

## Le contexte

Il existe de nombreuses sources potentielles de contamination radioactive de l'environnement liées à l'utilisation de l'énergie nucléaire pour la production d'électricité, pour des applications militaires et industrielles ainsi que dans le domaine de la médecine et de la recherche. A cela s'ajoute l'exploitation et le traitement de minerais et matériaux contenant des radionucléides naturels qui sont également responsables de la contamination de l'environnement. Pour estimer l'impact radiologique de ces activités sur l'homme et l'environnement, une connaissance approfondie du comportement des radionucléides et de leurs impacts sur l'environnement est primordiale. La fiabilité des prédictions dépend largement du degré de compréhension des processus biologiques et physico-chimiques qui gouvernent le flux de radionucléides dans la biosphère, ainsi que du type et de la magnitude des effets biologiques induits.

## Les objectifs

Nos objectifs principaux sont les suivants:

- Améliorer les connaissances concernant le comportement des radionucléides dans la biosphère
- Développer des modèles d'interaction 'eau-sol-végétation' pour évaluer à long terme l'influence de la végétation pérenne sur la dispersion des radionucléides et la contamination de la chaîne alimentaire.
- Améliorer notre connaissance, expertise et reconnaissance internationale dans le domaine des effets biologiques de la radiation induits sur les plantes ainsi que l'absorption des radionucléides et des conditions de stress mixte.
- Développer et améliorer nos outils et nos modèles utilisés dans l'évaluation de l'impact radiologique sur l'homme et l'environnement.

## Les activités principales

### Etude du comportement des radionucléides dans la biosphère

Le groupe de recherche BIS se concentre sur l'étude des mécanismes et des processus permettant de comprendre et prédire le comportement des radionucléides dans l'écosystème terrestre et aquatique. L'accent est mis sur les radionucléides critiques dans le contexte de l'enfouissement des déchets nucléaires (par exemple: <sup>99</sup>technétium, <sup>94</sup>niobium), de la planification d'urgence (<sup>137</sup>cesium, <sup>90</sup>strontium), de l'exploitation des matériaux contenant des radionucléides naturels (par exemple: <sup>238</sup>uranium, <sup>226</sup>radium) et de l'évaluation probabiliste des risques pour MYRRHA (par exemple <sup>210</sup>polonium). Nous réalisons également, en collaboration avec des universités belges, des études de traceurs pour les métaux lourds (par exemple <sup>109</sup>cadmium, <sup>65</sup>zinc, <sup>60</sup>cobalt).

Afin de mieux comprendre l'impact des facteurs environnementaux sur le comportement des radionucléides, nos études se basent sur des résultats de simulations de modèles et sur des expériences en laboratoire, en serre et in situ.

Nous évaluons par exemple:

- L'impact des propriétés du sol sur l'absorption des radionucléides.
- L'influence d'autres contaminants sur la disponibilité des radionucléides.
- Quels sont les mécanismes d'absorption et translocation chez les plantes.
- L'influence des mycètes sur l'absorption racinaire et le transfert des radionucléides vers les parties supérieures de la plante.
- Comment les propriétés d'eau et du sédiment influencent leur répartition.

Les connaissances acquises sont investies dans le développement et l'amélioration de modèles d'évaluation des risques et nous permettent de formuler des plans de remédiation et des critères de gestion des terres dans le contexte de la problématique de régions contaminées.



Etudes sur le terrain à Tchernobyl



Expériences rhizoplan



Expériences en serre



Echantillons de sols belges



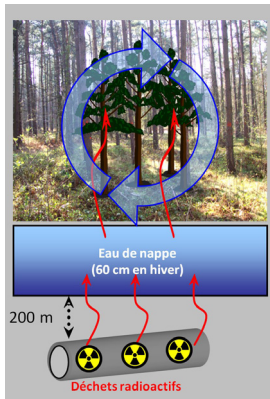
Interaction micro-organisme

### Le développement d'un modèle d'interaction 'eau souterraine-sol-végétation'

Lors d'une évaluation, à long terme, de l'impact des déchets radioactifs sur la biosphère, le rôle et la contribution de la végétation pérenne dans la dispersion et l'accumulation des radionucléides dans la biosphère ne peuvent être ignorées. Les végétations pérennes, et en particuliers les arbres, peuvent en effet développer un système racinaire important et, par conséquence, avoir un accès direct à l'eau souterraine. Les arbres sont donc un vecteur potentiel de contamination de la biosphère.

Actuellement, aucun modèle d'écosystèmes (semi-) naturels ne permet d'évaluer le transfert et l'accumulation des contaminants bio-disponibles dans un écosystème pérenne. Dans le but d'estimer les flux de contaminants, le groupe de recherche BIS adapte un modèle de transfert Sol-Végétation-Atmosphère (SVAT). Les modèles SVAT représentent explicitement le rôle de la végétation, en tenant compte de ses propriétés physiologiques et morphologiques, sur les flux d'eau et de carbone entre le sol,

la végétation et l'atmosphère. Les flux d'eau et de carbone simulés par le SVAT serviront ensuite de proxy pour les flux de contaminants. Après avoir effectué une série de tests de sensibilité, les flux d'eau et de carbone simulés par le modèle SVAT sont sur le point d'être validés à l'aide de données in-situ.



La seconde partie de ce projet consiste à coupler le flux de contaminants aux flux d'eau et de carbone. Une fois finalisé, ce modèle nous permettra d'évaluer l'influence des écosystèmes pérennes sur la dispersion et l'accumulation de radionucléides dans la biosphère et l'exposition qui en résulte pour l'homme. Cette recherche est effectuée en collaboration avec l'Université catholique de Louvain (UCL) et Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT).

*Interaction potentielle d'une végétation forestière avec l'eau souterraine, contaminée par des rejets d'un site de stockage.*

#### *Effets biologiques induits chez les plantes après l'exposition à l'irradiation externe, l'absorption de radionucléides ou l'exposition à des conditions de stress mixtes*

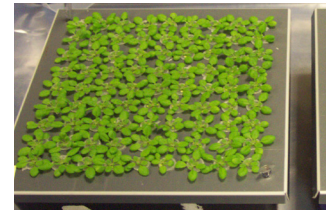
Le paradigme "si l'homme est protégé, l'environnement est protégé" a été fortement contesté. Au cours de la dernière décennie, la nécessité d'un système de protection de l'environnement face aux rayonnements ionisants a été reconnue au niveau international. Le manque important de données expérimentales fiables concernant les effets de la radiation sur les organismes non-humains a été démontré, en particulier en ce qui concerne les expériences d'exposition chronique sous des conditions d'exposition réalistes.

Dans ce contexte, BIS effectue des expériences d'exposition chronique sur les plantes en se concentrant sur les effets individuels (mortalité, morbidité, reproduction, mutations) et les effets sur la population (mortalité, reproduction paramètres de mesure). Nous étudions également comment les facteurs de stress déclenchent les systèmes de défense oxydatifs de la plante à plusieurs niveaux (enzymatique, métabolique et génétique). Les dégâts provoqués au niveau de l'ADN et les mécanismes de réparation de l'ADN sous différentes conditions de stress sont en cours d'étude. Pour identifier les voies biochimiques et les modifications génétiques après l'exposition aux différents facteurs de stress, nous réalisons dans des conditions contrôlées de l'analyse micro-array du génome pour comparer les profils de l'expression génique.

Nous étudions ces effets dans la plante terrestre *Arabidopsis thaliana* (Arabette des dames) et/ou la plante aquatique *Lemna minor* (Lentille d'eau) après une exposition à l'uranium, ou au rayonnement alpha ( $^{241}\text{Am}$ ), bêta ( $^{90}\text{Sr}$ ) ou gamma. Les effets sont également étudiés sous l'exposition aux contaminants multiples, imitant les conditions d'exposition pour des scénarios réalistes:

- Uranium, thorium, arsenic et cadmium pour les sites d'extraction d'uranium.
- Rayonnement alpha, bêta, gamma et métaux lourds pour les rejets des centrales nucléaires.
- Rayonnement gamma et neutronique pour simuler les conditions de l'espace.

La recherche est principalement réalisée en collaboration avec les universités d'Anvers et de Hasselt et dans le cadre du projet STAR Européen.



*Exemples des conditions d'exposition et des plantes tests.*

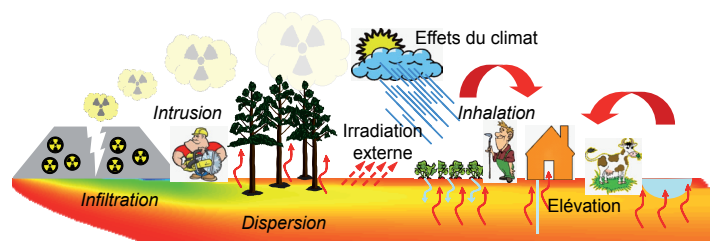
#### *L'évaluation des risques pour l'homme et l'environnement*

En matière de radioprotection, l'évaluation des risques pour l'homme et l'environnement constitue une discipline importante. En conformité avec les règles de base de la radioprotection, nous devons évaluer l'impact environnemental des rejets d'effluents radioactifs réguliers et accidentels. Par conséquent, BIS a élaboré des modèles radiologiques pour prédire la dispersion de radionucléides dans la biosphère et l'impact sur l'homme et l'environnement.

Les principaux domaines d'action sont les suivants:

- Développer, tester et améliorer les modèles de biosphère utilisés dans l'évaluation à long terme de la sécurité et la sûreté du stockage des déchets radioactifs.
- Evaluer l'impact des rejets d'effluents réguliers et accidentels ainsi que des rejets historiques (reconstitution de la dose).
- Déterminer la nécessité d'assainissement des sites contaminés et l'efficacité des contremesures.
- Développer et améliorer les modèles d'eau de surface pour les rejets réguliers et accidentels.
- Développer des modèles d'impact sur des organismes non-humains et l'évaluation de l'impact et des risques pour l'environnement.

La plupart de ces études sont réalisées pour l'ONDRAF et GDF-Suez et dans le cadre de collaborations internationales sous la tutelle de l'IAEA. La recherche spécialisée et l'amélioration du modèle de l'eau de surface se font en collaboration avec la VUB et dans le cadre du projet STAR Européen.



*Modèle conceptuel de la biosphère.*

#### **Contact**

**Hildegarde Vandenhove**  
 hildegarde.vandenhove@sckcen.be  
 Tel. + 32 14 33 21 14