromagnétiques, le rayonnement optique ou le son est croissante. La division Radioprotection prend en considération les aspects de ces rayonnements non ionisants pouvant entraîner, à court ou long terme, des problèmes sanitaires. Les activités et programmes de la division radioprotection décrits ci-après visent à réduire significativement les risques encourus par la population et l'environnement.

### Surveillance et autorisations

La division Radioprotection délivre les autorisations pour l'utilisation de rayonnements ionisants en médecine, dans l'industrie (installations nucléaires exceptées), la recherche et la formation. En collaboration avec la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (SUVA), elle surveille le respect des directives en matière de radioprotection et effectue des inspections. Elle informe et conseille les détenteurs d'autorisations et le personnel concerné pour ce qui est de la mise en pratique des directives.

### Incidents techniques

Lors d'incidents ou d'accidents liés aux rayonnements, la division Radioprotection soutient les entreprises et autres parties concernées.

### Examens radiologiques impliquant de fortes doses

Les examens radiologiques par tomodensitométrie (CT) et par radioscopie peuvent soumettre les patients à des doses de rayonnements relativement élevées. En collaboration avec les médecins, la division Radioprotection élabore et recommande des mesures d'optimisation afin de limiter ces doses de rayonnements.

### Radon

Le radon est un gaz radioactif omniprésent. Il peut être à l'origine de doses élevées et de cancers du poumon radio-induits. La division Radioprotection évalue la situation par rapport au radon, élabore et recommande des mesures d'assainissement pour les bâtiments existants et des mesures préventives pour les nouvelles constructions. Elle coordonne les activités au niveau national.

### Surveillance de la radioactivité

La radioactivité naturelle et artificielle dans l'atmosphère et l'environnement est surveillée en permanence, en particulier aux alentours d'installations nucléaires, d'entreprises industrielles, d'instituts de recherche et d'hôpitaux utilisant des substances radioactives. La détermination du risque lié aux rayonnements auxquels la population est exposée se base sur le calcul des doses de rayonnements provenant de sources naturelles et artificielles; les résultats sont publiés régulièrement.

### Registre dosimétrique central

Les doses de rayonnements reçues par les personnes exposées professionnellement aux rayonnements sont enregistrées dans le registre dosimétrique suisse; elles sont évaluées et contrôlées.

### Formation et perfectionnement

La division Radioprotection est responsable pour la reconnaissance des cours de formation et de perfectionnement en matière de radioprotection dans les secteurs de la médecine, de l'enseignement et de la recherche.

### Déchets radioactifs

La division Radioprotection organise le ramassage des déchets radioactifs issus de la médecine, de l'industrie et de la recherche en vue de leur transfert au centre fédéral de ramassage.

### Produits radiopharmaceutiques

La division Radioprotection évalue les études cliniques utilisant des produits radiopharmaceutiques. Elle est responsable, avec Swissmedic, de l'octroi des homologations et de l'enregistrement des produits radiopharmaceutiques.

### Rayonnements non ionisants

La division Radioprotection calcule les doses de la population qui sont générées par les champs électromagnétiques, le rayonnement optique (UV, laser) et le bruit lié aux loisirs. Elle évalue les effets sanitaires potentiels et recommande des mesures de protection.

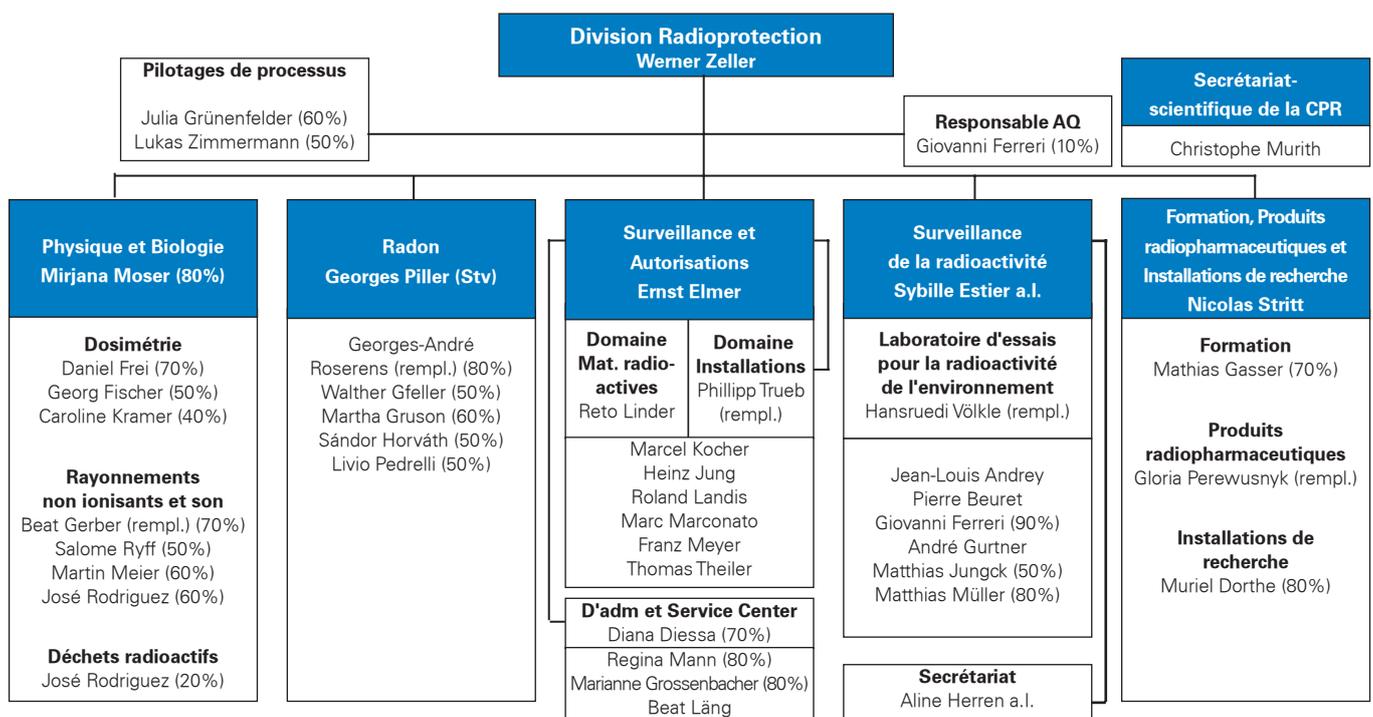


Fig. 1: Organigramme de la division Radioprotection

# Incidents radiologiques en 2005

## Sources de rayonnement dans la ferraille

En juin, lors du contrôle effectué à la réception de la marchandise, un conteneur a déclenché une alarme chez un ferrailleur argovien. Provenant d'un centre de collecte du canton de Schwyz, il contenait de la ferraille ainsi que quelques tubes électroniques contenant du radium (fig. 2) apparemment fabriqués à la fin des années 50 et utilisés, entre autres, dans des dispositifs de commutation électrique (fig. 3). Avisés de cet incident par le chimiste cantonal du canton de Schwyz, l'OFSP et la SUVA ont saisi les sources de rayonnement dont le conteneur avait été remis en circulation. Pour éviter ou réduire la survenue de tels incidents, les milieux concernés seront sensibilisés à une détection précoce des composants correspondants.



Fig. 2: Tubes électroniques contenant du  $^{226}\text{Ra}$

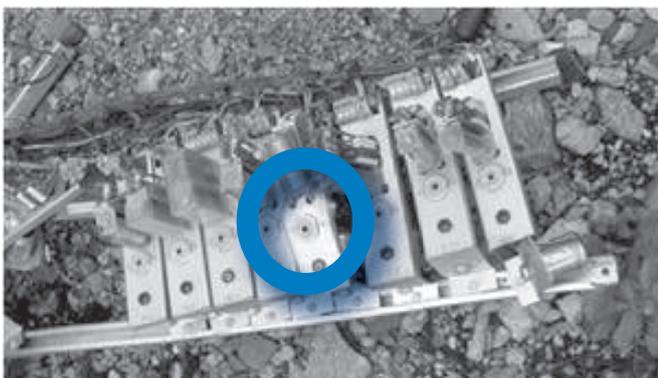


Fig. 3: Dispositif de commutation

## Des parasurtensions de type UA-1 comprimés avec de la ferraille

Fin septembre, une alarme rayonnement a été déclenchée chez un revendeur de ferraille par des parasurtensions contenant du radium 226 (fig. 4). La cause de cette alarme n'a pas immédiatement pu être déterminée, les sources de rayonnement étant contenues dans un bloc de métaux comprimés (fig. 5). Les premiers examens ont montré qu'il s'agissait manifestement d'une élimination illégale. C'est la raison pour laquelle l'OFSP a fait appel à la police fédérale. Les déchets radioactifs ont été séparés sur place des déchets inactifs par des spécialistes de la SUVA et de l'OFSP. Dans l'intervalle, il a pu être établi que les déchets provenaient des stocks de l'armée. De tels incidents montrent que des substances radioactives héritées du passé sont encore en circulation dans des installations d'époque et qu'en cas d'élimination incorrecte elles impliquent un travail et des coûts supplémentaires importants.



Fig. 4: Parasurtensions

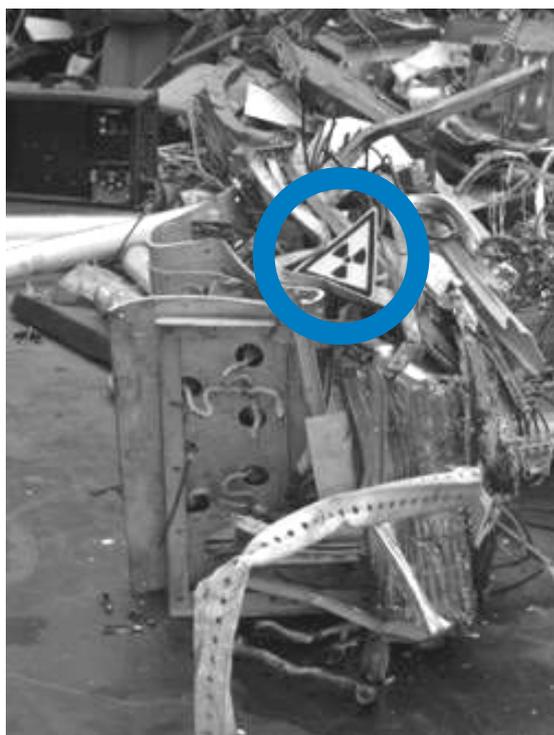


Fig. 5: Bloc de métaux

---

### Autorités de surveillance et prévention des incidents

Comme la fréquence des incidents techniques, au cours desquels des déchets radioactifs ont été découverts, principalement lors de l'élimination et du recyclage de déchets ordinaires, a augmenté ces dernières années, les autorités de surveillance se sont mieux préparées à gérer ce type de situation. Des améliorations ont ainsi pu être obtenues grâce à des exercices communs d'intervention, à la préparation du matériel approprié et à la démarche coordonnée des différentes équipes concernées.

# Autorisations et surveillance

## Tâches

La division Radioprotection surveille l'exécution de la législation sur la radioprotection au niveau national. Ainsi, elle agit de manière préventive contre l'apparition de lésions dues aux rayonnements (patients, personnel, population) lors de l'utilisation de rayonnements ionisants dans le domaine médical, technique et industriel. Elle octroie des autorisations pour l'utilisation de rayonnements ionisants dans ces sections et des homologations pour certains produits destinés au public, libérant ainsi l'utilisateur de l'obligation de disposer d'une autorisation. Elle est en outre autorité de surveillance d'établissements médicaux, de centres de formation et de grandes institutions comme l'Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire (ou CERN) et l'Institut Paul Scherrer (IPS); elle organise des inspections correspondantes. En particulier, elle vérifie la formation (qualifications techniques et qualité d'expert) des personnes qui exercent des fonctions de radioprotection dans les entreprises. La SUVA est l'autorité de surveillance compétente pour l'industrie et l'artisanat. En cas d'infractions à la législation sur la radioprotection, la division Radioprotection procède à des enquêtes et engage des procédures pénales dans le cadre du droit pénal administratif. Elle organise chaque année une action de ramassage des déchets radioactifs que le centre fédéral de ramassage rattaché à l'Institut Paul Scherrer conditionne à des fins de stockage intermédiaire et final. Les déchets sont d'abord stockés dans l'entrepôt intermédiaire de la Confédération et seront ultérieurement transférés dans des dépôts en couches géologiques profondes. Elle conseille les sociétés et les entreprises relevant de sa surveillance en ce qui concerne la mise en pratique des directives sur la radioprotection, son but étant une radioprotection optimale pour toutes les personnes concernées. A cette fin, elle édicte des dispositions d'application sous forme de directives et de notices d'information. En cas d'incident dans les entreprises, de découverte ou d'élimination d'héritages radiologiques, p.ex. des sources de rayonnement radioactives

abandonnées, elle effectue, en tant qu'organe neutre, des vérifications, procède à des enquêtes et veille à ce que la situation créée ne représente aucun risque pour l'homme et l'environnement.

## Activités et résultats

### Procédures d'octroi d'autorisation

L'utilisation de sources radioactives et d'installations radiologiques est soumise à autorisation, conformément à la législation suisse sur la radioprotection. Tout utilisateur de rayonnements ionisants doit déposer au préalable une demande correspondante auprès de l'OFSP. L'autorité de surveillance vérifie alors le respect des conditions relatives à la protection de l'homme et de l'environnement. Les établissements médicaux et les centres de formation relèvent de la division Radioprotection de l'OFSP. Les entreprises industrielles et artisanales relèvent quant à elles de la SUVA. Après octroi de l'autorisation, la division vérifie durant sa période de validité de dix ans, si et comment, les directives légales sur la radioprotection sont mises en pratique dans les entreprises disposant d'une autorisation en vue de la protection des patients, du personnel et de la population. En 2005, 1274 demandes d'autorisation pour l'utilisation de rayonnements ionisants (principalement des installations radiologiques à usage médical et des substances radioactives) ont été traitées et 2701 nouvelles autorisations ou prolongations d'autorisations ont été délivrées. 628 inspections d'entreprises ont été effectuées à l'échelle suisse par sondage.

### Renouvellement des autorisations

Selon l'ordonnance sur la radioprotection du 22 juin 1994, les autorisations sont valables au plus dix ans au-delà de la date d'émission. En 2005, il fallait donc introduire la procédure de renouvellement des autorisations échues. Le renouvellement d'une autorisation concernant un appareil de radiologie médicale suppose, entre

autres, que la révision avec examen d'état ait été réalisée avec succès et que le délai de révision ne soit pas encore échu. En outre, un expert reconnu par l'OFSP doit travailler dans l'entreprise. Après avertissement, les détenteurs d'autorisations qui ne remplissent plus ces conditions se voient refuser le renouvellement de l'autorisation ou signifier son annulation.

### Optimisation des procédures d'autorisation

Afin de gérer plus efficacement les procédures d'autorisation dans la section Surveillance et Autorisation, le traitement des demandes d'autorisation a été rationalisé. Désormais les demandes concernant les petites installations radiologiques des cabinets dentaires relèvent exclusivement du Service Center (réception, traitement, octroi de l'autorisation). Le processus d'actualisation des données concernant les personnes qualifiées et les experts figurant dans les autorisations a également été optimisé. On vérifie actuellement la possibilité de renoncer à une nouvelle procédure d'autorisation lors de la reprise d'un cabinet dentaire ainsi que lors du remplacement d'un appareil radiologique par la reprise de l'autorisation existante. Ces simplifications permettraient de libérer des ressources en personnel.

## Activités de surveillance

### Inspections et audits des entreprises

Les activités de surveillance consistent à vérifier les données collectées auprès des fournisseurs d'installations radiologiques et des sociétés commerciales, concernant les installations radiologiques dont elles assurent l'installation ou la maintenance ainsi que les substances radioactives qu'elles commercialisent. La surveillance comprend également des inspections et des audits d'entreprises par sondage (environ 628 par année) dans tout le pays. Ces contrôles effectués sur place permettent de vérifier la mise en pratique des directives sur la radioprotection. Il s'agit en outre de définir et, le cas échéant, de mettre en pratique, en collaboration avec les spécialistes, les possibilités d'amélioration des mesures de radioprotection concernant le personnel et les patients. Lors de cette activité de surveillance, huit cas d'infraction aux directives sur la radioprotection ont été constatés; ils ont été signalés au service compétent en matière de droit pénal administratif de l'OFSP. Il s'agissait principalement de l'exploitation d'une installation radiologique sans autorisation et du non respect des charges d'obligations stipulées dans l'autorisation.

### Inventaire des sources radioactives de haute activité

L'inventaire des sources radioactives de haute activité de l'OFSP répertorie toutes les sources radioactives, présentes dans diverses entreprises suisses, excédant une activité de plus de 20 millions de fois la limite d'autorisation fixée dans l'ordonnance sur la radioprotection et qui représentent par conséquent un danger potentiel accru. A ce jour, plus de 500 sources ont été enregistrées dans l'inventaire. Dans le cadre de la surveillance, l'OFSP écrit annuellement aux entreprises titulaires de telles sources afin de recueillir des renseignements sur leur état et leur localisation.

### Systèmes numériques

Dans la radiologie médicale, les systèmes numériques d'imagerie sont en forte expansion dans l'utilisation diagnostique. Dans les hôpitaux et les instituts de radiologie privés, des couples écran-film conventionnels sont majoritairement remplacés par des systèmes numériques; dans les cabinets médicaux et dentaires on constate que le processus de remplacement s'accélère. Les nouvelles technologies exigent de l'utilisateur des connaissances approfondies en matière d'optimisation de la qualité d'image en fonction de la dose. Pour déterminer la qualité d'image dans la radiographie digitale on utilise des fantômes de contrôle spéciaux (fig. 6).

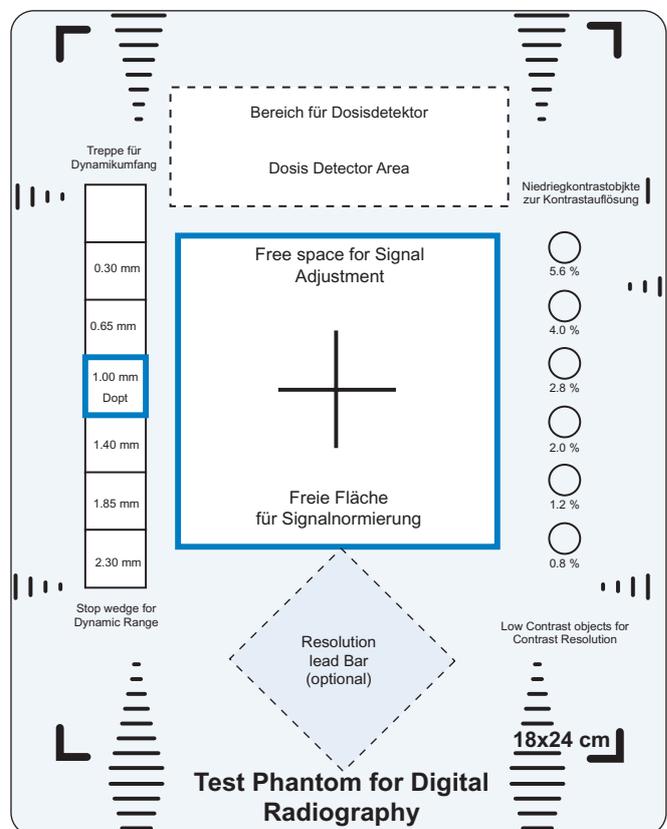


Fig. 6: Fantôme de contrôle

L'objectif du projet Digirad a été de déterminer les doses nécessaires au récepteur d'image numérique, utilisé en exposition automatique, et d'évaluer les résultats dans l'optique d'un éventuel potentiel d'optimisation de la dose. Des discussions avec les experts des entreprises devraient permettre de réduire les doses au patient dans le domaine de l'imagerie numérique. En matière de doses liées aux récepteurs d'images, les résultats montrent un gain de 50 % pour l'évaluation des installations radiologiques travaillant avec des systèmes CR (écrans mémoire). Les procès-verbaux relatifs aux optimisations montrent des résultats présentant une réduction des doses de 40 à 50 % pour une qualité d'images perçue comme bonne par l'utilisateur. La sensibilisation des utilisateurs par la mise en place d'une surveillance ciblée doit être intensifiée l'année prochaine et étendue à d'autres pratiques de l'imagerie médicale.

### Recherche de sources à usage thérapeutique

Pour éviter des incidents tel celui survenu l'an dernier lors d'une élimination illégale de sources de rayonnement radioactif à usage médical dans la ferraille, l'OFSP a procédé à des vérifications dans tous les hôpitaux ayant utilisé ou utilisant encore actuellement de telles sources radioactives afin de dépister d'éventuels héritages radiologiques. Il a dû recenser les départements des hôpitaux ayant utilisé, stocké (fig. 7) et ensuite éliminé de telles sources radioactives. Dans le doute, l'OFSP a offert son assistance pour effectuer des mesures sur place et les a réalisées en vue de détecter la présence de telles sources de rayonnement.

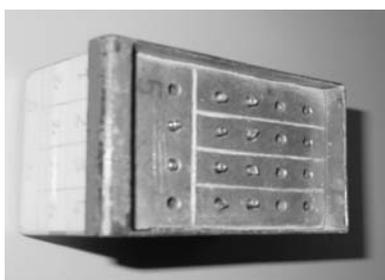


Fig. 7: Récipient de stockage de sources à usage thérapeutique

### Contrôle des entreprises commercialisant des produits radiopharmaceutiques

Le commerce de substances radioactives est une activité soumise à autorisation au sens de l'ordonnance sur la radioprotection. Les entreprises commercialisant de telles substances doivent s'assurer que les acheteurs disposent d'une autorisation en bonne et due forme. En outre, elles sont tenues de veiller à la sûreté du transport et, le cas échéant, d'éliminer ou de recycler les récipients retournés de manière conforme. En 2005 les sociétés de commerce de produits radiopharmaceutiques ont été contrôlées prioritairement. Les produits

livrés principalement aux hôpitaux, constituent une part importante des substances radioactives commercialisées et transportées en Suisse. A cet effet, il s'est avéré que les grossistes de produits radiopharmaceutiques assument leurs responsabilités et qu'ils contribuent à garantir une utilisation sûre de ces substances.

### Formation et perfectionnement des personnes qualifiées et des experts des entreprises

Les inspecteurs de la radioprotection de l'OFSP ont participé à diverses manifestations externes liées à la formation du personnel des entreprises, en particulier :

- à la formation et au perfectionnement des techniciens en radiologie médicale (TRM);
- à des cours pour experts (médecins, laboratoires isotopiques B/C, transport, commerce et installation);
- à des cours de perfectionnement internes aux hôpitaux dans le domaine de la radiologie interventionnelle et destinés au personnel des salles d'opération;
- à des rencontres internationales de radioprotection, entre autres en collaboration avec le « Fachverband für Strahlenschutz », et ce à titre d'intervenant;
- ainsi qu'à diverses manifestations d'associations professionnelles, également à titre d'intervenant.

Le DVD I « Radiologie en salle d'opération » produit à la demande de la division Radioprotection a été remis aux experts des hôpitaux et aux milieux intéressés à l'occasion d'audits et de cours de perfectionnement en matière de radioprotection. Le groupe de personnes visé est le personnel des salles d'opération, relativement nombreux, dont l'information en matière de radioprotection est insuffisante. Le DVD présente non seulement les bases générales mais également de manière imagée les intensités de rayonnement liées à l'utilisation d'installations radiologiques dans l'environnement de l'utilisateur et du personnel assistant (fig. 8). Le DVD a été fort bien accueilli comme le montre un exemple parmi les nombreuses réactions positives reçues: « Il se pourrait qu'avec ce DVD vous ayez, peut-être pour la



Fig. 8: DVD I: Radiologie en salle d'opération

première fois, éveillé de l'intérêt en matière de radioprotection chez le personnel travaillant en salle d'opération et les chirurgiens. » En raison du grand succès et de la demande suscitée en Suisse et à l'étranger, un nouveau projet (DVD II) consacré à la radioprotection lors des examens interventionnels en radiologie et cardiologie (fig. 9) a été lancé. Il est prévu de remettre une version en trois langues aux experts et aux milieux intéressés dans le courant du premier trimestre 2006. Ces produits permettent d'offrir au personnel des hôpitaux la possibilité de suivre, en entreprise, une formation moderne et de haut niveau en matière de radioprotection.

### Droit pénal administratif

En cas d'infraction à la législation sur la radioprotection, la division Radioprotection de l'OFSP, responsable de l'octroi des autorisations, engage et exécute si nécessaire des procédures de droit pénal administratif. Durant cette année, sept procédures administratives ont été établies par procédure simplifiée, sept par procédure ordinaire. Voici la liste des infractions constatées :

- installation et exploitation d'installations radiologiques à usage médical pour lesquelles les exploitants ne disposaient pas d'autorisation ;
- exploitation d'une installation radiologique à usage médical alors que l'autorisation avait été retirée à l'exploitant ;
- installation et remise d'une installation radiologique à usage médical par un fournisseur d'installations radiologiques sans que l'installation ait fait l'objet d'un test de réception ;
- non respect des charges contenues dans l'autorisation ;
- dosimétrie ordonnée non effectuée ;
- omission, de la part de l'exploitant, de la réalisation de révisions périodiques avec contrôle d'état d'installations radiologiques à usage médical ;
- révisions périodiques avec contrôle d'état d'installations radiologiques à usage médical par des fournisseurs d'installations non autorisés ;
- réalisation d'examen non destructifs à rayons X/γ sans autorisation.

## Médecine

### Niveaux de référence diagnostiques en médecine

Dès 1996, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a proposé l'utilisation de niveaux de référence diagnostiques (NRD). Il s'agit de valeurs déterminées à l'aide de grandeur facilement mesurable qui permettent de réaliser des évaluations. Les NRD sont des valeurs seuil au-delà desquelles il faut pouvoir justi-

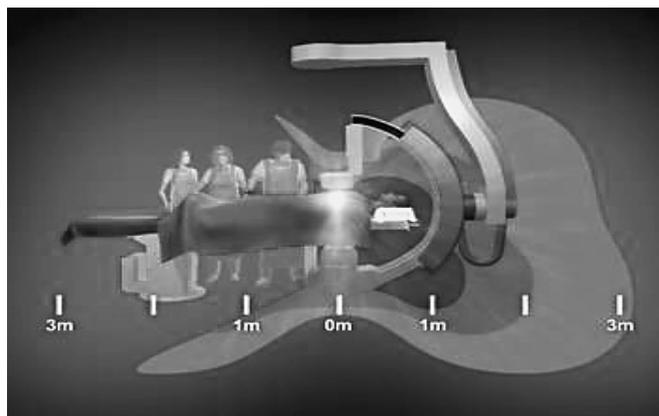


Fig. 9: DVD II: Radioprotection en radiologie interventionnelle

fier la raison du dépassement et adapter la technique. Le respect des « bonnes pratiques » en matière de prestations techniques et diagnostiques devrait permettre de ne pas dépasser les NRD lors de procédure standard.

Comme déjà annoncé par l'OFSP, les NDR ont été déterminés dans la médecine nucléaire, la radiologie interventionnelle, la cardiologie ainsi que la tomodensitométrie, par le biais d'une enquête concernant les principaux paramètres relatifs aux examens à fortes doses les plus fréquents, en collaboration avec l'Institut de radiophysique appliquée (IRA) de Lausanne. Dans d'autres domaines de la radiologie comme la radiographie et la mammographie, les recommandations internationales sont prises en compte lors de la fixation des NDR.

L'OFSP souhaite obtenir que le personnel concerné accepte le concept de niveau de référence diagnostique (NDR) et gère de manière globale la question des doses aux patients (fig. 10). Il prévoit en outre de faire entrer le principe des NDR dans l'ordonnance sur la radioprotection. En menant des enquêtes régulières dans les entreprises, l'OFSP cherche également à obtenir une optimisation permanente de la dose aux patients.



Fig. 10: Examen à dose intensive avec utilisation d'un cathéter cardiaque

Un des grands défis du projet consiste à vouloir développer avec les différents partenaires (médecins, personnel médico-technique, fabricants d'appareils, etc.), aux avis souvent divergents, une compréhension commune de la notion de NDR. A cet effet, l'OFSP a organisé un séminaire de deux jours avec tous les partenaires concernés se terminant par la remise de recommandations à l'OFSP.

### Applications diagnostiques à dose élevée

En particulier dans le cas d'examens impliquant de fortes doses, c'est-à-dire des examens par tomodensitométrie (fig. 11) ou par fluoroscopie, les doses reçues par les patients peuvent présenter un important potentiel d'optimisation grâce aux niveaux de référence diagnostiques (NRD).

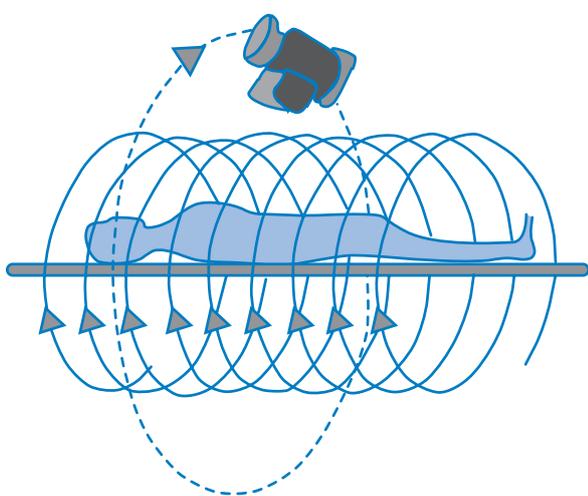


Fig. 11 : Obtention d'un tomogramme du corps entier

Suite à une enquête effectuée par l'IRA de Lausanne, il s'est avéré que la dose collective moyenne de la population suisse a augmenté de manière significative du fait de l'utilisation des tomodensitomètres (CT) : de 1998 à 2003, l'exposition de la population suisse due aux examens CT a en effet doublé.

Application	Evolution durant la période allant de 1998 à 2003		
	Fréquence	Dose / examen	Dose collective
Radiographie	± 0 %	- 18 %	- 18 %
Fluoroscopie	- 39 %	+ 66 %	+ 1 %
CT	+ 66 %	+ 20 %	+ 99 %

Fig. 12 : Evolution de l'exposition au rayonnement durant les examens diagnostiques

Le tableau ci-dessus (fig. 12) montre que la dose par examen CT a augmenté, principalement en raison des attentes accrues du point de vue de la qualité d'image et de la réalisation plus fréquente d'examens réalisés avec plusieurs passages. En outre, le nombre d'examens CT a fortement augmenté. Dans la fluoroscopie, la dose collective moyenne n'a guère changé malgré l'augmentation de la dose par examen car le nombre d'examens a nettement diminué, certains d'entre eux étant effectués aujourd'hui par tomodensitométrie. Dans la technique d'examen classique (radiographie), l'influence favorable de l'utilisation accrue de couples écran-film plus sensibles est clairement visible.

### Directives/Notices d'information

Six directives et trois notices d'information ont été révisées ou élaborées comme aide à l'utilisation des rayonnements ionisants et à la mise en pratique des prescriptions de la radioprotection. Elles sont destinées en particulier aux spécialistes des entreprises ayant une responsabilité en matière de radioprotection à l'égard de leurs collaborateurs et de leurs patients. Elles peuvent être consultées sur le site consacré à la radioprotection : [www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch). Elles expliquent comment assurer la qualité lors de l'utilisation de rayonnements ionisants sur l'homme et présentent des mesures de radioprotection d'ordre organisationnel et touchant la construction.

#### Directive CT

Selon la directive OFSP R-08-08, les tomodensitomètres doivent, compte tenu de la fréquence de leur utilisation, être révisés plus fréquemment que les appareils conventionnels. Cette directive, mise au point en collaboration avec l'IRA de Lausanne, le Département de Radiologie physique de l'hôpital cantonal de Bâle et l'industrie radiologique, fixe le cadre de l'assurance de qualité. Elle est entrée en vigueur à la fin de l'année 2005.

Ce document a été élaboré pour uniformiser aussi largement que possible l'assurance de qualité, et cela même si les fabricants doivent procéder à nombre de tests spécifiques. La démarche a été catalysée par l'état d'avancement de l'harmonisation des normes internationales, en particulier celles de la Commission électro-internationale (CEI).

#### Directive concernant les installations radiologiques à usage thérapeutique

La directive OFSP R-08-09 fixe le cadre ainsi que les responsabilités pour ce qui est de l'assurance de qualité concernant les installations radiologiques à usage thérapeutique. Elle a été élaborée en collaboration avec le département de Radiologie physique de l'hôpital cantonal de Bâle et a pu être mise en vigueur en début

d'année 2005. Certes, le nombre d'installations radiologiques à usage thérapeutique, soit 46, encore exploitées en Suisse, n'est pas très élevé, mais leur révision n'en est pas moins importante car les doses thérapeutiques appliquées aux patients sont relativement élevées.

En particulier dans le cas des installations radiologiques à usage thérapeutique, il est indispensable de faire contrôler les éléments importants pour la sécurité et ceux qui déterminent la dose par un physicien médical, comme cela est exigé par l'ordonnance sur la radioprotection. Cela signifie une répartition des tâches entre le fournisseur de l'installation radiologique chargé d'effectuer la révision ainsi qu'une partie du contrôle d'état, et le physicien médical responsable de la partie du contrôle d'état concernant les doses. Cela suppose une bonne coordination des activités.

### Médecine nucléaire

Suite à l'élaboration et à l'introduction de la directive OFSP L-09-04, réglant l'assurance de qualité en ce qui concerne les dispositifs d'examen de médecine nucléaire, un groupe de travail de l'OFSP, formé de spécialistes de la médecine et de l'industrie, élabore à présent les paramètres de contrôle des scanners TEP (fig. 13). Cela est d'autant plus important que de nombreux appareils de ce type sont installés et mis en exploitation actuellement.

L'OFSP a mis en vigueur la directive L-08-01 mettant en pratique les niveaux de référence diagnostiques dans la médecine nucléaire qui ont été déterminés et fixés à l'occasion d'une enquête effectuée à l'échelle nationale. Cette directive a pour objectif de mettre à disposition des personnes responsables un moyen simple permettant l'évaluation de sa propre pratique ainsi que l'optimisation lors d'applications particulières de rayonnements.



Fig. 13: Scanner TEP

### Formation

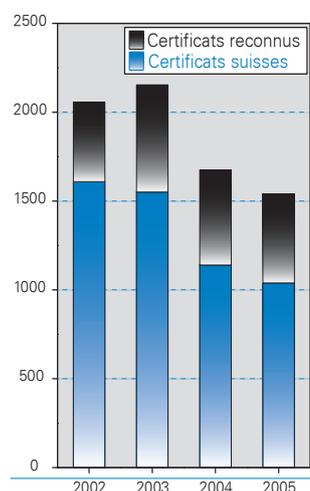
Toute personne utilisant des rayons ionisants, par exemple en effectuant des radiographies, doit suivre une formation en radioprotection. L'OFSP est responsable de la surveillance et du contrôle de la qualité de la formation dans les domaines de la médecine, de l'enseignement et de la recherche. Pour la mise en application des exigences, l'OFSP travaille en étroite collaboration avec les sociétés spécialisées, comme la Fédération suisse des médecins (FMH), la Société suisse d'Odonto-stomatologie (SSO), etc., les associations professionnelles, les écoles et les organes de surveillance comme l'Office fédéral de la formation professionnelle et de la technologie (OFFT) ou la Croix-Rouge suisse (CRS). La formation en radioprotection est aujourd'hui intégrée dans les programmes de formation et de perfectionnement des groupes professionnels concernés si bien qu'en général l'obtention d'un diplôme ou d'un titre de perfectionnement suisse garantit l'acquisition de connaissances suffisantes en matière de radioprotection.

L'évaluation de la formation d'assistante médicale dans le domaine des radiographies à intensité de forte dose est controversée, la formation pratique en la matière n'étant pas suffisante et nécessitant par conséquent une formation complémentaire. Comme jusqu'ici il n'existait que deux centres de perfectionnement reconnus pour la formation dans le domaine de la radiographie à intensité de forte dose, les capacités pour le perfectionnement ont pu être fortement augmentées en peu de temps : durant l'année 2005, trois nouvelles écoles ont été reconnues, et, actuellement, une demande de reconnaissance est examinée, alors que deux autres nouvelles demandes sont annoncées.

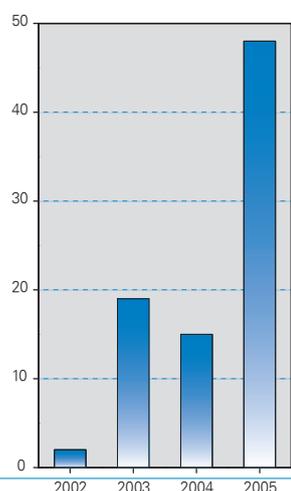
Les hygiénistes dentaires souhaiteraient exploiter leur propre installation radiologique et effectuer des radiographies sous leur propre responsabilité, contrairement à la législation actuelle, exigeant que les radiographies soient effectuées sous la responsabilité d'un médecin-dentiste. Du point de vue de l'OFSP, cette réglementation est nécessaire, les hygiénistes dentaires n'étant pas compétentes pour certains aspects médicaux d'un examen radiologique tels que l'indication ou le diagnostic. A ce propos, une demande de l'association professionnelle des hygiénistes dentaires concernant l'élaboration d'une formation en radioprotection devant permettre aux hygiénistes dentaires d'exploiter de manière indépendante une installation radiologique a été refusée durant l'année 2005. Ce point de vue figure également dans la réponse du Conseil fédéral du 23 novembre 2005 à une demande parlementaire à ce sujet.

Depuis la mise en vigueur en 1998 de l'ordonnance sur la formation en radioprotection, certaines conditions cadre ont fortement changé. La nouvelle loi de 2002 sur la formation professionnelle suppose l'adaptation, d'ici 2007, de toutes les formations professionnelles concernées. Parmi elles, figurent plusieurs formations comprenant une activité radiologique ou offrant la possibilité d'effectuer un perfectionnement en vue de l'utilisation de rayons ionisants. La nouvelle loi sur la formation professionnelle met notamment l'accent sur l'encouragement de la perméabilité entre les différentes formations et une meilleure prise en compte des connaissances acquises en dehors d'une voie de formation usuelle. La formation en radioprotection doit donc être adaptée pour satisfaire à ces exigences. En collaboration avec l'OFFT et les organisations professionnelles, des études préliminaires ont par conséquent été menées durant l'année 2005 en ce qui concerne la formation d'assistantes médicales et vétérinaires afin de réaliser de manière appropriée la formation en radioprotection.

Depuis les accords bilatéraux de 2002 entre la Suisse et les Etats membres de l'UE portant sur la libre circulation des personnes, on constate une forte augmentation des demandes de reconnaissance de formations effectuées à l'étranger (fig. 14). Jusqu'à fin novembre 2005, les formations en radioprotection effectuées à l'étranger par 86 médecins (fig. 15) et par 107 médecins dentistes ont été reconnues.



**Fig. 14: Nombre de certificats de formation continue reconnus par l'OFSP**



**Fig. 15: Reconnaissance de la formation en radioprotection effectuée par des médecins étrangers**

Les formations en radioprotection ne sont pas harmonisées au niveau international et la reconnaissance des diplômes n'est pas réglée par des traités internationaux, si bien que la vérification de l'équivalence doit être effectuée au cas par cas en regard du cadre et du contenu de la formation. L'évaluation demande donc beaucoup de

temps et suppose une connaissance approfondie des concepts spécifiques nationaux des Etats membres de l'UE en matière de formation en radioprotection. Dans le but de créer un réseau de contacts internationaux et de trouver des débuts de solutions aux problèmes communs, nous avons participé activement à la International Conference on Education and Training in Radiological Protection (ETRAP) 2005 à Bruxelles.

### Produits radiopharmaceutiques

Les possibilités techniques actuellement disponibles dans le domaine de la radiopharmacie ont conduit à l'élaboration d'une nouvelle génération de produits radiopharmaceutiques. Les procédures d'homologation concernant ces produits de niche, qui sont très divers, ne sont pas adéquates. C'est pourquoi l'utilisation de produits radiopharmaceutiques se base toujours plus sur une autorisation spéciale ou dans le cadre d'études cliniques. Ainsi le nombre de demandes d'autorisation spéciale déposées en 2005 (153) et concernant des produits radiopharmaceutiques non homologués a pratiquement doublé par rapport à l'année précédente. Cela équivaut à une augmentation de plus de 400 % durant les quatre dernières années. Les demandes concernaient 22 préparations différentes contenant 10 radionucléides différents. Les kits de <sup>99m</sup>technetium ne concernaient plus que 10 % des cas. Dans 70 % des cas, l'autorisation spéciale concernait des produits TEP et 12 % des demandes concernaient des émetteurs de rayons  $\beta$ .

Un formulaire pour le dépôt de demandes d'autorisation d'études cliniques avec des substances marquées ou avec des produits radiopharmaceutiques a été élaboré; il est disponible depuis août 2005 sur la page d'accueil du site. Presque 20 % de demandes d'études cliniques de plus que l'année précédente ont été traitées pour l'octroi des autorisations correspondantes, soit 32. Il a été constaté une grande diversité des nucléides employés et des préparations. Les 32 études portaient sur 24 produits radiopharmaceutiques différents dont les trois quarts n'avaient pas été homologués. Là aussi les produits TEP étaient le plus fréquemment employés (55 %). Les kits de <sup>99m</sup>technetium ont été utilisés dans seulement 14 % des cas. La dose effective dans ce type d'études tend à augmenter et se situe généralement, lors des examens diagnostiques et physiologiques, dans le domaine des doses à forte intensité si bien qu'une augmentation de la dose à 5 mSv pour les volontaires sains a dû être autorisée. Un quart des études ont concerné le test de préparations thérapeutiques.

Comme chaque année, dans le cadre de la surveillance du marché, la qualité de trois produits radiopharmaceutiques

tiques a été contrôlée. Cette fois le contrôle a porté sur la grandeur des particules composant les produits car souvent ce paramètre de la qualité a une importance majeure. La Commission paritaire compétente en matière de produits radiopharmaceutiques (pFKR) de l'OFSP et de Swissmedic a traité douze demandes d'enregistrements, la moitié d'entre elles concernant des préparations thérapeutiques. Dans cinq dossiers, les substances TEP ont été évaluées.

### Grandes installations

#### Radioprotection au CERN

Le CERN est un laboratoire international dans lequel travaille un grand nombre de scientifiques, d'ingénieurs et de techniciens de tous pays. Le grand accélérateur de hadrons, Large Hadron Collider (LHC), en construction et dont la mise en service est prévue pour 2007 sera non seulement l'accélérateur de particules le plus puissant au monde mais également l'installation avec les rayonnements les plus intenses.

Quatre expériences de grande ampleur, ATLAS (fig. 16), CMS, ALICE et LHCb, portent sur les collisions de rayons du LHC. La complexité de l'installation exige de vouer une attention particulière à la sécurité au travail et

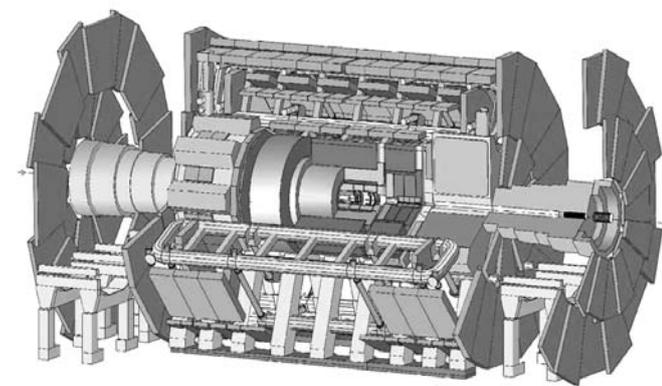


Fig. 16: Détecteur ATLAS

à la radioprotection. Les directives sur la radioprotection du CERN sont basées sur les directives de l'UE et sur les dispositions valables dans les deux pays hôtes que sont la Suisse et la France.

Dans le cadre de l'étude des effets futurs du LHC, l'autorité de surveillance française, soit la Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection (DGSNR), et l'OFSP ont approuvé le programme d'obtention des résultats du groupe de travail « Point zéro du LHC ».

Dans le cadre de ce programme, la radioactivité dans l'environnement du CERN doit être déterminée comme grandeur de référence (point zéro) avant la mise en exploitation du LHC, ce qui permettra de déterminer ultérieurement les effets dus à l'exploitation de celui-ci. Les laboratoires chargés du mandat par les autorités de surveillance, soit l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), la section Surveillance de la radioactivité de la division Radioprotection et l'Institut F.-A. Forel de l'Université de Genève, ont uni leurs forces afin de développer une stratégie de surveillance commune sur les territoires français et suisses. Les résultats des campagnes de mesures « Point zéro » – les premières mesures ont été effectuées à l'automne 2005 – figureront dans un premier rapport intermédiaire qui sera établi en 2006.

#### Radioprotection à l'IPS

L'Institut Paul Scherrer (IPS) est un des grands centres de recherche pour les sciences naturelles et l'ingénierie de la Suisse. Il est situé près de Villigen (AG). Toutes les installations produisant des rayonnements ionisants ainsi que tous les laboratoires de l'IPS travaillant avec la radioactivité sont sous la surveillance de l'OFSP, pour autant que ces installations ne soient pas considérées comme installations nucléaires.

L'OFSP suit plusieurs projets, notamment le projet PROSCAN (autorisation de mise en service délivrée en 2004) prévoyant un accélérateur de protons utilisé à des fins médicales dans la thérapie des tumeurs. Le premier rayon de protons a été produit en avril 2005 alors que la construction de lignes de faisceau et de zones d'expérimentation suivait son cours. Le projet MEGA-PIE (autorisation de mise en service délivrée en 2004), prévoyant la production de neutrons par bombardement d'une nouvelle cible de métal liquide par un rayon de protons provenant de l'installation SINQ, a également été poursuivi (fig. 17). Le montage de la nouvelle cible, la mise en exploitation inactive et des tests préliminaires ont été réalisés en 2005. Quant au projet « Ultra Cold Neutrons » (UCN), prévoyant une nouvelle installation de production de neutrons ultrafroids au moyen d'un faisceau de protons, l'OFSP a évalué le rapport de sécurité. Les travaux de construction concernant les blindages et d'autres éléments ont débuté en 2005. Plusieurs discussions ont eu lieu entre les équipes conduisant les trois projets et l'OFSP. Ce dernier a contrôlé la poursuite des travaux par le biais de quelques inspections et audits, en portant une attention particulière aux étapes de la construction et aux mises en exploitation significatives du point de vue de la radioprotection.

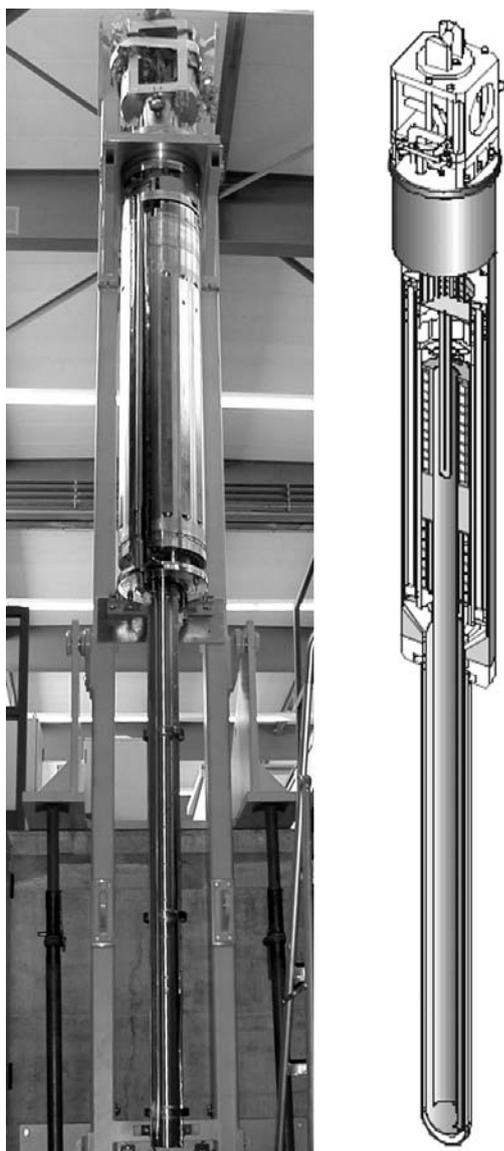


Fig. 17 : cible MEGAIE

Les doses les plus importantes reçues par les collaborateurs de l'IPS ont été enregistrées durant la période du shutdown, soit de début janvier à fin mars 2005. Durant cette période, la plupart des installations ont été arrêtées afin de pouvoir procéder à des travaux de maintenance, de réparation et de développement. L'IPS analyse préalablement la situation et élabore un plan de radioprotection dans le but d'optimiser le déroulement des travaux et, par là, de minimiser les doses reçues par le personnel. Lors de ce dernier shutdown, une dose collective de 75,3 personnes mSv a été mesurée pour l'ensemble des travaux.

Diverses inspections et contrôles ont été effectués dans le cadre de la désaffectation de zones contrôlées et de l'élimination de déchets inactifs provenant d'une zone contrôlée; à cet effet, donnant lieu à l'octroi de plus d'une quinzaine d'accords de l'OFSP. Environ 200 tonnes de matériaux, principalement du béton, des métaux, du

PVC et du bois, ont été contrôlés et éliminés de manière conventionnelle.

L'IPS, mais également son autorité de surveillance, l'OFSP, effectuent périodiquement des mesures, afin de s'assurer qu'aucune limite, que ce soit des limites sur les émissions, des limites sur les immissions ou des limites sur le rayonnement direct ne soient dépassées. Il existe en outre des valeurs seuils dont les dépassements doivent être notifiés par l'IPS à l'autorité de surveillance. La dose maximale annuelle de 20 mSv n'a jamais été atteinte en 2005. Tous les résultats montrent que, durant l'année en cours, les valeurs limites ont été respectées à l'IPS; l'OFSP n'a pas constaté, lors de ses inspections, de manquement aux lois et ordonnances en vigueur.

## Déchets radioactifs et héritages radiologiques

### Action de ramassage

Une action de ramassage des déchets radioactifs a de nouveau été entreprise en collaboration avec le Centre fédéral de ramassage en 2005. Contrairement aux années précédentes, cette action n'a été effectuée qu'à l'automne. Au total, 28 entreprises ont remis un volume de 2 m<sup>3</sup>, dont 0,8 m<sup>3</sup> sous forme conditionnée. Comparé à l'année précédente, il y avait environ moitié moins de déchets, une entreprise livrant généralement de grandes quantités de déchets n'ayant rien livré en 2005.

L'activité  $\beta/\gamma$  se montait à 949'000 GBq; elle était principalement due à du tritium. Par rapport à l'année précédente, cette activité était sensiblement plus élevée et provenait de la fabrication de sources lumineuses au tritium dans l'industrie des peintures luminescentes.

### Soutien accordé aux entreprises lors de l'élimination de déchets radioactifs

Pour garantir un conditionnement et une notification conformes des déchets radioactifs, certaines entreprises ont été soutenues par des spécialistes de l'OFSP lors d'éliminations de grandes quantités de matériaux. Afin que l'élimination de petites quantités de déchets radioactifs (volumes inférieurs à 1 litre) n'entraîne pas des coûts et des charges disproportionnés pour les entreprises, les inspecteurs acceptent de se faire remettre de telles sources de rayonnement à l'occasion de leurs visites et les signalent en vue de l'action de ramassage. Cette démarche pragmatique permet d'éviter le stockage intermédiaire de sources de rayonnement non utilisées ou même leur élimination illégale.



Fig. 18: Echantillons de minéraux

### Élimination d'une collection de minéraux contenant de l'uranium et du thorium

A l'occasion du renouvellement de l'autorisation de stockage de l'importante collection d'échantillons de roches contenant de l'uranium et du thorium (fig. 18) en sa possession, la direction d'un institut universitaire a décidé de liquider celle-ci. Après examen, l'OFSP a constaté que la radioactivité des échantillons se situait en-dessous du seuil fixé par l'ordonnance sur la radioprotection ( $< 40$  kB/kg) et que, par conséquent, la collection pouvait être éliminée comme des matériaux inactifs. Lors d'une élimination conventionnelle, il doit toutefois être garanti, au sens de la radioprotection, que personne ne court de risque lié aux rayonnements ionisants. En accord avec les autorités cantonales, un site de stockage approprié a pu être trouvé et les matériaux ont pu y être déposés de manière sûre sous la surveillance de l'OFSP.



Fig. 19: Mirages

### Liquidation des Mirages

Dans le cadre de la liquidation des Mirages (fig. 19) sur lesquels des alliages contenant du thorium, légèrement radioactifs, ont été utilisés en raison d'exigences techniques particulières, arma suisse a trouvé une solution impliquant la réutilisation ultérieure des avions. Quelques avions ont été remis à des musées suisses et étrangers à des fins d'exposition, ce qui permet de les conserver pour la postérité. Le solde, moteurs de rechange compris, a été retourné au fabricant français qui les réutilisera. Ainsi, le stockage intermédiaire des composants métalliques contenant du thorium et leur élimination en tant que déchets radioactifs en Suisse, encore prévus en 2004, ont pu être évités.

### Evaluation

L'OFSP constate que les entreprises utilisant des rayonnements ionisants accordent à la radioprotection l'attention qui convient. Elles sont soutenues dans leur démarche par les autorités de surveillance qui les rendent attentives aux possibilités d'optimisation. Depuis l'introduction, en 1995, de la maintenance obligatoire et du contrôle d'état des installations radiologiques à usage médical, celles-ci ont pu être mises et maintenues à un niveau technique élevé. La radioprotection dans les établissements médicaux peut être considérée comme bonne, en particulier en ce qui concerne la protection des patients, en premier lieu, du fait des inspections et audits effectués par échantillonnage sur place par l'OFSP. Des améliorations sont encore possibles dans le domaine des examens impliquant de fortes doses, effectués par tomodensitométrie et par radioscopie dans la radiologie interventionnelle (p.ex. cardiologie). Le projet d'optimisation pluriannuel (OSUR) devrait permettre de réduire encore davantage les doses de rayonnement dans ce domaine.

# Radon : 240 décès du cancer du poumon chaque année

## Résumé

Le radon, gaz naturel radioactif, est responsable d'environ 240 décès par cancer du poumon par an, en Suisse. C'est ce que montre une étude réalisée par l'Ecole supérieure de Hanovre sur mandat de la section Radon de l'OFSP. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) considère, depuis plus de dix ans déjà, que le radon est cancérigène. C'est d'ailleurs la substance cancérigène la plus importante rencontrée en milieu habité. A l'échelon national et international, on considère que le radon représente un problème important pour la santé. Ainsi, dans le Programme national contre le cancer pour la Suisse 2005–2010, le radon figure sous l'objectif « Réduire le nombre de cas de cancer dus à la pollution de l'environnement ». En outre, l'OMS a lancé le projet intitulé « International Radon Project ».

L'OFSP s'est fixé comme objectif d'éliminer les expositions maximales dues au radon d'ici 2014 et de réduire de moitié et à long terme le nombre de décès dus au radon. A cette fin, des campagnes de mesure sont réalisées sur l'ensemble des régions à concentrations accrues de radon. En outre, l'OFSP souhaite sensibiliser davantage les personnes concernées, en particulier pour ce qui est de la construction ou de la transformation de bâtiments, principalement par le biais de la formation des professionnels de la branche, de l'information de la population et de la collaboration avec les cantons.

La loi sur la radioprotection (LRaP) et l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP) sont entrées en vigueur en Suisse en 1994. Ces deux documents se fondent sur les connaissances établies par l'International Commission on Radiological Protection et prennent en compte les recommandations que celle-ci émet dans la publication 60 de la CIPR (Commission internationale de protection radiologique). En matière de radon, la LRaP confère des tâches à la Confédération et aux cantons.

Les tâches de la Confédération sont exécutées par l'OFSP; elles consistent à :

- informer le public sur la problématique du radon;
- conseiller les cantons, les propriétaires et autres intéressés;
- élaborer des recommandations sur la mesure du radon et effectuer des campagnes de mesure en collaboration avec les cantons;
- analyser l'origine et les effets du radon;
- évaluer les effets des actions menées;
- organiser des cours de formation;
- reconnaître les laboratoires de mesure.

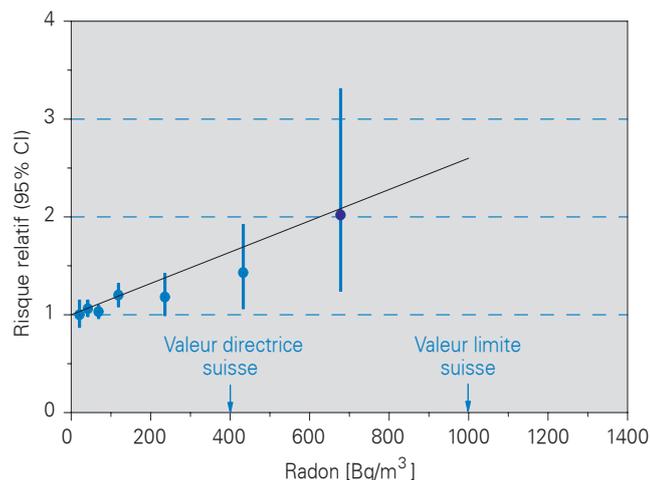
Les tâches des cantons consistent à :

- réaliser suffisamment de mesures du radon;
- déterminer les régions à concentrations accrues de radon;
- mettre à disposition les cartes des régions à concentrations accrues de radon;
- édicter des directives sur la construction et les faire appliquer;
- mesurer le radon par échantillonnage dans les nouveaux bâtiments;
- effectuer suffisamment de mesures dans les bâtiments publics dans les régions à radon;
- mettre en oeuvre les mesures nécessaires pour protéger les personnes concernées;
- ordonner des mesures de radon à la demande des personnes concernées;
- réaliser des programmes d'assainissement.

## Direction du programme

### Risque attribuable

Parmi les substances chimiques cancérigènes, le radon et ses produits de désintégration présentent de loin le plus grand risque de cancer du poumon lié à l'environnement. Cela a été prouvé à diverses reprises par des



**Fig. 20: Augmentation du risque relatif de cancer du poumon occasionné par le radon**

études portant sur des mineurs et par des enquêtes menées auprès de la population en général. Les récents résultats de deux grandes enquêtes menées simultanément en Europe et aux Etats-Unis semblent indiquer qu'il existe une relation linéaire entre l'exposition cumulée au radon et le risque de cancer du poumon. On relèvera tout particulièrement l'émergence de tumeurs à faible dimension cellulaire.

L'OFSP a mandaté l'Institut de Biométrie, d'épidémiologie et du traitement de l'information, WHO-Collaborating Center, de l'Ecole vétérinaire de Hanovre pour déterminer les paramètres du risque attribuable au radon pour la population suisse. Cette étude se fonde sur des résultats de recherches concernant le risque lié au radon dans les locaux ainsi que sur des données sur l'exposition au radon, la mortalité et le tabagisme. Les données actuelles, relatives au radon et au tabagisme en Suisse ont été mises à disposition par l'OFSP; celles concernant la mortalité, par l'Office fédéral de la statistique. Des modélisations mathématiques basées sur ces données ont été effectuées en utilisant le concept général de l'OMS intitulé « Global Burden of Disease ». En Suisse, environ 2800 personnes contractent annuellement le cancer du poumon. Pour des locaux présentant une concentration de radon moyenne de 78 Bq/m<sup>3</sup> (moyenne arithmétique de l'exposition au radon pondérée selon les étages du bâtiment et la structure de la population), on peut admettre qu'environ 8,5 % des cancers du poumon sont dus au radon présent dans les locaux, soit environ 240 cancers du poumon par an. Les concentrations cantonales moyennes étant très diverses, le risque attribuable au radon pour la population est donc également très différent selon les cantons. Le nombre de décès dus au cancer du poumon attribuable au radon dépend cependant aussi du nombre d'habitants par canton. Ces calculs ont été validés par la

modification des hypothèses sous-tendant les modèles et par la comparaison avec les calculs effectués dans d'autres pays. L'évaluation des analyses effectuées en Suisse a ainsi montré que celles-ci reflétaient plutôt la tranche inférieure des cancers du poumon dus au radon présent dans les locaux. Les calculs confirment que le radon présent dans les locaux d'habitation constitue le facteur de risque environnemental le plus important pour ce qui concerne le cancer du poumon dans la population suisse. Le nombre de décès attribuables au radon peut toutefois être réduit par une diminution de la teneur moyenne du radon dans les maisons.

### Concept de mise en œuvre 2005–2014

Si l'année 2004 a été largement consacrée à l'évaluation du programme Radon (1994–2004), les activités de l'année sous rapport ont principalement consisté à « tirer des leçons du passé ». L'évaluation de l'année précédente avait mis en évidence de nombreux aspects positifs, mais également sept points à améliorer si l'on voulait effectivement atteindre les objectifs fixés pour 2014. Un nouveau concept de mise en œuvre (2005–2014) a été élaboré sur la base de ces propositions d'amélioration. Il fixe les objectifs prioritaires et les objectifs principaux à atteindre et formule, pour chaque champ d'action, des buts spécifiques, des contraintes de performance et des trains de mesures. Les nouveaux champs d'action résultent de la logique du processus; ils s'intitulent :

- Mesure et cartographie du radon
- Directives sur la construction
- Mesures liées à la construction
- Formation
- Communication
- Direction du programme

Dans le cadre des deux objectifs prioritaires, le risque individuel lié au radon doit être réduit à 10<sup>-3</sup> par an d'ici 2014, et le risque collectif attribuable au radon, de 50 % à long terme. Cela signifie, d'une part, que tous les bâtiments présentant des dépassements de la valeur limite devront être assainis et, d'autre part, que la concentration de radon de 100 Bq/m<sup>3</sup> devra être respectée dans les nouvelles constructions.

La réalisation des objectifs principaux dépend évidemment de la réussite des buts spécifiques et des contraintes de performance dans les divers champs d'action. Ainsi, dans le cadre du champ d'action « Mesure et cartographie », les 80 000 bâtiments situés dans les régions à concentrations accrues de radon devront être soumis à mesure. Ce n'est qu'ainsi que les bâtiments présentant des dépassements de la valeur limite pourront être repérés. Le champ d'action « Mesures liées à

la construction » vise à un assainissement correct, d'ici à 2014, des bâtiments (environ 5000) présentant des dépassements de la valeur limite. Le domaine « Formation » doit veiller à ce qu'un nombre suffisant de spécialistes soit disponible dans les diverses régions afin que les assainissements puissent être réalisés et que des mesures de prévention puissent être prises. C'est pourquoi la mesure principale prévue dans ce domaine est constituée par la conception et la réalisation de la formation et du perfectionnement de spécialistes de la construction. Et finalement, dans le champ d'action « Directives sur la construction » seront créées et introduites des normes régulatrices – en particulier dans le cadre de la procédure d'octroi du permis de construire, seule façon de garantir une prise en compte suffisante de la problématique du radon en matière de construction. Enfin, le champ d'action « Communication » soutient les autres champs d'action dans la réalisation de leurs objectifs par des mesures d'accompagnement, telles que la communication, et veille à ce que la population concernée commence à prendre au sérieux la problématique du radon et agisse en conséquence. La « Direction du programme » coordonne les autres champs d'action et veille à la planification, à la direction et au développement stratégique du programme.

### Expertise et conséquences

En raison d'interprétations divergentes des art. 110 à 118 de l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP), la section Radon a décidé de faire expertiser lesdits articles (expert: Hansjörg Seiler, professeur de droit public à l'Université de Lucerne).

L'expert constate que les cantons situés dans les régions à concentrations accrues de radon sont incontestablement tenus d'ordonner, et si nécessaire de faire exécuter des mesures et des assainissements. L'ordonnance ne prévoit pas de marge d'appréciation en cas de dépassements des valeurs limite et directrice. La différence de traitement des dépassements de valeur limite, selon que l'on se trouve dans une région à concentrations accrues de radon ou non, a également été constatée. En effet, l'obligation d'assainir un bâtiment habité par son propriétaire ne s'applique en principe pas en dehors des régions à concentrations accrues de radon, et ce bien que la valeur limite soit dépassée. Cette différence de traitement sera gommée à l'avenir.

### Mesure et cartographie

L'établissement du cadastre du radon a été terminé fin septembre 2004, dans le respect des délais. Des mesu-

res ont été effectuées dans la plupart des communes. Certaines communes ont cependant été classifiées par leur canton sans que des mesures y aient été effectuées.

Des campagnes de mesure du radon sont en cours dans les régions où l'établissement du cadastre a révélé des concentrations accrues. En hiver 2004/2005, elles ont principalement été menées au Tessin et dans le canton de Berne. En hiver 2005/2006, de telles campagnes ont démarré dans les cantons du Tessin, de Berne, de Neuchâtel et des Grisons. Dans le cadre du programme d'assainissement, la première phase est la recherche des bâtiments avec dépassement de la valeur limite. Le Tessin procède à des mesures dans environ 10 000 bâtiments de l'agglomération de Lugano. La distribution des dosimètres se fait par l'intermédiaire de la protection civile. Cette campagne sera suivie par d'autres couvrant toutes les communes du canton. Les campagnes de mesure dans les cantons de Neuchâtel et de Berne se font sur une base facultative, les habitants pouvant aller chercher un dosimètre au bureau communal.

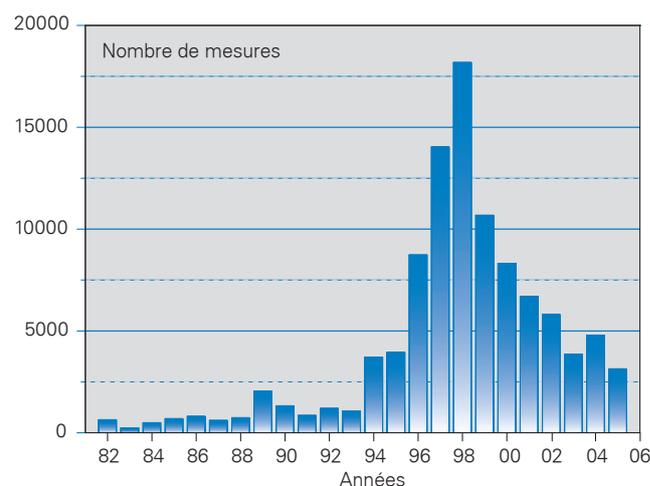


Fig. 21: Nombre de mesures par an

La figure 21 montre le nombre de mesures de concentrations de radon effectuées annuellement depuis 1982. Après la phase d'établissement du cadastre du radon durant la période 1994 à 2004, on constatera bientôt une augmentation notable, due aux campagnes de mesure concernant l'ensemble des régions à concentrations accrues de radon et au succès de la rencontre avec les médias de novembre 2005.

La banque de données suisse du radon contient actuellement des données concernant environ 57 700 bâtiments et plus de 105 500 mesures, dont 62 700 concernent des locaux habités. Une nouvelle base de données centralisée, adaptée aux besoins actuels et directement accessible par Internet avec certificat pour les person-

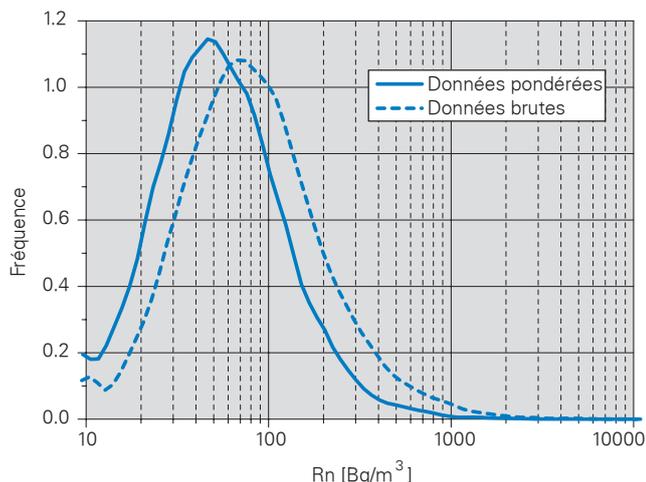


Fig. 22: Concentrations de radon dans les locaux habités

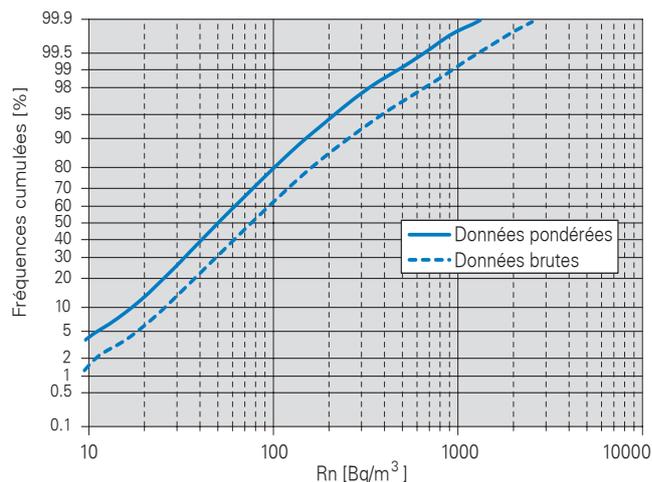


Fig. 23: Fréquences cumulées des concentrations de radon dans les locaux habités

nes autorisées, est en cours de réalisation. Pendant la période intermédiaire, une base de données corrigée et améliorée a été mise à disposition des cantons.

**Répartitions**

Les mesures effectuées dans les locaux habités donnent une bonne image de l'exposition au radon. Les critères du choix des maisons se basant plutôt sur les concentrations élevées, la répartition des résultats des mesures n'est pas représentative pour la population. Une répartition représentative s'obtient en prenant en compte les étages et les densités des populations régionales (fig.

22). La moyenne arithmétique pondérée des concentrations en radon se monte à 78 Bq/m<sup>3</sup> dans les locaux habités. A partir des répartitions cumulées représentatives (fig. 23), on peut estimer qu'environ 1 à 2 % de la population (soit 70 000 à 140 000 personnes) vivent dans des concentrations supérieures à 400 Bq/m<sup>3</sup>; environ 0.2 % (soit env. 14 000 personnes), dans des concentrations supérieures à 1000 Bq/m<sup>3</sup>. En Suisse, la valeur limite de la concentration en radon est dépassée dans plusieurs milliers de maisons.

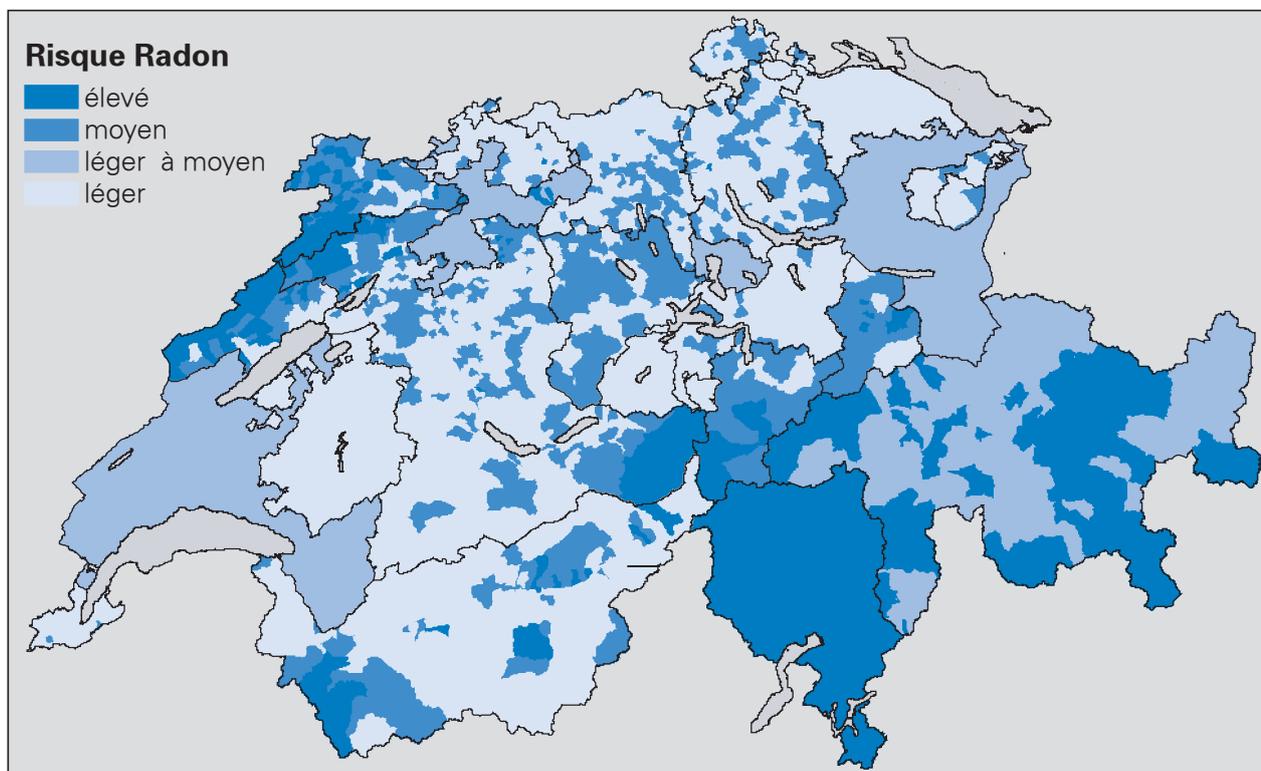


Fig. 24: Carte du Radon en Suisse. Etat janvier 2006; L+T, Geostat

### Carte du radon

La carte du radon est basée sur un classement effectué par les cantons. Ils utilisent pour ce faire une cartographie à deux ou à trois zones :

- 2 zones: risque léger à moyen et élevé
- 3 zones: risque léger, moyen et élevé

Une commune avec un risque radon élevé correspond à une zone à concentrations accrues en radon au sens de l'ordonnance sur la radioprotection. La plupart des cantons utilisent le système de cartographie à trois zones.

Les 2763 communes de Suisse sont toutes classifiées. La carte du radon (fig. 24) fait apparaître d'importantes régions à concentrations accrues de radon principalement dans les Alpes et le Jura. Des concentrations accrues isolées existent toutefois également sur le Plateau suisse.

On connaît à ce jour environ 2400 dépassements de la valeur directrice et 760 dépassements de la valeur limite. Le nombre de dépassements des valeurs directrice et limite par canton est représenté sur la figure 25.

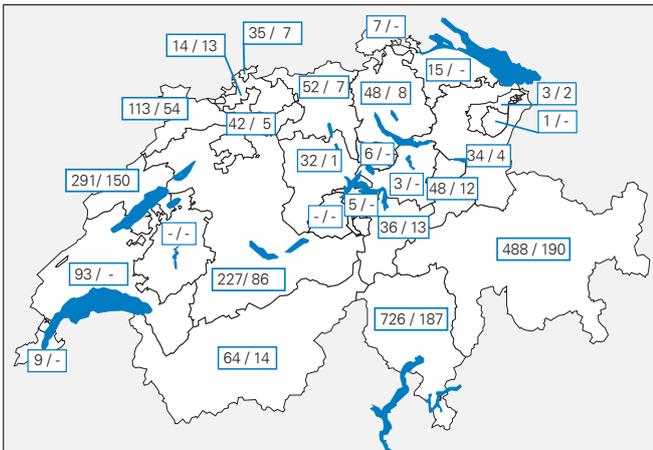


Fig. 25 : Dépassements des valeurs directrice et limite par canton. Etat: janvier 2006; L+T, Geostat.

### Atlas suisse du radon

La carte du radon, établie à partir des valeurs moyennes mesurées au niveau communal dans les locaux habités et de la classification effectuée par les cantons, ne permet pas de représenter des concentrations accrues de radon locales à l'intérieur d'une commune ou réparties sur plusieurs d'entre elles. Des méthodes géostatistiques permettent d'étudier et de représenter les paramètres spatiaux liés aux points de mesure. Le projet pilote d'atlas suisse du radon, actuellement mené par l'Institut de géomatique et d'analyse du risque de l'Université de Lausanne, a débuté par une analyse du canton de

Berne. La méthode de cartographie choisie sera ensuite appliquée à toute la Suisse, après la correction des coordonnées de certains bâtiments.

### Mesures liées à la construction et directives sur la construction

#### Amélioration d'un assainissement

Les assainissements se répartissent en deux groupes principaux: les systèmes passifs et les systèmes actifs. Dans un local construit sur un vide sanitaire, l'architecte mandaté, a pour réduire la concentration de radon, choisi la méthode passive et fait réaliser cinq percements dans les murs du vide sanitaire. Ceux-ci devraient permettre un renouvellement naturel et donc une baisse de la concentration en radon.

L'interface entre le vide sanitaire et les locaux est une construction préfabriquée, un mélange de profils métalliques et de briques en terre cuite (hourdis). Ce type de construction est connu pour avoir une faible résistance au passage de l'air. Mesures de contrôle de la concentration en radon durant trois mois après le premier assainissement: vide sanitaire 4430 Bq/m<sup>3</sup>, local au rez-de-chaussée 630 Bq/m<sup>3</sup>. Le résultat obtenu étant supérieur à la valeur directrice de 400 Bq/m<sup>3</sup> un test pour l'amélioration du système a été réalisé à l'aide d'un système actif. Un ventilateur met en dépression le vide sanitaire, les quatre autres ouvertures sont colmatées.

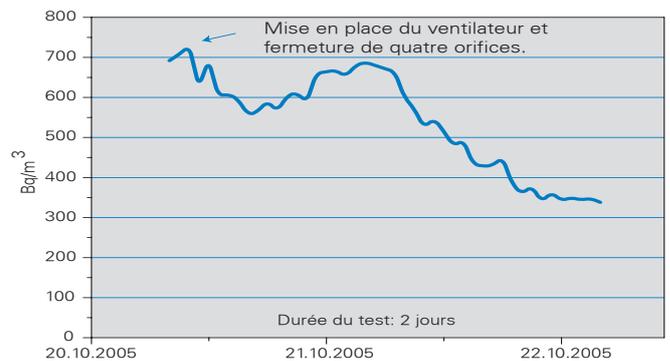


Fig. 26 : Réduction de la concentration du radon par la ventilation

Résultats obtenus en deux jours (Fig. 26): la concentration en radon des locaux a été réduite de moitié. Le système a été installé définitivement et une mesure de radon de trois mois est en cours. Le coût du premier assainissement (assainissement passif) 4500 francs. Le coût de l'assainissement plus performant (assainissement actif) 1000 francs. Les frais en électricité du ventilateur installé s'élèvent à environ 10 centimes par jour.

### Infiltrations de radon

Pour étudier les effets et les méfaits des surpressions dans les bâtiments (fig. 27), un mandat a été confié à la Haute école technique et d'architecture (HTA) de Horw. Le rapport détaillé est disponible sur Internet ([www.ch-radon.ch](http://www.ch-radon.ch)). En voici quelques éléments. Tous les éléments de construction en contact avec le sol peuvent laisser passer une certaine quantité d'air avec des composants tels que l'humidité, le radon etc.

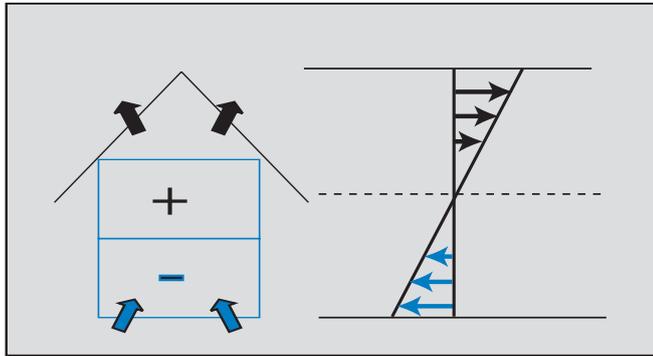


Fig. 27: Répartition des pressions dans le bâtiment

La quantité d'air d'infiltration est fonction de la différence de pression entre l'intérieur du bâtiment et le terrain. Cette différence est due de façon naturelle à l'effet de cheminée, auquel s'ajoutent des éléments tels que la ventilation mécanique et les systèmes de chauffages à combustion. On peut réduire de façon importante les infiltrations de radon en diminuant la dépression dans le bâtiment. Ceci peut se faire à l'aide d'éléments d'équilibrage qui permettent de réduire la pression négative. Ces éléments peuvent se placer dans les murs, dans les fenêtres ou un système mécanique de ventilation permet de réduire la dépression en amenant de l'air extérieur (avec un système de préchauffage de l'air pour l'hiver).

De la même façon les chauffages et cheminées doivent être équipés d'amenées d'air frais extérieur. Chaque maître d'ouvrage devrait exiger ce type d'installation pour tout nouveau bâtiment ainsi que pour des transformations importantes.

### Assainissement d'une maison très polluée au Tessin

Des concentrations de radon très élevées ont été mises en évidence dans une maison de la commune tessinoise de Cadro. Dans la cave, les valeurs maximales atteignaient  $54\,000\text{ Bq/m}^3$ , les valeurs moyennes se situant vers  $38\,000\text{ Bq/m}^3$  (fig. 28). Au premier étage on a mesuré une moyenne de  $1\,200\text{ Bq/m}^3$ , au troisième  $300\text{ Bq/m}^3$ .

Pour réduire la teneur en radon on a installé un puisard. Au moyen d'un ventilateur de 60 W, l'air chargé de radon

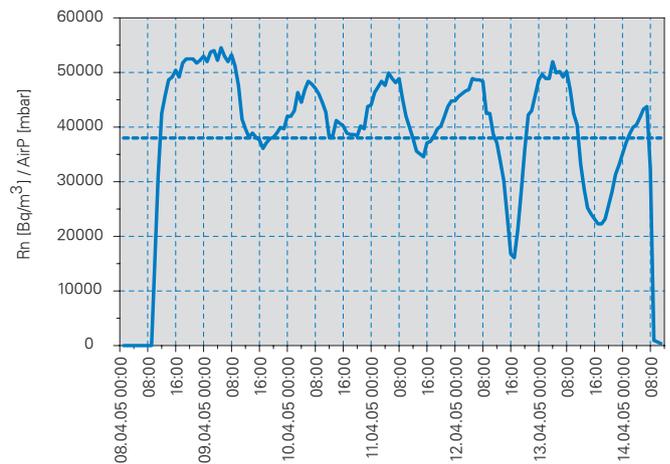


Fig. 28: Concentration de radon avant assainissement

est ventilé vers une conduite l'évacuant au-dessus du toit. Les résultats des mesures de contrôle ont été  $200\text{ Bq/m}^3$  au premier et  $160\text{ Bq/m}^3$  au troisième étage. Conclusion – l'assainissement est réussi.

### Formation

Selon le concept de mise en œuvre 2005–2014, le champ d'action « Formation » a pour objectif d'intégrer de manière appropriée le thème du radon dans la formation des professionnels du bâtiment. A cet effet, des cours seront proposés dans les trois régions linguistiques. Le nombre de professionnels formés en matière de radon doit être suffisant pour pouvoir assainir les bâtiments de manière conforme.

### Ordonnances sur la formation

Suite à l'entrée vigueur, en janvier 2004, de la nouvelle loi sur la formation professionnelle, les ordonnances sur la formation devront être adaptées. Toutes les professions du bâtiment devront en effet intégrer le radon dans leur formation. Un modèle de texte a été élaboré à cet effet, modèle qui devrait être repris dans les diverses ordonnances concernées. L'OFSP est soutenu dans cette démarche par l'Office fédéral de la formation professionnelle et de la technologie (OFFT).

La section Radon de l'OFSP considère que le radon constitue une matière importante pour 43 métiers de la construction. En font notamment partie, les métiers de dessinateur en bâtiment, d'installateur de système de ventilation, d'étancheur, de dessinateur-électricien, de projecteur en technique du bâtiment.

Communication

**Concept et premières mesures**

Un groupe de pilotage, formé de spécialistes internes et externes, a élaboré un concept fondé sur la stratégie et axé sur les objectifs à atteindre. Les ressources étant limitées, les efforts seront concentrés et mis principalement au service des autres champs d'action. En outre, des mesures spécifiques ont été données à certains groupes. Ainsi, – tout d'abord dans le cadre d'un projet pilote régional – tous les maîtres d'ouvrage recevront, au cours de la procédure d'octroi du permis de construire, des informations en matière de radon les visant spécifiquement. Ce n'est que si de nombreux maîtres d'ouvrage prennent des mesures de prévention que le risque collectif attribuable au radon peut être réduit à long terme. Il faudra trouver en outre, au sein des associations, des membres souhaitant collaborer et pouvant servir de relais.

dant des semaines. En corollaire, le nombre de demandes de renseignements effectuées au stand commun de la section Radon et du laboratoire cantonal a été très élevé.

**Rencontre avec les médias : un franc succès**

La rencontre avec les médias du 21 novembre 2005 relative au risque attribuable au radon a eu un écho inattendu. Dans les jours qui suivirent, les médias électroniques ont évoqué le radon 47 fois au total ; dans la presse écrite, le problème du radon a été traité environ 300 fois. La section Radon a reçu pendant des semaines des centaines de demandes de renseignements par courriel et par téléphone. De nombreux cantons ont également noté une augmentation du nombre de demandes de renseignements. La forte demande en dosimètres a entraîné quelques ruptures de stocks à court terme.

**Internet : service souvent fréquenté**

Le nombre de visite du site Internet [www.ch-radon.ch](http://www.ch-radon.ch) est directement influencé par les apparitions du thème du radon dans les médias (fig. 30). Le pic de janvier est lié à un article paru dans le « Beobachter ». Suite à la conférence de presse du 21 novembre 2005, près de 18 000 personnes ont visité le site Internet du radon. Le moteur de recherche par commune est l'une des pages les plus visitées.

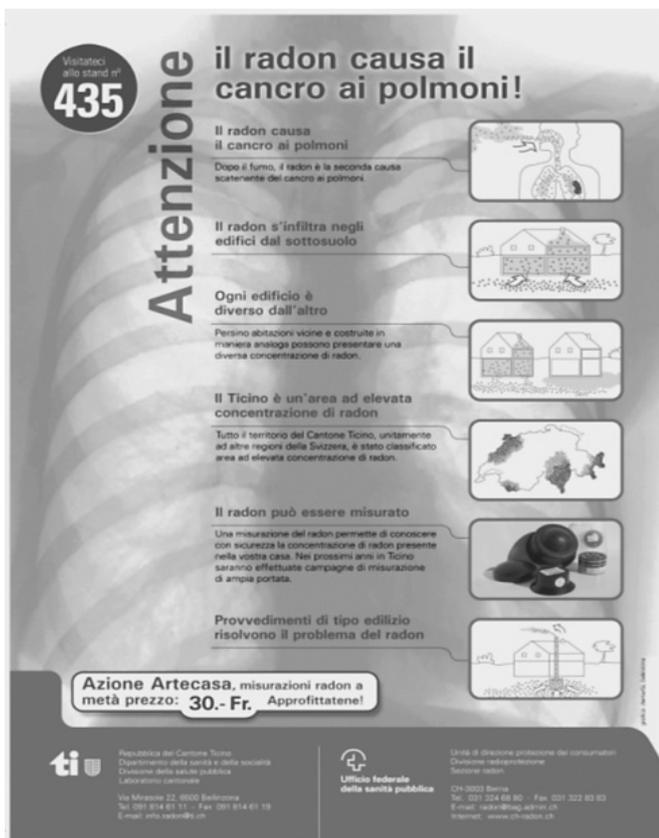


Fig. 29 : Anzeig in der Broschüre von Artecasa

**Artecasa : grand intérêt pour le radon**

L'exposition artisanale Artecasa s'est tenue mi-octobre à Lugano. Elle a marqué le début de la campagne de mesure du radon dans l'ensemble du canton du Tessin. Suite aux contacts entretenus à cette occasion par le laboratoire cantonal tessinois avec les médias (fig. 29), le radon a constitué un centre d'intérêt médiatique pen-

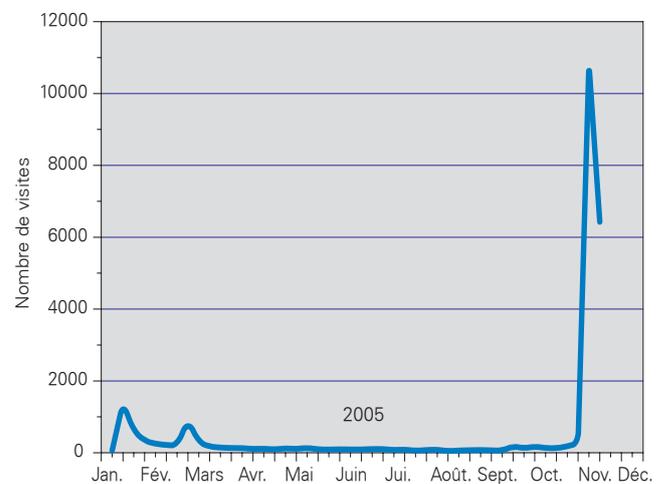


Fig. 30 : Nombre de visites du site Internet par semaine

**Soirées d'information de la population**

De nombreuses soirées d'information de la population sont organisées dans le cadre des campagnes de mesure du radon. Deux soirées d'information ont par exemple eu lieu dans les communes de Môtiers et de La Brévine. Ces soirées permettent de présenter la problématique du radon en détail et de répondre aux questions du public.

# Surveillance de l'environnement

## Tâches

### Surveillance des rayonnements ionisants et de la radioactivité

Conformément aux art. 104 à 106 de l'ordonnance sur la radioprotection, l'OFSP est responsable de la surveillance des rayonnements ionisants et de la radioactivité dans l'environnement. Le contrôle des centrales nucléaires s'effectue en collaboration avec la Division principale de la sécurité des installations nucléaires (DSN). En concertation avec d'autres services de la Confédération, des cantons et des universités, l'OFSP élabore un programme de prélèvements d'échantillons et de mesures, collecte et interprète les données, et publie annuellement les résultats ainsi que les doses de radiations qui en découlent pour la population.

### Valeur de tolérance et la valeur limite

La base légale pour la surveillance de l'environnement est donnée par l'art. 102 de l'ordonnance suisse sur la radioprotection (ORaP) fixant les valeurs limites d'immission pour l'air et l'eau, ainsi que par l'ordonnance sur les substances étrangères et les composants fixant les valeurs limites et de tolérance pour les radionucléides dans les denrées alimentaires.

### Procédés d'échantillonnage et de mesure

Le programme de surveillance concerne non seulement la radioactivité déposée au sol, mais surtout celle contenue dans l'air, les précipitations, le sol, l'herbe, le lait, l'eau potable et différentes denrées alimentaires, la radioactivité dans les eaux superficielles, les poissons et les sédiments, ainsi que dans les eaux usées de centrales nucléaires, d'entreprises, de stations d'épuration et de décharges. Le contrôle final est réalisé par des analyses de la radioactivité présente dans le corps humain. Des réseaux de mesure automatiques déterminent les doses dans tout le pays (NADAM) et dans le voisinage des centrales nucléaires (MADUK) ainsi que la radioactivité des aérosols (RADAIR) (fig. 31). Des prélèvements d'échantillons d'aérosols, de précipitations et d'eau de

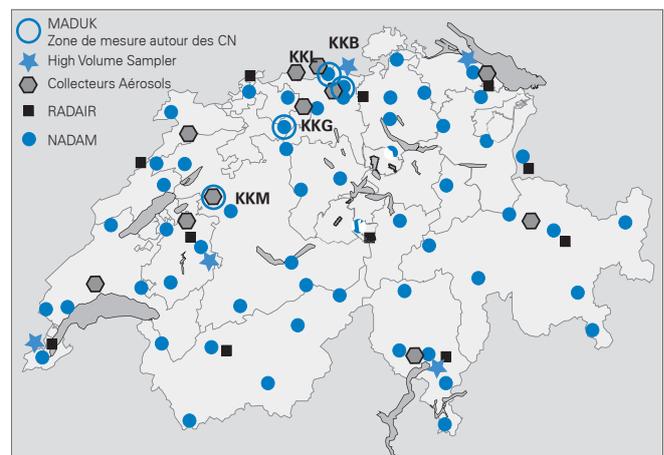


Fig. 31: Réseaux de mesure en Suisse

rivières sont effectués en continu, la surveillance des sédiments, du sol, de l'herbe, du lait et des denrées alimentaires s'effectue dans le cadre de contrôles par sondage. Les résultats sont enregistrés dans une banque de données nationale. Une sélection des valeurs récentes est disponible sur Internet: [www.str-rad.ch](http://www.str-rad.ch). Les programmes de mesure sont comparables aux programmes correspondants des pays voisins. Les procédés d'échantillonnage et d'analyses correspondent à l'état actuel des connaissances et de la technique. Les laboratoires participent à des intercomparaisons.

## Activités et résultats

### Surveillance du voisinage des centrales nucléaires

Au niveau des centrales nucléaires, les émissions de substances radioactives sont limitées par l'autorité compétente de telle sorte qu'aucune personne résidant dans les environs ne puisse recevoir une dose supérieure à 0.3 mSv par an. L'exploitant doit mesurer ses émissions et en communiquer le bilan à l'autorité de surveillance. Celle-ci effectue ses propres mesures de contrôle et calcule les doses reçues par la population avoisinante. Les environs des centrales nucléaires sont surveillés au

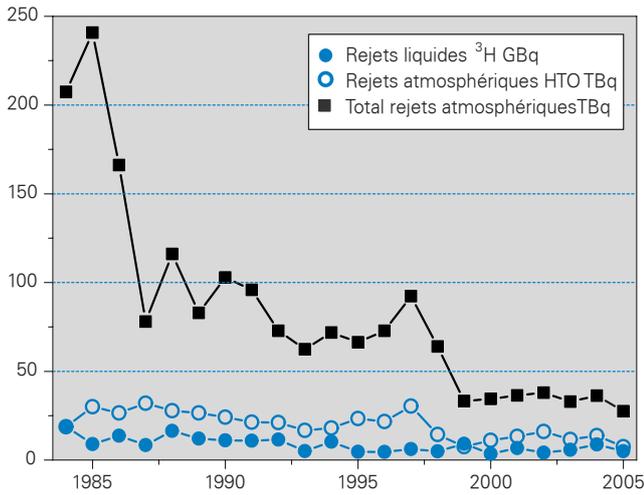


Fig. 32: Emissions de tritium de l'entreprise mb-microtec AG (Niederwangen/BE) par l'air vicié et les eaux usées.

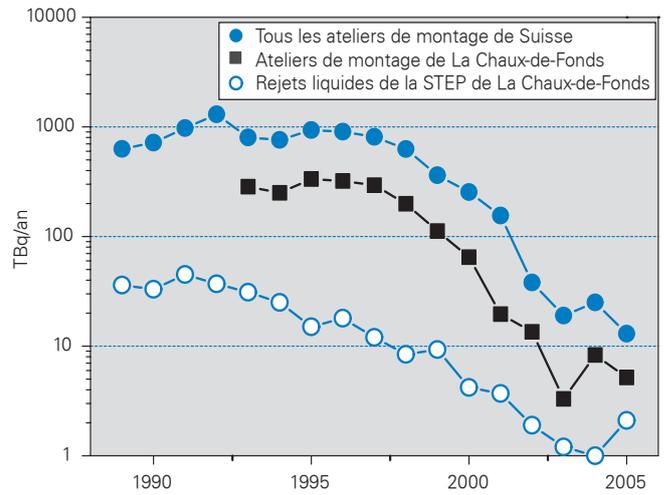


Fig. 34: Utilisation de tritium dans l'industrie horlogère en Suisse

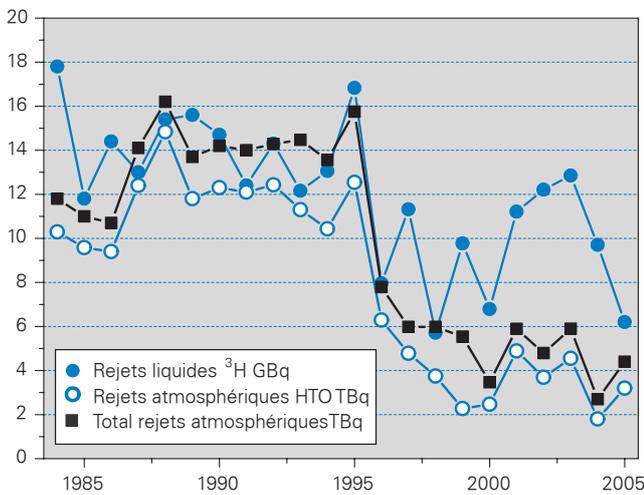


Fig. 33: Emissions de tritium de l'entreprise RC Tritec AG (Teufen/AR) par l'air vicié et les eaux usées.

moyen d'un programme de mesure commun de l'OFSP et de la DSN. Les émissions effectives des centrales nucléaires suisses représentent moins de 1% des limites de rejet, sauf pour le tritium dans les eaux de rejet des réacteurs à eau pressurisée qui peut atteindre 10 à 20 % des limites en question.

### Surveillance de l'IPS

L'Institut Paul Scherrer (IPS) compte au total dix sources d'émission. L'ensemble des émissions ne doit pas occasionner une dose de plus de 0.15 mSv par an. Les émissions effectives restent inférieures à 3 % de cette valeur. La surveillance du voisinage est réalisée par l'IPS et, indépendamment, par des mesures supplémentaires effectuées par les autorités et par des laboratoires mandatés par celles-ci.

### Surveillance du CERN

Au niveau du CERN, à Genève, la surveillance est assurée par les autorités françaises et suisses. Ce sont la

Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR) et l'OFSP. Les laboratoires du CERN présentent le bilan de leurs émissions dans l'environnement sous la surveillance de la Commission de sécurité du CERN. L'ensemble des émissions ne doit pas occasionner de dose supérieure à 0.3 mSv par année. Les émissions effectives induisent des doses inférieures à un dixième de cette valeur. La surveillance du voisinage est réalisée, d'une part, par le CERN lui-même et, de l'autre, par les autorités des pays respectifs ainsi que par des laboratoires mandatés par ces dernières.

### Forte diminution de l'utilisation de tritium dans l'industrie horlogère

Des entreprises industrielles utilisent également des substances radioactives. Elles ont recours au tritium dans la fabrication de peintures luminescentes destinées à l'industrie horlogère et de sources lumineuses au tritium. Il arrive qu'elles fassent également usage d'autres radionucléides, mais en très faibles quantités. Ces entreprises sont également tenues de communiquer à l'autorité de surveillance le bilan de leurs émissions. Celles-ci ont atteint 10 à 30 % des valeurs limites, au cours de ces dernières années. Dans le voisinage de ces entreprises, le tritium est analysé dans les précipitations, l'humidité de l'air et les eaux superficielles. Pour ce qui est des ateliers de La Chaux-de-Fonds spécialisés dans l'application de peintures luminescentes, le tritium est également analysé dans les eaux de lavage des fumées de l'usine d'incinération et dans les eaux usées de la station d'épuration locale (fig. 32 et 33). Les décharges sont surveillées de manière ciblée par l'analyse des eaux d'infiltration. Comme on peut le voir sur la figure 34, l'utilisation de tritium par l'industrie horlogère a diminué approximativement d'un facteur 100 au cours de ces dix dernières années, du fait que plusieurs horlogers ont renoncé au tritium.

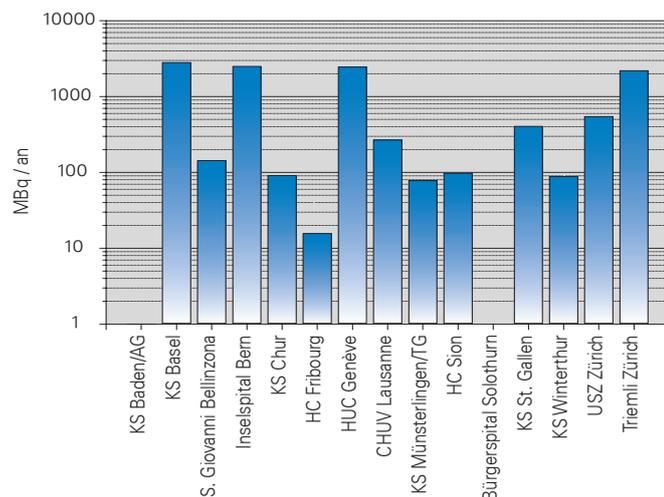


Fig. 35: Rejets d'iode 131 des hôpitaux suisses en 2005. Les émissions des hôpitaux de Baden et de Soleure représentent moins de 1 MBq par an

### Élimination contrôlée de l'iode dans les hôpitaux

Les hôpitaux utilisent de l'iode 131 pour le diagnostic et le traitement de maladies de la thyroïde, ainsi que d'autres radionucléides en faibles quantités à des fins d'applications diagnostiques et thérapeutiques. Les patients suivant une thérapie à l'iode et ayant reçu moins de 200 MBq (méga Bq = 10<sup>6</sup> Bq) en ambulatoire peuvent quitter l'hôpital après la thérapie. Les patients ayant reçu plus de 200 MBq sont isolés dans des chambres spéciales pendant les premières 48 heures après le traitement. Les excréments de ces patients sont collectés dans des installations particulières de contrôle des eaux usées et ne sont rejetés dans l'environnement qu'après diminution de leur activité en dessous des valeurs limites d'immission (fig. 35). Les valeurs limites d'immission sont basées sur l'art. 102 de l'ordonnance sur la radioprotection. Celui-ci précise que la concentration dans les eaux accessibles au public ne doit pas dépasser 10 Bq par litre pour l'iode 131, en prenant en compte l'ensemble des eaux usées de l'entreprise concernée. Dans le cadre de la surveillance de l'environnement, des échantillons d'eaux usées sont prélevés chaque semaine dans les stations d'épuration des grandes agglomérations et analysés du point de vue de leur concentration en iode 131.

### Surveillance de la radioactivité de l'air

Dans l'air et dans les eaux de pluie, les concentrations des radionucléides artificiels sont très faibles, généralement non détectables. Le réseau automatique de détection dans l'air d'immissions radioactives (RADAIR) a pour fonction de déclencher rapidement une alarme en cas d'augmentation de la radioactivité de l'atmosphère. Il a fonctionné en 2005 sans interruption importante. La radioactivité de l'air provient pour l'essentiel de radionucléides naturels: béryllium 7, plomb 210 et radon avec

ses descendants. Dans les précipitations, la radioactivité est principalement liée au tritium naturel produit par les rayons cosmiques. Dans les rivières, la teneur en tritium est généralement aussi de quelques Bq par litre.

### Pas de valeurs accrues dans le sol

Le sol est un bon intégrateur des dépôts atmosphériques (fig. 36 et 37). Là aussi, ce sont les radionucléides naturels qui dominent. Des différences régionales apparaissent au niveau des isotopes artificiels provenant des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident au réacteur de Tchernobyl. Dans les Alpes et le sud des Alpes, les valeurs de césium 137 et de strontium 90 sont toujours un peu plus élevées que sur le Plateau suisse (fig. 36 et 37). Quant aux émetteurs alpha artificiels comme le plutonium 239 et 240 et l'américium 241, il en subsistent des traces infimes dans le sol. Dans les échantillons d'herbe et de denrées alimentaires, c'est le potassium 40 naturel qui domine. Les radionucléides

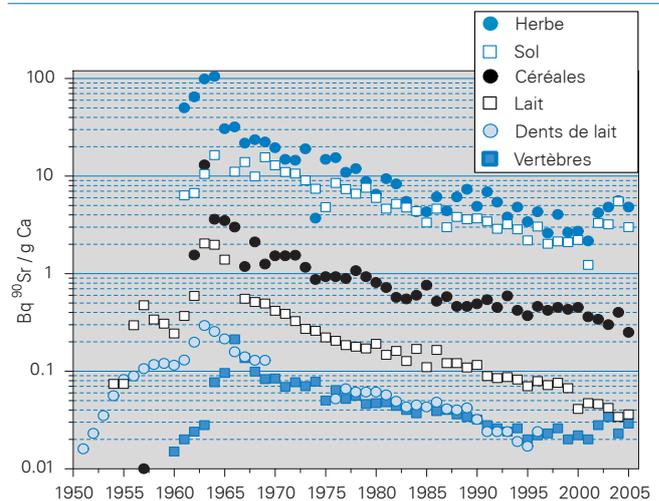


Fig. 36: Strontium 90 dans divers échantillons pour les années 1950 à 2005

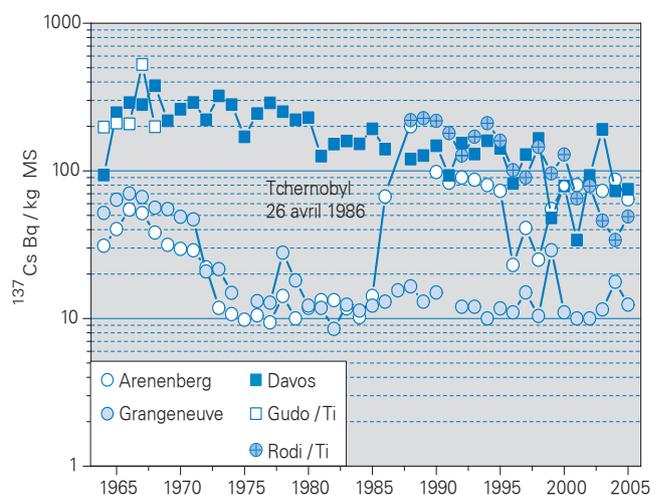


Fig. 37: Césium 137 dans les échantillons de sol de différentes stations de Suisse pour les années 1964 à 2005.

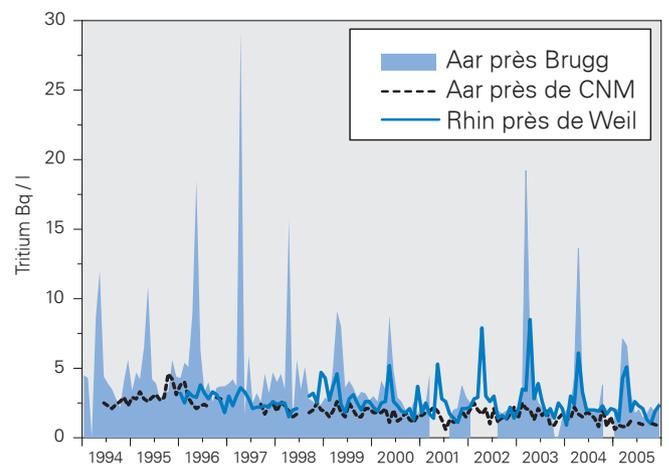
artificiels comme le césium 137 ou le strontium 90, issus des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident au réacteur de Tchernobyl, sont absorbés par les plantes à travers leurs racines. C'est aussi sous forme de traces qu'ils sont encore décelables dans l'herbe, avec une répartition régionale comparable à celle obtenue pour le sol. Dans le lait de vache, la teneur de césium 137 est le plus souvent restée en dessous de la limite de détection. Les échantillons de céréales ne présentaient pas non plus d'activité significative. En ce qui concerne les champignons indigènes, les bolets et les pholiotés ridées présentaient encore des valeurs légèrement accrues, avec toutefois une tendance à la baisse. Au niveau des champignons importés, la valeur de tolérance de 600 Bq par kg n'a plus été dépassée. Dans le gibier, les valeurs de césium 137 ont également diminué. Dans les autres denrées alimentaires analysées, aucune activité d'origine artificielle n'a pu être mise en évidence. Le carbone 14 est assimilé par les plantes durant leur croissance à travers l'absorption de dioxyde de carbone. Les essais nucléaires atmosphériques des années 60 avaient impliqué un doublement de la concentration du carbone 14 dans l'atmosphère, par rapport à sa production naturelle due au rayonnement cosmique. Depuis, la teneur en carbone 14 a constamment diminué et son niveau actuel se situe encore 60 à 70 % au-dessus de la valeur naturelle.

### Mesures du corps entier

Il est possible de recenser l'assimilation de radionucléides avec la nourriture par des mesures du corps entier effectuées sur des écoliers et par des analyses de la teneur de strontium 90 dans des dents de lait et des vertèbres humaines. Des mesures réalisées sur des écoliers de Genève ont montré des valeurs inférieures à 10 Bq pour le césium 137 (fig. 39). Le potassium 40 naturel atteint en revanche environ 3200 Bq chez les femmes et 4500 Bq chez les hommes. La teneur en strontium 90 dans les vertèbres et les dents de lait était de quelques centièmes de Bq par gramme de calcium (fig. 36). Le strontium est assimilé par le corps humain comme le calcium dans les os et les dents. Les dents de lait se forment dans les mois qui précèdent et les mois qui suivent la naissance. La valeur de strontium présente dans la nourriture ingérée durant cette période peut donc être mesurée dans les dents de lait. C'est la raison pour laquelle les courbes relatives aux dents de lait et au lait montrent une évolution pratiquement parallèle. Les valeurs mesurées dans les dents de lait (fig. 36) sont donc répertoriées en fonction de l'année de naissance, celles des vertèbres en fonction de l'année du décès.

### Surveillance des immissions dans le voisinage des installations nucléaires, des entreprises et des hôpitaux

Les mesures effectuées dans l'air du voisinage du CERN ont mis en évidence quelques traces de sodium 24 et d'iode 131. Ces isotopes sont issus des accélérateurs du CERN et leur impact est insignifiant du point de vue radiologique. Pour le gaz krypton 85 émis par les usines européennes de retraitement des combustibles irradiés, les mesures ont indiqué 1 à 2 Bq par m<sup>3</sup>, avec une légère tendance à la hausse. Dans le voisinage des entreprises utilisant du tritium, les mesures de ce radionucléide ont montré une augmentation de sa concentration d'environ 1 % de la valeur limite d'immission stipulée dans l'ordonnance sur la radioprotection. Les précipitations présentaient quelques Bq de tritium par litre et jusqu'à 10 Bq par litre dans le rayon d'influence d'entreprises industrielles ou de centrales nucléaires. A proximité immédiate des entreprises utilisant du tritium et des usines d'incinération des ordures, cette valeur atteignait jusqu'à 1000 Bq par litre, ce qui représente 10 % de la valeur limite d'immission fixée dans l'ordonnance sur la radioprotection pour les eaux accessibles au public. Des valeurs de tritium légèrement accrues, pouvant atteindre jusqu'à 10 Bq par litre, ont été mesurées sporadiquement dans l'Air et le Rhin (fig. 38). Dans les sédiments des rivières à l'aval des centrales nucléaires, des traces de cobalt 58 et 60, de zinc 65 et de césium 137 émanant de ces installations ont été mises en évidence.



**Fig. 38: Tritium (<sup>3</sup>H) présent dans les échantillons d'eau de l'Air près de Brugg et du Rhin en aval de Bâle de 1993 à 2005. Les pics du printemps sont liés aux rejets de <sup>3</sup>H de la centrale nucléaire de Gösgen. Ils sont inférieurs aux limites de rejet autorisées.**

Les immissions de tritium provenant de l'industrie horlogère du Jura ont nettement reculé en raison de la forte diminution de l'utilisation de tritium. Les eaux usées des stations d'épuration des grandes agglomérations présentent parfois des traces d'iode 131 générées par la médecine nucléaire.

Les mesures de radioactivité dans le sol et dans les denrées alimentaires n'ont pas permis de mettre en évidence une influence des centrales nucléaires ou des instituts de recherche. Dans le voisinage des centrales nucléaires, les mesures de carbone 14 effectuées sur les feuillages ont montré une augmentation de 60 à 70 % – jusqu'à 100 % dans la région bâloise – par rapport au niveau actuel de 200 % à l'échelle mondiale. Une activité supplémentaire de 100 % liée au carbone 14 dans la nourriture induirait une dose annuelle supplémentaire de l'ordre du microsievert.

Sur les plus de 439 personnes qui ont fait l'objet d'une mesure du corps entier dans le cadre de la surveillance des personnes à l'Institut Paul Scherrer, la valeur maximale de césium 137 mesurée était de 300 Bq, 98 % des valeurs mesurées se situant toutefois en dessous de la limite de détection de 60 Bq.

### Mesures radiologiques depuis les airs

Des mesures radiologiques de régions sélectionnées sont effectuées chaque année au moyen d'un spectromètre gamma NaI embarqué à bord d'un hélicoptère de l'armée (aéroradiométrie). Les régions à étudier sont quadrillées à une altitude d'environ 100 m de manière à couvrir toute leur surface. Le programme d'analyse établit ensuite une carte du rayonnement de la région concernée à partir des valeurs mesurées. Ce dispositif, géré par la Centrale nationale d'alarme, permet de cartographier rapidement une région contaminée après un accident. Il peut également être utilisé pour la recherche de sources de rayonnement perdues. Chaque année, le voisinage de deux centrales nucléaires est ainsi passé en revue. A ce jour, les résultats ont uniquement montré le rayonnement direct de l'azote 16 provenant de la salle des machines des réacteurs à eau bouillante, cette salle n'étant pas blindée vers le haut. Ce rayonnement n'entraîne toutefois pas de doses significatives.

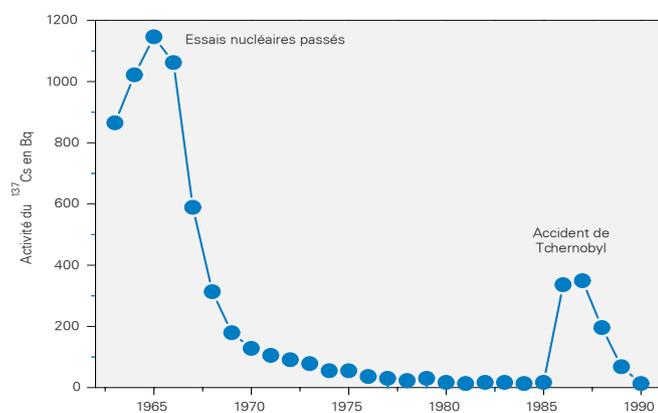


Fig. 39: Mesures de césium du corps entier réalisées sur des écoliers de Genève

### Conséquences de Tchernobyl

Trois radionucléides ont principalement contribué aux doses associées à l'accident de Tchernobyl: L' <sup>131</sup>I, le <sup>134</sup>Cs et le <sup>137</sup>Cs. Ce dernier qui témoigne aussi de la retombée des essais nucléaires atmosphériques des années 60 reste détectable sur l'ensemble du territoire suisse. Cependant les dépôts les plus importants, jusqu'à quelques dizaines de milliers de Bq par m<sup>2</sup> de <sup>137</sup>Cs se mesure au Tessin, région de Suisse la plus touchée par l'accident de Tchernobyl. Durant la première année après cet accident, la dose moyenne de rayonnement reçue par la population suisse était de 0.22 mSv. Les deux radionucléides du césium y ont contribué pour environ 40 % et l'iode pour environ 30 %. Pour les personnes les plus exposées, principalement celles se nourrissant de leur propre production, les doses étaient 10 fois plus élevées que la moyenne. Ces doses ont diminué au cours du temps et sont, aujourd'hui, généralement inférieures à un centième de mSv par an. Cumulée depuis 1986, la dose moyenne atteint actuellement 0.5 mSv. Cette dose provenait majoritairement de l'exposition interne par ingestion d'aliments contaminés. Depuis 1987 la radioactivité a progressivement diminué dans les denrées alimentaires de base et n'est aujourd'hui pratiquement plus décelable, si l'on excepte des traces sporadiques de césium encore détectables au Tessin. Au niveau du gibier et des champignons sauvages, avant tout des bolets et des pholiottes ridées, on observe également une diminution de l'activité du césium. Afin d'éviter l'entrée sur son territoire de marchandises contaminées, la Suisse exige, depuis 1999, un certificat de radioactivité pour les champignons importés. Compte tenu de la faible consommation de gibier et de champignons sauvages, en comparaison avec les autres denrées alimentaires de base, les doses qui en résultent sont sans danger.

### Evaluation

#### Valeurs de radioactivité et doses de rayonnement inférieures aux limites légales

En Suisse, les valeurs de radioactivité dans l'environnement et les doses de rayonnement reçues par la population par des sources de rayonnement artificielles sont jusqu'ici toujours restées inférieures aux limites légales; le risque associé au rayonnement apparaît par conséquent faible. Les doses provenant des émissions des installations nucléaires, des entreprises et des hôpitaux qui produisent ou utilisent des substances radioactives restent inférieures à un centième de mSv par an, même si l'on se base sur des hypothèses prudentes. L'accident au réacteur de Tchernobyl, en avril 1986, a occasionné des activités nettement mesurables dans les différents compartiments de l'environnement impliquant au total 0.5 mSv en moyenne pour la population suisse.

# Doses de rayonnement

## Tâches

### **Valeurs limites concernant les doses reçues par la population et par les personnes exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession**

L'ordonnance sur la radioprotection définit, dans ses art. 33 à 37, les doses de rayonnement annuelles maximales admissibles pour la population et pour les personnes exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession. Ces valeurs limites sont basées sur les recommandations de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR, publication N° 60 de 1990). Pour la population, la dose effective ne doit pas dépasser la valeur limite de 1 milli-Sievert (mSv) par an, cette valeur ne comprenant pas les applications médicales et l'exposition aux rayonnements de sources naturelles. Pour les personnes de plus de 18 ans qui sont exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession, la dose effective ne doit pas dépasser la valeur limite de 20 mSv par an. Pour les personnes de 16 à 18 ans qui sont exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession, cette dose ne doit pas dépasser 5 mSv par an.

Pour toutes les personnes exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession, la dose ne doit pas dépasser 150 mSv par an pour le cristallin et 500 mSv par an pour la peau, les mains et les pieds. Dans le cas des femmes enceintes exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession, la dose équivalente à la surface de l'abdomen ne doit pas dépasser 2 mSv et la dose effective résultant d'une incorporation (inhalation d'air, ingestion de nourriture) ne doit pas excéder 1 mSv, depuis le moment où la grossesse est connue jusqu'à son terme.

Toutes ces valeurs limites ne s'appliquent pas aux utilisations de rayonnements sur des patients, dans le cadre de situations exceptionnelles (p.ex. intervention en cas de catastrophe) ou à l'exposition aux rayonnements de sources naturelles. En Suisse, le personnel de l'aviation civile n'est pas considéré comme exposé aux rayonne-

ments dans l'exercice de leur fonction. Les responsables de l'entreprise doivent toutefois informer le personnel de l'exposition aux rayonnements liée à l'exercice de la profession. Les femmes enceintes peuvent exiger d'être dispensées du service de vol.

Pour les personnes exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession, l'exposition effective doit être calculée par des services de dosimétrie agréés. Ces services transmettent régulièrement leurs données à l'OFSP, qui tient un registre des doses de toutes les personnes exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession, en Suisse.

Les autorités de surveillance peuvent ainsi contrôler à tout moment les doses accumulées par ces personnes. Cela permet également d'établir des statistiques et d'assurer l'archivage des données.

## Activités et résultats : doses de rayonnement reçues par la population

### Doses provenant de sources de rayonnement d'origine naturelle

En Suisse, la dose de rayonnement totale moyenne reçue par la population et provenant de sources naturelles est d'environ 3 mSv par an. Les différentes composantes de cette valeur sont données dans le tableau suivant (fig. 40).

Doses provenant de sources de rayonnement d'origine naturelle en mSv par an		
Source (valeurs en [mSv])	Moyenne	Maximum
Radionucléides terrestres	0.45	1.0
Rayonnement cosmique	0.35	0.6
Radionucléides dans le corps	0.35	0.5
Radon dans les habitations	1.6	100

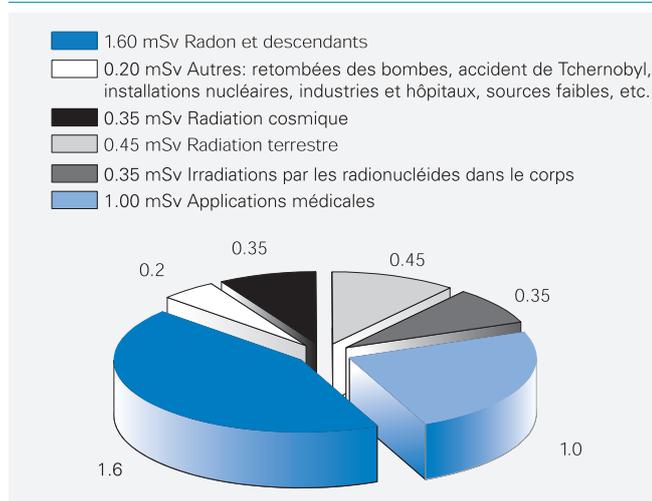


Fig. 40: Doses moyennes de rayonnement reçues par la population suisse

### Irradiation externe

En ce qui concerne l'exposition aux rayonnements liés à des sources externes, l'essentiel provient des radionucléides naturellement présents dans le sol et du rayonnement cosmique. La somme de ce rayonnement d'origine naturelle équivaut en moyenne à 0.8 mSv par an, les valeurs variant dans une fourchette allant de 0.5 à 1.6 mSv par an. La composante terrestre représente en moyenne 0.45 mSv par an et dépend de la composition du sol. En plein air, dans les régions habitées de Suisse, elle varie entre 0.35 et 1 mSv par an. Le rayonnement cosmique augmente avec l'altitude, puisqu'il est atténué par l'atmosphère terrestre. Dans notre pays, la dose moyenne annuelle correspondant à ce rayonnement est de 0.35 mSv. A Zurich, par exemple, elle est de 0.4 mSv par an, contre 0.75 mSv par an à St. Moritz. A 10 km

d'altitude, elle se situe entre 20 et 50 mSv par an. Un vol Suisse – Etats-Unis correspond à environ 0.04 mSv. Le personnel de vol et les personnes qui prennent souvent l'avion reçoivent donc une dose supplémentaire pouvant atteindre quelques mSv par an. A l'intérieur des bâtiments, le rayonnement cosmique est quelque peu atténué par la structure du bâtiment; la composante terrestre y est en revanche légèrement augmentée par les radionucléides contenus dans les matériaux de construction.

Globalement, la dose dans les bâtiments est approximativement 10 % plus élevée qu'en plein air. Les doses locales extérieures sont surveillées dans 58 stations, réparties sur l'ensemble du territoire suisse, au moyen d'un réseau automatique de compteurs Geiger-Müller (NADAM). A proximité des centrales nucléaires, il existe un autre réseau de surveillance automatique à mailles plus serrées (MADUK). Ces deux réseaux servent à la détection précoce et à l'alarme. Leurs données sont disponibles sur Internet (cf. [www.naz.ch](http://www.naz.ch) et [www.hsk.ch](http://www.hsk.ch)).

### Irradiation interne

Dans les locaux d'habitation et de travail, c'est le radon 222 ainsi que ses descendants qui sont à l'origine de la plus grande partie des doses liées à l'irradiation interne. Les mesures réalisées en Suisse jusqu'en 2005 dans quelque 80 000 bâtiments permettent de calculer une moyenne arithmétique de 75 Bq de radon 222 par m<sup>3</sup>. Si on se base sur une durée de séjour de, respectivement, 7000 et 2000 heures dans le logement et sur le lieu de travail, on obtient une dose moyenne associée au radon d'environ 1.6 mSv par an pour l'ensemble de la population vivant en Suisse. Pour 1 à 2 % de la population, cette dose dépasse 10 mSv par an, et pour 2 % de la population, elle dépasse même 25 mSv par an. Sur la base d'hypothèses prudentes, on estime que le radon est à l'origine de 5 à 10 % des cancers des poumons mortels en Suisse.

Des radionucléides naturels sont également assimilés dans le corps humain suite à l'ingestion d'aliments et génèrent un rayonnement atteignant 0.35 mSv par an en moyenne, la contribution la plus importante venant du potassium 40 (env. 0.2 mSv). Celui-ci est présent dans la nourriture et dans le corps humain et représente une part de 0,0118 % du potassium naturel. Le potassium est stocké principalement dans les tissus musculaires, raison pour laquelle la teneur en potassium est légèrement plus élevée chez les hommes que chez les femmes. Le restant de cette dose s'explique par la présence de radionucléides provenant de la série de désintégration naturelle de l'uranium et du thorium ainsi que de leurs descendants auxquels s'ajoutent des radionucléi-

des produits en permanence par le rayonnement cosmique dans l'atmosphère comme par exemple le tritium, le carbone 14 et le béryllium 7.

### Doses de sources de rayonnement d'origine artificielle

Ici aussi, on distingue les composantes externe et interne. La première provient de sources de rayonnement situées hors du corps, la seconde de radionucléides présents dans l'air, l'eau et la nourriture qui sont inhalés ou ingérés dans le corps. Au niveau de la composante externe, la plus grande partie est due aux applications médicales à des fins de radiodiagnostic, à savoir 1 mSv par an en moyenne. Des apports plus faibles, de l'ordre de 0.2 mSv par an, que cette dose moyenne sont issus d'expositions à des rayonnements sur le lieu de travail (centrales nucléaires, industrie, recherche et médecine, commerce et services publics) ainsi qu'à des rayonnements provenant de biens de consommation et d'objets usuels contenant des radionucléides (p.ex. des montres avec des chiffres luminescents).

En ce qui concerne la radioactivité artificielle dans l'environnement, l'accident au réacteur de Tchernobyl, en avril 1986, et les essais nucléaires atmosphériques des années 60 et 70 représentent, aujourd'hui, au maximum quelques centièmes de mSv. Ainsi, la dose reçue en cas de séjour permanent en plein air représente 0.01 à 0.5 mSv par an, cette dernière valeur étant valable pour le Tessin. Cette grande fourchette est due aux variations régionales des dépôts de césium 137 en particulier suite aux retombées de Tchernobyl. A quelques endroits le long des clôtures entourant les réacteurs à eau bouillante de Mühleberg et de Leibstadt, le rayonnement direct dû à l'azote 16 (qui a une courte demi-vie) peut atteindre quelques centaines de nSv/h. Comme le temps de séjour de personnes à ces endroits est très limité, les doses qui en résultent sont insignifiantes. Les doses par exposition à des sources internes sont liées à des radio-

nucléides artificiels présents dans la nourriture, à savoir principalement le césium 137 et le strontium 90. Ceux-ci proviennent des essais nucléaires atmosphériques des années 60 et 70 ainsi que, pour le césium, de l'accident au réacteur de Tchernobyl survenu en avril 1986.

Les mesures annuelles du corps entier réalisées sur des écoliers ont mis en évidence des doses dues à l'incorporation du césium 137 inférieures à un millième de mSv par an. Les analyses de vertèbres humaines ont indiqué des doses de strontium 90 du même ordre de grandeur. Les émissions de substances radioactives par l'air vicié et par les eaux de rejet émis par les centrales nucléaires suisses, l'IPS et le CERN induisent des doses d'au maximum un centième de mSv chez les personnes résidant dans le voisinage immédiat (fig. 41).

Globalement, la dose de rayonnement incombant à la radioactivité artificielle et aux objets usuels contenant des substances radioactives – applications médicales non comprises – représente entre 0.01 et 0.05 mSv par an pour la plus grande partie de la population suisse, et dans certains cas isolés jusqu'à 0.1 mSv par an.

### Etude de cohorte internationale sur la mortalité par cancer chez les employés de l'industrie nucléaire

Une exposition durable à de faibles doses de rayonnement ionisant comme celles auxquelles les employés de l'industrie nucléaire peuvent être soumis entraîne une légère augmentation du risque de cancer. C'est ce que montre la plus grande étude épidémiologique qui ait jamais été menée au monde en matière de rayonnement. Publiée dans l'édition du 29 juin 2005 du British Medical Journal, cette étude offre un tout nouvel éclairage sur les effets dus à des expositions chroniques à de faibles doses de rayonnement ionisant. Jusqu'ici les connaissances en la matière étaient principalement basées sur des études concernant des survivants d'Hiroshima et de Nagasaki ayant été exposés un court instant à de très fortes doses.

Quinze pays, dont la Suisse, ont participé à cette étude de cohorte internationale, dirigée et coordonnée par la International Agency for Research on Cancer (IARC), dans laquelle 407 000 employés de l'industrie nucléaire ont été impliqués.

Selon cette étude, une dose cumulée de rayonnement de 100 mSv conduit à une augmentation de 10 % de la mortalité par cancer pour toutes les formes de cancer sauf la leucémie, et de 19 % pour la leucémie, leucémie lymphatique chronique exceptée. L'estimation du risque de mortalité par cancer est plus élevée dans cette étude, mais statistiquement compatible avec les estimations

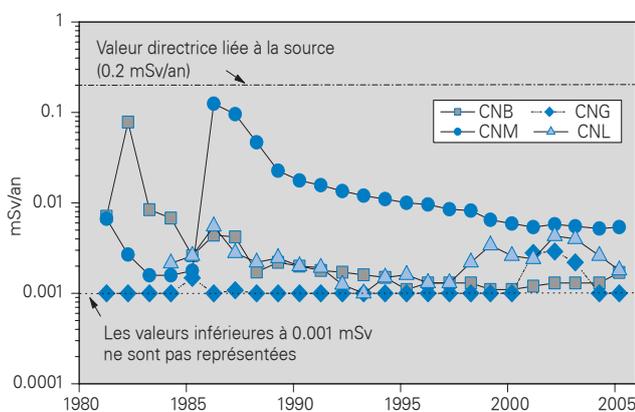


Fig. 41: Doses de rayonnement reçues dans le voisinage des centrales nucléaires

d'études portant sur des survivants de bombes atomiques. La question de savoir si ces résultats conduiront à une modification des recommandations internationales reste ouverte.

### Evaluation

#### Dépassement des valeurs limites pour le radon

La dose annuelle moyenne reçue par la population est restée inchangée et voisine de 4 mSv en 2005. Elle provient pour l'essentiel de sources naturelles. La part la plus importante revient au radon avec 1.6 mSv. Les sources externes du rayonnement naturel représentent 0.8 mSv et les radionucléides dans le corps 0.35 mSv; s'y ajoutent le radiodiagnostic médical (1 mSv) et toutes les autres sources de rayonnement artificielles (environ 0.2 mSv). Les émissions des centrales nucléaires représentent moins de 1%. Durant l'année sous revue, la population suisse n'a pas été exposée à un rayonnement inadmissible de sources artificielles. Mais il y a toujours 1 à 2% des bâtiments examinés jusqu'ici en Suisse dont les habitants sont exposés à une dose naturelle de rayonnement trop élevée due au radon.

#### Radioprotection de haut niveau

En ce qui concerne les personnes exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession, on constate que la protection contre les rayonnements atteint, d'une manière générale, un niveau de qualité élevé, un seul cas de dépassement de la valeur limite annuelle ayant été constaté. Cela se manifeste en premier lieu par la diminution des doses collectives accumulées. La valeur limite, réduite à 20 mSv par an pour les personnes exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession avec l'entrée en vigueur de la nouvelle ordonnance sur la radioprotection en 1994, peut être respectée sans problème.

# Rayonnements non ionisants et son

## Tâches

Par rayonnement non ionisant (RNI), on entend des oscillations de champs électromagnétiques se propageant à la vitesse de la lumière. Au contraire du rayonnement ionisant, l'énergie quantique du RNI ne suffit pas pour porter les atomes et les molécules dans un état chargé, soit pour les ioniser. Les propriétés du RNI dépendent de sa fréquence, c'est pourquoi il est appliqué de diverses manières et il peut se manifester diversément sous forme d'effets biologiques. Ainsi, selon la fréquence du rayonnement non ionisant, on parle de champs électromagnétiques (CEM) – CEM statique, basse fréquence, haute fréquence – et de rayonnement optique – rayonnement infrarouge, lumière visible et rayonnement UV – (fig. 42).

Par son, on entend toutes les formes de bruits et de sonorités telles qu'elles sont perçues par l'homme et l'animal. Du point de vue physique, il s'agit d'une propagation de très petites variations de pression et de densité dans un milieu élastique gazeux, liquide ou solide.

La division Radioprotection s'occupe des aspects des rayonnements non ionisants pouvant entraîner des problèmes de santé à court ou long terme. A cet égard, elle remplit les tâches suivantes :

- reconnaissance précoce et étude des dangers et risques sanitaires potentiels liés aux RNI et au son ;
- évaluation des risques et élaboration de stratégies de protection appropriées ;
- prise de mesures de protection de la population contre les atteintes à la santé pouvant être produites par les RNI et le son ;
- information de la population ;
- collaboration avec nos partenaires en Suisse et à l'étranger.

### Information et recherche en matière de CEM, de rayonnement UV, de rayons laser et de son

En matière de CEM, les activités se concentrent sur les domaines de l'information et de l'acquisition de connaissances. Dans le domaine optique, l'OFSP s'engage principalement pour la protection contre le rayonnement ultra-violet et les rayons laser. Les activités consistent

Le spectre électromagnétique						
						
CEM statiques	CEM basse fréquence	CEM haute fréquence	Infrarouge	Lumière	UV	Rayonnement ionisant
Champs électromagnétiques CEM			Rayonnement optique			
Rayonnement non ionisant (RNI)						

Fig. 42 : Le spectre électromagnétique

Technologie		Puissance émettrice [Milliwatt]	TAS [Watt/kg] Distance 0 cm	TAS [Watt/kg] ICNIRP	Champ E [Volt/m] Distance 20 cm	Champ E [Volt/m] Distance 100 cm	Champ E [Volt/m] ICNIRP
Téléphone sans fil DECT	Station de base lors d'une conversation	250	-	-	1.5 - 2.2	0.34 - 0.56	60
	Station de base en l'absence de conversation	250	-	-	0.7 - 1.1	0.16 - 0.27	60
	Combiné mobile lors d'une conversation	250	0.01 - 0.06	2	-	-	-
Mise en réseau d'ordinateurs (LAN sans fil)	Station de base	30	0.06	2	3.7	1.03	61
		40	0.81 (0.15 à 2 cm de distance)	2	3.9	1.09	61
Bluetooth	Mise en réseau d'ordinateurs	100 (KL. 1)	-	-	3.1	0.39	61
	Mise en réseau d'ordinateurs	2.5 (KL 2)	-	-	0.4	0.11	61
	Dispositif mains libres	1 (KL.3)	0.001-0.003	2	-	-	-
Babyphone		500	0.077	2	8.5	3.2	29
		100	-	-	3.2	-	40
		10	0.01	2	1.4	0.43	28
Souris sans fil			<0.005	2	<1.5	<1.5	28
Clavier sans fil			<0.005	2	<1.5	<1.5	28

**Fig. 43: Expositions dues aux technologies sans fil à la maison et au bureau en fonction de la distance entre l'appareil et la personne concernée (0 cm, 20 cm, 100 cm). A titre de comparaison sont indiquées dans chaque cas les recommandations correspondantes de valeur limite émises par la Commission internationale de la protection contre le rayonnement non ionisant (ICNIRP)**

notamment à informer et à responsabiliser les individus. Dans le domaine du son, l'exécution de l'ordonnance son et laser, en vigueur depuis 1996, a mis en évidence diverses lacunes qui seront éliminées par le biais d'une révision. Un degré élevé de protection sanitaire dans le domaine des loisirs ne peut être fondé uniquement sur une base légale. Les personnes concernées, en particulier les jeunes, sont encouragées à augmenter leur part de responsabilité en matière de protection.

## Activités et résultats

### Expositions dues aux technologies sans fil à la maison et au bureau

Les nouvelles technologies sans fil utilisées à la maison et au bureau induisent auprès de la population un besoin accru d'information sur les risques sanitaires qui pourraient leur être liés. C'est pourquoi l'exposition à certains appareils a été examinée à la demande de l'OFSP. Lorsque l'appareil est utilisé à proximité du corps, on a déterminé le taux d'absorption spécifique (TAS) en tant

que mesure de la quantité d'énergie reçue ; lorsque l'appareil n'est normalement pas en contact avec la peau, on a déterminé le champ électromagnétique (champ E) (Fig. 43).

Toutes les expositions mesurées se situent en dessous des recommandations émises par la commission internationale de la protection contre le rayonnement non ionisant (ICNIRP) en matière de valeur limite correspondante. Les mesures montrent que, dès que l'appareil s'écarte légèrement de la personne, le rayonnement baisse fortement. A une distance d'un mètre, la plupart des technologies examinées ne constituent plus une source de rayonnement notable. En maintenant cette distance, on prend une bonne mesure contre les éventuels effets exercés par le rayonnement électromagnétique. Par ailleurs on constate également une influence de la puissance émettrice sur l'exposition, les faibles puissances d'émission générant des expositions plus faibles.

Les valeurs TAS des appareils utilisés près du corps, comme les combinés DECT et les dispositifs « mains

libres » bluetooth, se situent en partie très en dessous des recommandations correspondantes sur les valeurs limites. Les dispositifs « mains libres » bluetooth de classe trois sont par conséquent bien appropriés pour réduire fortement le rayonnement des téléphones portables.

### Enquête effectuée auprès des médecins généralistes sur la question des CEM

L'avis des médecins compte beaucoup dans toute discussion concernant les effets potentiels exercés par les champs électromagnétiques (CEM) sur la santé. C'est pourquoi l'OFSP a effectué une enquête téléphonique auprès du corps médical et portant sur le niveau d'information, l'estimation du risque sanitaire, le rôle des autorités, les expériences et les besoins en matière de CEM. Seuls 28 % des 1500 médecins contactés ont participé à l'étude, l'enquête ne peut donc pas donner une image représentative de la manière dont le corps médical dans son ensemble envisage la question des CEM. 61 % des médecins interrogés considèrent comme plausible que les CEM puissent causer des troubles de santé. 69 % d'entre eux ont traité, durant leur activité en cabinet, au moins un cas où il était question de CEM. Les symptômes les plus fréquents ont été les troubles du sommeil, les maux de tête, la fatigue et l'épuisement. Les sources pathogènes le plus souvent citées sont les antennes de téléphonie mobile, les lignes à haute tension ainsi que l'utilisation d'un téléphone portable. Au sein du corps médical règne une assez grande incertitude au sujet des CEM. Les trois quarts des médecins interrogés souhaitent disposer de plus d'informations, les principaux thèmes étant les effets exercés par les CEM sur la santé, leur mode d'action ainsi que l'électrosensibilité.

### Influence des champs dus à l'Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) sur le bien-être

Sous la direction du Dr P. Achermann de l'Institut de pharmacologie et de toxicologie de l'Université de Zurich, un groupe de recherche étudie l'influence du rayonnement UMTS sur le bien-être et les fonctions cognitives de l'être humain. L'étude cherche entre autres à vérifier si les résultats positifs obtenus lors d'une étude hollandaise (étude TNO) sont reproductibles. Les coûts de l'étude se montent à 723 000 francs et sont financés pour 60 % par des deniers publics (OFSP, OFCOM, OFEFP, le ministère de l'économie des Pays-Bas – mandant de l'étude TNO originale) et pour 40 % par l'industrie (Swisscom Mobile, Orange et Sunrise). Une description détaillée de l'étude se trouve sur Internet à l'adresse <http://www.mobile-research.ethz.ch>. Les résultats de l'étude de réplification menée en Suisse sont attendus pour le début de l'année 2006.

### Contacts internationaux

La Suisse participe au projet mené par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) concernant les effets des champs électromagnétiques sur la santé, à savoir le projet OMS/CEM. A l'heure actuelle, les experts impliqués procèdent à une évaluation globale des risques liés aux champs électromagnétiques statiques et à basse fréquence. Pour de plus amples informations à ce sujet, on consultera le site Internet [www.who.int/peh-efm](http://www.who.int/peh-efm) offrant également des notices sur les différents thèmes liés aux CEM. L'OFSP participe également au projet de recherche européen Potential Health Effects from Emerging Wireless Communication Systems (COST-281). Des informations au sujet du projet COST se trouvent à l'adresse [www.cost281.org](http://www.cost281.org).

### Rayonnement optique

#### Information au sujet de l'index UV

Dans le cadre du programme de partenariat concernant la publication de l'index UV (OFSP, MétéoSuisse et Ligue suisse contre le cancer), la campagne basée sur un présentoir ainsi que la campagne d'affichage dans les exploitations de téléphériques et de chemins de fer à crémaillère ont été poursuivies durant l'année écoulée. Un présentoir offrant la brochure d'information « L'index UV » et indiquant l'estimation de l'index UV actuel dans la région concernée (fig. 44) a été offert gratuitement aux pharmacies, drogueries et magasins d'optique ainsi qu'aux médecins. Les exploitants de ces présentoirs ont en outre reçu un abonnement de courrier électronique pour l'estimation de l'index UV. Par la campagne d'affichage annuelle effectuée dans 130 exploitations de téléphériques et de chemins de fer à crémaillère, la population est rendue attentive à l'index UV lors de la pratique des sports d'hiver et d'été, et lors d'excursions en des endroits à rayonnement UV accru.



Fig. 44: Présentoir contenant la brochure « L'index UV »

De février à octobre, l'estimation de l'index UV, accompagné de remarques concernant des mesures de protection appropriées, reste disponible sur Internet et par SMS et ce pour toutes les régions, une question posée par SMS coûtant 0.60 francs.

### Prévention à l'école

Dans la série de matériel didactique « Rayonnements UV et santé » l'étude de cas « Lifestyle » publiée pour les classes 7 à 9 des écoles professionnelles et des lycées constitue le dernier module de la série. Au moyen de ce module, les élèves apprennent à considérer les offres et la publicité de manière critique et s'exercent à former leur propre jugement et à discuter en groupe. L'ensemble du programme de prévention pour les écoles sera soumis l'année prochaine à une évaluation externe et sera développé par la suite en fonction des résultats de cette dernière.

### Solarium

La brochure « Solarium – Rayonnements et santé » et le dépliant gratuit (fig. 45) sont toujours très demandés. Conséquence : ces documents ont déjà été édités trois fois.

### Contacts internationaux

L'OFSP participe activement aux projets internationaux Intersun et Euroskin. Intersun est un projet de l'OMS ayant pour objectif de réduire, dans le monde entier, les atteintes à la santé dues au rayonnement ultraviolet ([www.who.int/peh-uv](http://www.who.int/peh-uv)). Des rencontres internationales organisées régulièrement constituent la principale raison du succès d'Intersun et favorisent la collaboration entre les diverses nations. La European Society of Skin Cancer Prevention (Euroskin) a pour objectif de réduire l'incidence du cancer de la peau et la mortalité y afférente, très élevées en Europe. Elle s'emploie donc à favoriser



Fig. 45: Dépliant « Solarium »

et à coordonner la collaboration entre les spécialistes européens de la recherche et de la prévention en matière de cancer de la peau. Euroskin publie ses informations sur Internet à l'adresse [www.euroskin.org](http://www.euroskin.org).

## Son

### Révision de l'ordonnance son et laser

La révision de l'ordonnance son et laser (OSL) s'est poursuivie durant l'année sous revue. De septembre à mi-octobre, le projet révisé a été soumis à une consultation informelle auprès des autorités d'exécution, des représentants des organisateurs de manifestations et des milieux intéressés. Au vu des résultats majoritairement positifs, on peut passer aux prochaines étapes afin que l'ordonnance révisée puisse entrer en vigueur dans le courant de l'année prochaine.

### Prévention dans les écoles

La prévention chez les écoliers constitue une base importante pour le développement de la responsabilité propre. Le matériel didactique « Oreille branchée », élaboré en 2004, s'adressant aux classes de 5<sup>e</sup> et de 6<sup>e</sup> année, est distribué depuis le printemps 2005 par un éditeur externe. Grâce à ce support pédagogique, les élèves apprennent à connaître le fonctionnement des organes sensoriels et, en particulier, les dangers auxquels l'ouïe est exposée. En plus du matériel didactique classique destiné aux enseignants et aux élèves, comprenant un cédérom audio et un cédérom d'apprentissage, il existe des coffrets contenant du matériel d'expérimentation qui permettra aux élèves de mieux comprendre la problématique. Il existe cinq coffrets qui peuvent être loués auprès de l'éditeur (fig. 46).

L'élaboration des documents didactiques pour les classes allant de la 7<sup>e</sup> à la 9<sup>e</sup> année a débuté cette année. Compte tenu du public cible, l'accent a été mis sur l'écoute de la musique, les instruments et l'appartenance à un groupe.

### Etudes

En mars 2002, l'OFSP a donné mandat à la clinique ORL de l'hôpital universitaire de Bâle d'effectuer une étude portant sur les effets à long terme du surmenage acoustique dû à la musique amplifiée. Les résultats ont été publiés dans le Bulletin OFSP en avril 2005. L'étude a examiné deux groupes de personnes. Le premier était constitué de personnes ayant été soumises une seule fois à des niveaux sonores très élevés. Le second groupe était constitué de musiciens de pop-rock non professionnels ayant été soumis durant au moins cinq



Fig. 46: Matériel didactique « Oreille branchée »

ans, de manière répétée, à des niveaux sonores élevés. En résumé, le premier groupe était principalement concerné par les bourdonnements (tinnitus) et la sensibilité au bruit, le second par l'élévation du seuil auditif, les lésions auditives ayant été faibles dans leur ensemble (Bulletin OFSP 16, 18.4.2005).

### Journée contre le bruit

La dixième journée internationale de sensibilisation au bruit a eu lieu le 20 avril 2005. La Suisse y a participé pour la première fois. Le bruit constitue un important problème environnemental et sanitaire ayant de multiples facettes. Les sources sonores nuisant à la santé sont nombreuses dans l'environnement et le domaine des loisirs. Elles proviennent de la consommation de musique à niveaux sonores élevés ou de l'exercice de loisirs bruyants. C'est pourquoi l'OFSP a décidé de soutenir financièrement cette journée.

### Contacts internationaux

NOPHER (Noise Pollution Health Effects Reduction) est une action de la Commission européenne à laquelle participent 51 partenaires provenant de seize pays européens, ayant pour but de réduire les effets du bruit sur la santé. Le Noise Research Network (NRN) a pour objectif de favoriser la collaboration et la coordination en Europe pour ce qui est de la prévention des atteintes dues au bruit. A cet effet, il existe deux plates-formes servant à l'échange d'informations sur les actions de prévention et la législation en matière de manifestations publiques utilisant de la musique amplifiée ([www.ucl.ac.uk/noiseandhealth](http://www.ucl.ac.uk/noiseandhealth)).

## Evaluation

### Importants efforts de recherche en matière de CEM

On ne sait toujours pas dans quelle mesure les champs électromagnétiques constituent un risque en cas d'expositions à de faibles doses. Afin de pouvoir répondre à cette question, d'importants efforts de recherche sont encore nécessaires. Durant l'année sous revue, de nombreuses études ont été publiées n'apportant cependant aucune réponse claire aux questions en suspens. La problématique s'aggrave du fait de la rapidité avec laquelle de nouvelles technologies apparaissent sur le marché. La question de savoir si des groupes de population particulièrement sensibles existent, comme les enfants par exemple, est aussi ouverte. La population et les médias ont besoin d'informations neutres et objectives, en particulier au sujet des moyens de communication sans fil.

### Cancer de la peau : 13 000 nouveaux cas et 400 décès par an

La Suisse a un des taux de cancer de la peau le plus élevé d'Europe, la tendance étant à la hausse. La raison en est probablement les nouveaux loisirs, avec des activités de plein air plus fréquentes et des séjours plus nombreux dans des pays ensoleillés, impliquant en partie des bains de soleil excessifs. Les coups de soleil jouent un rôle particulier. Les études semblent indiquer que les coups de soleil subis durant l'enfance augmentent énormément le risque de cancer de la peau. Le cancer de la peau avec plus de 13'000 nouveaux cas et 400 décès par an est de loin la forme de cancer la plus fréquente en Suisse. Outre le mélanome malin (1550 cas annuels soit 43 cas pour 100'000 personnes, apparaissent surtout le basaliome et le spinaliome (à eux deux, environ 11'500 nouveaux cas annuels, soit 315 cas annuels pour 100'000 personnes). Ces derniers conduisent rarement à la mort (1 à 2 % des cas), mais il ne faut pas les sous-estimer en regard de la souffrance psychique et des coûts qu'ils génèrent. Environ un cinquième des patients atteints de mélanomes meurent des suites de la tumeur. Au vu de cette situation, un travail de prévention efficace est toujours nécessaire. Il est toutefois encore trop tôt pour se prononcer sur les résultats concernant l'efficacité de la prévention vu que celle-ci n'a commencé que dans les années 90 et que la période de développement des tumeurs est de 15 à 20 ans.

### Son : accroître la responsabilité personnelle

Une forte protection sanitaire dans le domaine des loisirs ne peut pas simplement reposer sur une base légale, mais doit également être recherchée en encourageant les individus concernés à adopter un comportement responsable. A cet effet, il faut surtout prendre des mesures de prévention destinées aux jeunes.

