

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# Evaluation des activités menées dans le cadre de l'évaluation des risques aux écosystèmes

## Avis et recommandations

Novembre 2010

Conseil scientifique

IRSN-CS-Avis-2010\_1

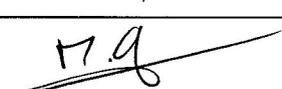
Conseil scientifique de l'IRSN

Séance plénière du 18 novembre 2010

Référence : IRSN-CS-Avis-2010\_1

# Evaluation des activités menées dans le cadre de l'évaluation des risques aux écosystèmes

## Avis et recommandations

Le Président du Conseil scientifique	Michel Quintard
Date	18 / 11 / 10
Signature	

*Ont participé à la préparation de ce rapport :*

*Pour le conseil scientifique*

M. Dietrich Averbeck (coordonateur) (Institut Curie, F)  
Mme Patsy Thompson (CCSN, Ca)  
M. Bernard Bonin (CEA, F)

*En qualité d'expert extérieur*

Mme Ethel Moustacchi (CNRS, F)  
Mme Hildegarde Vandenhove (SCK•CEN, Be)  
M. Marc Babut (CEMAGREF, F)

*Pour la direction scientifique*

M. François Paquet IRSN

## Sommaire

<b>I. DEFINITION DE L'EVALUATION A MENER</b>	<b>5</b>
I.1. Mandat du Comité d'évaluation	5
I.2. Objet et périmètre de l'évaluation	5
I.3. Choix des experts évaluateurs	5
I.4. Service et laboratoires concernés par l'évaluation	5
I.5. Description sommaire des travaux réalisés par les équipes évaluées	6
I.6. Les différentes étapes de l'évaluation	6
<b>II. AVIS DU COMITE D'EVALUATION</b>	<b>7</b>
II.1. Pertinence de la stratégie scientifique	7
II.2. Pertinence des projets	7
II.3. Adéquation de la recherche menée avec les missions de l'IRSN et avec les attentes sociétales	7
II.4. Qualité des recherches menées	7
II.5. Reconnaissances nationale et internationale	8
II.6. Management de la recherche	8
II.7. Adéquation entre missions et moyens	8
II.8. Perspectives et orientations des programmes	8
<b>III. RECOMMANDATIONS DU COMITE D'EVALUATION</b>	<b>9</b>
III.1. Renforcer la stratégie scientifique en mettant en place un agenda stratégique à court et moyen terme	9
III.2. Améliorer la production scientifique et la visibilité du SECRE	9
III.3. Maintenir le niveau d'excellence dans les domaines de recherche suivants :	10
III.4. Maintenir et renforcer les collaborations internes et externes	10
<b>IV. CONCLUSIONS GENERALES</b>	<b>11</b>
ANNEXE A1	12
ANNEXE A2	14
ANNEXE A3	15
ANNEXE A4	16
ANNEXE A5	18

## I. Définition de l'évaluation à mener

### ***1.1. Mandat du Comité d'évaluation***

Un comité d'évaluation a été mandaté par le Conseil Scientifique (CS) de l'IRSN suivant une décision prise lors de sa réunion du 13 Novembre 2008.

M. Dietrich Averbeck a été désigné par le CS comme coordonateur de cette évaluation. Il devait être assisté par Mme Ethel Moustacchi et M. Pierre Laroche, tous deux membres du CS. Un renouvellement de la composition du conseil scientifique étant intervenu au cours de cette évaluation, le CS a, lors de sa séance du 28 mai 2009, remplacé Mme Moustacchi et M. Laroche par Mme Patsy Thompson et M. Bernard Bonin.

M. François Paquet a été désigné comme co-pilote de cette évaluation pour le compte de l'IRSN. Il devait assurer à ce titre l'organisation des journées d'évaluation ainsi que l'interface entre les unités évaluées et le comité.

### ***1.2. Objet et périmètre de l'évaluation***

L'objet de l'évaluation et son périmètre ont été définis lors d'une réunion de cadrage, tenue le 24 juin 2009, entre les membres du comité et les responsables hiérarchiques des unités évaluées.

Il a été défini lors de cette réunion que l'objet de cette évaluation était de se prononcer sur la qualité des travaux menés, sur leur pertinence par rapport aux enjeux scientifiques et aux missions de l'IRSN, ainsi que sur l'efficacité des équipes.

Le périmètre de l'évaluation devait comprendre les actions de R&D menées dans les projets ENVIRHOM-Eco et Risque-Eco, développés par le SECRE dans le cadre du Défi 6 de l'IRSN. La pertinence des choix scientifiques et techniques effectués dans ces projets devait être analysée par rapport aux résultats d'autres travaux, dont ceux menés notamment par le SESURE et le SARG dans le cadre du Défi 3 de l'IRSN.

Une copie de la note de cadrage est fournie en annexe A1 de ce document.

### ***1.3. Choix des experts évaluateurs***

Le comité d'experts évaluateurs a été formé par les membres du comité scientifique désignés ci-avant. Ces membres ont été aidés dans leur tâche par des experts extérieurs au CS, désignés de par leur expertise dans les domaines étudiés.

La liste des experts désignés a finalement été établie comme suit :

#### *Pour le Conseil scientifique*

M. Dietrich Averbeck	(Coordonateur)	(Institut Curie, F)
Mme Patsy Thompson		(CCSN, Ca)
M. Bernard Bonin		(CEA, F)

#### *En qualité d'expert extérieur*

Mme Ethel Moustacchi		(CNRS, F)
Mme Hildegarde Vandenhove		(SCK•CEN, Be)
M. Marc Babut		(CEMAGREF, F)

Les affiliations et coordonnées des experts sont consultables en annexe A2 de ce document.

### ***1.4. Service et laboratoires concernés par l'évaluation***

Les laboratoires responsables de la réalisation des actions de R&D des projets ENVIRHOM-Eco et RISQUE-Eco sont tous rassemblés au sein du Service d'Etude du Comportement des Radionucléides dans les Ecosystèmes (SECRE).

L'organigramme et les missions de ce service sont indiqués en annexe A3 de ce document.

### ***1.5. Description sommaire des travaux réalisés par les équipes évaluées***

#### **Thèmes de recherche**

Les recherches menées par les équipes évaluées concernent des situations d'exposition chronique aux substances radioactives seules ou en mélange. Cette thématique est déclinée dans deux programmes

- ENVIRHOM-Eco (Spéciation des radionucléides et exposition des organismes vivants, effets biologiques à différentes échelles) et
- RISQUE-Eco (Connaissances au service de l'évaluation du risque écologique)

#### **Objectifs des recherches menées à court et long termes**

Les objectifs poursuivis par ces recherches sont de 1/ de nourrir l'expertise par les connaissances finalisées issues d'ENVIRHOM-ECO concernant l'impact/risque écotoxique chronique des substances radioactives et/ou des substances chimiques et 2/ d'élaborer et mettre en œuvre des méthodes d'évaluation du risque aux écosystèmes associé aux rejets ou à la présence de radionucléides et/ou de substances chimiques.

#### **Bilan des publications 2004-2009:**

SECRE : 182 dont LRE : 107, LME : 45, LRC : 44

Un total de 23 publications dans les journaux avec comité de lecture soit 1,3 à 2,1 par chercheur par an.

#### **Travaux d'expertise**

Rapports SECRE (2004-2009) : 222

#### **Collaborations /contrats :**

SECRE : 105 (2004-2009)

Post-DOCS : SECRE : 20 (2004-2009)

Thèses LRE (seulement) : 25 (2004-2009)

### ***1.6. Les différentes étapes de l'évaluation***

Les différentes étapes de l'évaluation menée peuvent être décrites comme suit :

1. Analyse et appréciation critique des documents fournis par le SECRE aux experts du Comité d'évaluation (Décembre 2009).
2. Visite des laboratoires du SECRE les 18 et 19 Janvier 2010, à Cadarache avec présentations des travaux au Comité d'évaluation (D. Averbek, coordonateur ; P.Thompson; H.Vandenhove; M. Babut; B. Bonin) en présence du copilote IRSN (F. Paquet), de l'adjoint au directeur de la DEI (D. Boulaud), du chef du SECRE (J. Garnier-Laplace) et des chercheurs et ingénieurs des laboratoires concernés. Les présentations effectuées ont été alternées avec des séances de questions/réponses et clôturées par une restitution à chaud, devant l'ensemble du personnel, de l'avis des évaluateurs.
3. Analyse des journées d'évaluation, discussion et formalisation d'un avis du comité. Etablissement d'un canevas du rapport d'évaluation (20 Janvier 2010).
4. Rédaction du rapport d'évaluation en Mars /Avril 2010.
5. Présentation du rapport et des recommandations au Conseil scientifique de l'IRSN pour la session de Mai 2010.
6. Nouvelle présentation du rapport et de ses recommandations au CS en novembre 2010.
7. Restitution du rapport aux unités en Décembre 2010 (prévision).

## **II. Avis du comité d'évaluation**

### ***II.1. Pertinence de la stratégie scientifique***

Les stratégies scientifiques et les approches utilisées (écotoxicologique, biochimique, moléculaire, génétique) sont parfaitement adaptées aux objectifs suivis et très largement porteuses. Il apparaît une cohérence et une complémentarité entre les recherches menées sur les effets et celles sur les mécanismes moléculaires, entre les travaux expérimentaux et ceux de validation sur le terrain et entre les travaux de recherche et ceux d'expertise. La stratégie suivie laisse la place à la réalisation d'approches innovantes, notamment par le biais des doctorants, post-doctorants et par la mise en place de collaborations pointues<sup>1</sup> afin de mettre en place la meilleure méthodologie possible pour l'évaluation du risque environnemental associé aux radionucléides. Ces travaux devraient aboutir à la proposition de valeurs guides pour la protection des écosystèmes ainsi que la mise en place de standards méthodologiques et d'un cadre réglementaire conceptuel.

### ***II.2. Pertinence des projets***

Les études en cours et les projets sont en bonne adéquation avec les objectifs fixés. Certains projets comme ceux étudiant les conséquences écologiques à long terme de l'accident de Tchernobyl sont très intéressants dans leur conception car permettent de mettre à profit les multiples compétences du laboratoire. A contrario, le projet portant sur la décomposition des feuilles semble peut-être encore un peu prématuré et devrait être ré-évalué en tenant compte de critères mieux définis.

### ***II.3. Adéquation de la recherche menée avec les missions de l'IRSN et avec les attentes sociétales***

Les recherches menées répondent à une forte demande sociétale, attestée par la demande de nombreux clients (Commission Européenne, EDF, ANDRA, AREVA, ANR, INSU-E, Agences de l'eau et des régions..). Elles apportent clairement de nouveaux moyens pour l'évaluation des risques pour les écosystèmes et correspondent ainsi pleinement à la fois aux missions du SECRE et aux attentes de la société.

Les travaux menés s'inscrivent parfaitement dans la ligne de mission du DEFI 6 de l'IRSN et s'intègrent bien dans le contexte européen et international.

### ***II.4. Qualité des recherches menées***

Le Comité a noté une grande qualité et originalité dans les approches et les études menées. Il y a une bonne cohérence entre les objectifs suivis et les méthodologies utilisées. Les travaux effectués sont basés sur une bonne connaissance de l'état de l'art du domaine. Cependant, bien que les laboratoires soient très bien dotés de compétences internes, il serait nécessaire de solliciter plus de collaborations sur les plans national et international dans le domaine de l'évaluation et la caractérisation du risque écologique.

De façon générale, les travaux du SECRE ont contribué à faire avancer et développer les concepts et les méthodes d'évaluation de risques pour les écosystèmes. Leur approche incluant des recherches aux niveaux moléculaire, cellulaire, tissulaire, jusqu'aux espèces et populations est novatrice dans ce domaine de recherche. Le Comité salue les efforts réalisés pour le développement et la mise en place d'approches multi-espèces et leur validation sur les plans moléculaire et fonctionnel.

Le Comité a noté une bonne synergie entre recherche et expertise due à l'implication directe des chercheurs dans l'expertise. Le SECRE a contribué d'une façon importante au développement du benchmark pour la protection de l'environnement et à sa mise en valeur dans les projets ERICA et PROTECT, ainsi qu'au développement de la banque de données

---

<sup>1</sup> Voir les travaux sur les nématodes, le protéome et le métabolome, les mécanismes du cycle bioénergétique et de dégradation, la redistribution des populations en fonction des expositions ou des contaminations radiatives...

FREDERICA et des codes de calculs pour les organismes de référence qui en sont sorti. Les données obtenues ont été traitées d'une façon rigoureuse.

Il est à noter que le SECRE peut profiter pour ses travaux expérimentaux d'un plateau technique bien équipé pour la caractérisation physico-chimique de matrices diverses (analyses d'éléments stables et radioactifs), la caractérisation d'effets biologiques divers (toxicogénomiques, biochimiques, histologiques, pathologiques) et l'analyse de distribution et micro-localisation, ainsi que d'un banc gammamétrique et d'un nouveau dispositif d'irradiation gamma.

Le comité pense que, afin d'élargir et de compléter le tableau d'analyse, le SECRE devrait plus collaborer avec les services et installations de l'IRSN impliqués dans l'évaluation des effets d'expositions chroniques aux radionucléides sur les rongeurs (programme ENVIRHOM-Homme), afin de bénéficier des avancées acquises dans ces domaines de recherche très proches.

### ***II.5. Reconnaissances nationale et internationale***

La notoriété du Service se manifeste par les nombreuses contributions d'expertise auprès de l'UNSCEAR, de l'AIEA, de la CIPR, et la participation aux projets FASSET, ERICA, PROTECT et FUTURAE ainsi qu'aux cycles de formations diverses (Biota training course, UK, IAEA ; BARC, Inde).

En comparaison avec les travaux effectués dans d'autres pays, le SECRE se positionne bien. La notoriété internationale se mesure également par les nombreuses collaborations établies entre le SECRE et la Suède (SUC, SSM), l'Australie (ANSTO), les Etats-Unis (SREL), l'Allemagne (BfS) et la Finlande (STUK), entre le LRE et la Belgique (SCK-CEN), la Norvège (NRPA), l'Angleterre (CEH), le Canada (CCSN), l'Espagne (CIEMAT), l'Ukraine (UIAR), la Russie (RIAR), le Japon (NIRS), entre le LME et la Norvège et Monaco, et entre le LRC et l'Irlande (RP11), l'Angleterre (CEFAS) et la Suède (SUC).

A ces collaborations, s'ajoutent de nombreuses coopérations nationales avec les organismes de recherche scientifique en France tels que le CEA(programme TOX-NUC), le CNRS, l'INERIS, l'INRA, l'ENS, l'IFREMER, l'Ecole des Mines, l'ANDRA, EDF et plusieurs laboratoires universitaires (Grenoble, Cherbourg, Montpellier, Marseille, Paris, Toulon, Aix, Bordeaux, Poitiers, Gif-Sur-Yvette, Rouen) ou d'autres laboratoires CORIA, l'Ecole Centrale de Nantes, CSTB, LCPC, AER C.O.M. à Caen, LMP, Clermont Ferrand, VEOLIA, LSCE, Météo France, EAMEA.

### ***II.6. Management de la recherche***

La direction des laboratoires répond aux multiples tâches à accomplir. Des réunions organisationnelles et scientifiques intra- et inter laboratoires sont organisées régulièrement, assurant un bon fonctionnement des laboratoires. Le service participe également activement à la communication extérieure et à l'organisation des colloques, congrès et journées portes ouvertes.

### ***II.7. Adéquation entre missions et moyens***

Le Comité note les bienfaits du support financier permettant un remplacement régulier des doctorants et post-doctorants, qui assurent visiblement une bonne partie de la recherche menée dans ce domaine. La répartition du budget total (5,3 M € en 2009) entre les deux projets ENVIRHOM-Eco/RISQUE ECO et le projet 3.1.2 dédié à « l'amélioration et la valorisation des capacités à évaluer l'exposition de l'environnement et des populations » apparaît très convenable (43% versus 52%) en vue des multiples tâches accomplies.

### ***II.8. Perspectives et orientations des programmes***

Le programme sur les effets biologiques à différentes échelles (recherche du niveau moléculaire aux organismes entiers et aux populations et communautés) est particulièrement riche et fait appel à de multiples espèces d'organisation très différentes (bactéries, algues, plantes, nématodes, annélides, mollusques, crustacés, insectes, poissons). Il permet d'analyser d'une façon graduelle les risques engendrés aux écosystèmes à différents niveaux de complexité et dans leur ensemble. Ceci aboutit également à des approches multibiomarqueurs qui font partie du projet national DEVIL et à la proposition d'utiliser le nématode comme biosenseur.

Cette approche est tout à fait originale et très pertinente pour l'évaluation de risques d'un environnement contaminé car elle prend en compte l'adaptabilité de chaque organisme. Suivant la logique de cette approche, les connaissances acquises peuvent être mises au service de l'évaluation du risque écologique, par exemple pour les mines d'uranium, l'extension à des stressés multiples et à des modélisations (réseau d'excellence européen STAR), pour l'extrapolation des effets individuels vers la population (projet AMORE). Ces perspectives sont très pertinentes car elles impliquent que les approches utilisées soient mises à l'épreuve d'une façon très directe dans la zone d'atelier *in situ* de Tchernobyl, dans l'évaluation des effets d'émetteurs alpha sur un écosystème canadien et dans l'évaluation des effets des rejets des sites miniers d'uranium.. Le Comité souligne également comme aspects très positifs la volonté des équipes de valider leur concept et leurs approches méthodologiques par des expériences sur le terrain (Limousin, Tchernobyl...).

### **III. Recommandations du Comité d'évaluation**

Eu égard aux appréciations générales positives du comité, les recommandations émises visent essentiellement à maximiser les retombées des recherches effectuées pour les besoins de l'expertise et de la réglementation.

#### ***III.1. Renforcer la stratégie scientifique en mettant en place un agenda stratégique à court et moyen terme***

1. il conviendrait de mettre en place un agenda stratégique global à court et à moyen termes, menant sur une méthodologie nationale d'évaluation du risque afin de contribuer efficacement à une réglementation future. En plus des programmes européens, l'agenda stratégique de recherche devrait également prendre en compte les développements nationaux et internationaux.
2. l'agenda stratégique devrait préciser et justifier la stratégie d'évaluation des risques comprenant une approche intégrée des éléments de base (biodisponibilité/exposition, effets biologiques à plusieurs niveaux d'organisation, modèles d'évaluation du risque) et préciser les objectifs visés à court et à moyen termes.
3. l'agenda stratégique devrait comprendre une hiérarchisation des actions de recherche vis-à-vis des objectifs identifiés.
4. l'agenda stratégique et la programmation de recherche devraient être ajustés et réévalués régulièrement (e.g. tous les 5 ans) pour maintenir la pertinence des axes de recherche en cours et de mieux définir les perspectives. Pour ce faire, les méthodes établies devront être mises à l'épreuve par leur application à des situations réelles du terrain. Des évaluations critiques régulières des recherches devront être menées afin de contribuer à la validation des approches (méthodes et outils) d'évaluation des risques sur les écosystèmes.

#### ***III.2. Améliorer la production scientifique et la visibilité du SECRE***

5. Par rapport aux standards de l'IRSN, la production scientifique sur le plan des publications est bonne quoique très variable. Afin de maintenir et d'accroître la visibilité internationale des recherches effectuées, il est souhaitable d'augmenter le nombre de publications dans les journaux internationaux de référence et de présentations lors de congrès internationaux.
6. Il est souhaitable, afin d'augmenter la visibilité de l'IRSN/SECRE à l'université, de concentrer les collaborations sur quelques écoles doctorales clés plutôt que répartir les forces sur un grand nombre d'écoles (e.g. universités d'Aix-Marseille, de Marseille, de Montpellier, de Nancy/Metz, de Bordeaux, de Toulon, de Rouen, de Grenoble, de Caen et de Brest).

7. Il convient de solliciter plusieurs chercheurs pour passer leur HDR, compte tenu du nombre de leurs publications. Par ailleurs les HDR doivent assurer plus directement l'encadrement des masters et des thésards.

### **III.3. Maintenir le niveau d'excellence dans les domaines de recherche suivants :**

#### **III.3.a. L'étude du comportement des radionucléides**

8. Il conviendrait de mieux intégrer les travaux sur la spéciation et sur la biodisponibilité en tenant compte des facteurs de transferts, des aspects géochimiques (incluant la distribution des KDs) et biologiques (interfaces abiotiques/biotiques).
9. Il conviendrait de valider les modèles de spéciation et de biodisponibilité au moyen de bioindicateurs d'exposition.

#### **III.3.b. L'étude des effets biologiques résultant des expositions chroniques**

10. Le comité recommande de poursuivre les études sur les effets d'expositions chroniques (faible débit de dose) de faibles doses en y intégrant des études sur différents types (qualités) de radiations (alpha, beta et gamma) sur les mêmes modèles biologiques afin de tester la pertinence de l'utilisation du Gy comme mesure de l'exposition. Dans ce contexte, l'installation d'un nouvel irradiateur gamma est particulièrement encouragée.
11. Le comité recommande de poursuivre les travaux sur les stressés multiples en prenant en compte les différences de modes d'actions. Il conviendrait d'effectuer des coups de sonde dans des situations représentatives d'installations (e.g. effluents industriels complexes, multi-contamination de sédiments).
12. Dans un contexte d'évaluation environnementale globale (protection de l'homme et des écosystèmes) et compte tenu de son expérience, le SECRE est invité à réfléchir à la pertinence d'analyser, pour certains systèmes, les effets sur le système immunitaire, en raison de son importance dans les organismes supérieurs (mammifère et homme). Ceci pourrait être réalisé en profitant de l'interaction avec d'autres laboratoires de l'IRSN pour effectuer des expositions chroniques de longue durée sur des animaux (rats, souris).

#### **III.3.c. L'évaluation des risques aux écosystèmes**

Étant donné l'état d'avancement des recherches menées sur différents modèles biologiques et à différents niveaux d'organisation (moléculaire, cellulaire, individu et population), il convient :

13. De mener des recherches bien ciblées sur le terrain (Limousin, Tchernobyl, etc.) suivant des modèles conceptuels utilisant les mêmes approches et outils sur différents sites.
14. De mener des recherches sur le terrain permettant d'une part la validation de bioindicateurs d'effets développés en laboratoire en condition artificielle et d'autre part la validation de modèles de prédictions de risques à partir des niveaux de contaminations mesurés sur le terrain et des effets écologiques mesurés directement sur les populations/communautés indigènes au site d'étude. Dans ce contexte, les études sur l'évolution de la diversité génétique des populations devraient être poursuivies sur les terrains contaminés, dans la perspective d'en faire un bioindicateur robuste et pertinent applicable à l'analyse des perturbations des écosystèmes.
15. À ce stade-ci de l'avancement des connaissances il serait opportun d'inclure dans les études sur les dynamiques de populations les interactions entre populations via les chaînes trophiques.

### **III.4. Maintenir et renforcer les collaborations internes et externes**

Afin de s'enrichir d'une plus grande interaction avec d'autres chercheurs et de maximiser les ressources et les compétences disponibles, le Comité d'évaluation recommande également :

16. De renforcer les interactions entre différents laboratoires du SECRE (LRE, LME, et LRC) et de promouvoir en particulier les interactions entre les deux programmes ENVIRHOM-ECO et ENVIRHOM-Homme en raison des similitudes et complémentarités des thèmes et de

certaines approches conceptuelles et méthodologiques comme l'utilisation de biomarqueurs et de mêmes types d'irradiation.

17. D'accroître les collaborations extérieures et les interactions internes dans le service, notamment en incluant d'avantage les aspects du milieu marin (Octeville) dans les travaux du SECRE.

#### **IV. Conclusions générales**

Le Comité reconnaît la quantité et la grande qualité des travaux effectués ainsi que l'excellence des résultats obtenus, qui constituent une avancée considérable dans nos connaissances scientifiques sur les effets des rayonnements ionisants au niveau des organismes de référence et des écosystèmes. Il salue le dynamisme et l'engagement des équipes dans cette recherche pleine de défis, montrant une réelle capacité à faire avancer les connaissances dans ce domaine et à fournir les outils nécessaires pour une évaluation de risques sur les écosystèmes.

La stratégie du suivi de l'évolution des écosystèmes à différents niveaux et le concept d'étude combinée de plusieurs types de stressors (agents chimiques toxiques vs rayonnements), en s'appuyant sur des modèles ecotoxicologiques, sont très prometteurs et originaux. Le Comité encourage cette voie de recherche car il permet d'apprécier le risque additif ou synergique associé à plusieurs stressors.

Le Comité d'évaluation note avec beaucoup de satisfaction une très bonne synergie entre recherche et l'expertise en raison du fait que les chercheurs sont eux-mêmes impliqués dans les expertises.

Pour atteindre ces objectifs, le SECRE réunit des compétences très variées mais bien adaptées et tout à fait adéquates pour aborder un travail à grande échelle et pluridisciplinaire d'excellente qualité. Du point de vue de la pluridisciplinarité des approches utilisées, le SECRE et ses laboratoires sont exemplaires.

Le Comité a noté également la multitude d'interactions entre les laboratoires du Service et les Institutions et Organismes nationaux de la recherche. Les travaux des laboratoires sont actuellement bien intégrés dans le contexte de la recherche nationale et dans les projets aux niveaux européen et international.

#### **Annexes du Rapport**

- A1. Note de cadrage de l'évaluation
- A2. Liste et coordonnées des experts évaluateurs
- A3. Organigramme et missions du SECRE
- A4. Liste des documents fournis par le SECRE
- A5. Programme des journées d'évaluation

**Note de cadrage de l'évaluation**  
**(Extrait de la Note DS/Dir 09-209 du 22 Septembre 2009)**

**A1.I. Périmètre de l'évaluation**

L'évaluation ERE portera sur les actions de R&D menées dans les projets ENVIRHOM-Eco et Risque-Eco, développés par le SECRE dans le cadre du Défi 6 de l'IRSN. La pertinence des choix scientifiques et techniques effectués dans ces projets sera analysée par rapport aux résultats d'autres travaux, dont ceux menés notamment par le SESURE et le SARG dans le cadre du Défi 3 de l'IRSN. Ces deux services seront ainsi appelés à fournir quelques documents de synthèse permettant de définir le niveau et la nature du marquage de l'environnement par, respectivement, les usines du cycle du combustible et les sites miniers.

**A1.II. Contenu de l'évaluation**

L'évaluation portera sur la qualité des études menées, sur leur pertinence et sur l'efficacité des équipes.

Elle pourra être réalisée au travers des questions suivantes, non exhaustives et données à titre d'exemple (Cf. Guide IRSN/Gui-044 du 03/07/2008).

**A1.II.1. Qualité scientifique des études menées**

**Éléments de qualité scientifique intrinsèque**

- Fiabilité scientifique des études menées
  - sur le plan de la méthodologie utilisée
  - sur le plan de leur validation
- Domaine de validité des études menées
- Qualité scientifique des données obtenues (incertitudes, ..)
- Etendue des progrès réalisés dans l'avancement des connaissances
  - positionnement des connaissances avant et après : nouveauté / originalité
  - Identification de voies nouvelles ouvertes
- Apport des collaborations scientifiques internes et externes
- Perspectives des travaux accomplis

**Éléments de qualité scientifique comparative**

- Positionnement des études et résultats sur les plans national et international
- Manifestations d'intérêt des partenaires nationaux et internationaux (demandes de résultats, invitations à congrès, reconnaissance de l'équipe et des chercheurs)
- Publications associées à ces travaux (revues, congrès, autres... ) et citations par la littérature internationale

**A1. II.2. Pertinence des études menées**

- Adéquation des études menées par rapport aux objectifs et missions de l'IRSN
- Représentativité et applicabilité de ces études pour la radioprotection
- Gains obtenus par ces études dans la stratégie de l'IRSN
- Retombées directes et indirectes

**A1. II.3. Efficacité**

- Réactivité, créativité de l'équipe opérationnelle et aptitude à faire face aux situations imprévues

- *Efficacité de l'organisation et du management scientifique (incluant les travaux de thèse)*
- *Disponibilités et adéquation*
  - *des compétences et ressources humaines sur le plan scientifique*
  - *des moyens matériels*

### **A1. III. Experts proposés pour l'évaluation**

Les experts ont été choisis selon les règles de déontologie rappelées dans le rapport décrivant le système global d'évaluation à l'IRSN (rapport DESTQ/DIR/07-003 du 14/07/2007).

Les experts proposés<sup>2</sup> sont

#### *Pour le Conseil Scientifique*

M. D. Averbek (Pilote de l'évaluation)  
 Mme E. Moustacchi  
 M. P. Laroche

#### *Pour les experts extérieurs*

M. M. Babut (CEMAGREF, France)  
 Mme. P. Thompson (CNSC, Canada)  
 Mme H. Vandenhove (SCKCEN, Belgique)

### **A1. IV. Base documentaire devant servir à l'évaluation**

Le SECRE a fourni, lors de la réunion de cadrage du 24 Juin 2009, la liste des collaborations, publications et autres documents produits depuis 2004. Ces documents serviront de base à l'évaluation citée en objet. Ils seront complétés par des documents de synthèse fournis par le SESURE et le SARG, tel que décrit en paragraphe I de cette note.

### **A1. V. Calendrier de l'évaluation**

Le calendrier suivant est retenu pour l'évaluation ERE.

- Phase 1. Etude du patrimoine documentaire produit par les unités évaluées. Echange de questions/réponses éventuelles entre les évaluateurs et les évalués (Octobre-Décembre 2009)
- Phase 2. Réunion d'évaluation (2 jours) comprenant des présentations orales, des visites de laboratoire, des questions/réponses et une restitution à chaud de l'avis des experts (Janvier-Février 2010)
- Phase 3. Préparation du rapport provisoire de l'évaluation. Echanges éventuels, par emails, entre évaluateurs et évalués (Mars-Avril 2010).
- Phase 4. Présentation du rapport final d'évaluation au Conseil Scientifique (Mai 2010).

---

<sup>2</sup> Les noms des experts désignés ont été revus lors du changement de composition du conseil scientifique (Cf. I.1. du texte principal)

## Liste et coordonnées des experts évaluateurs

### A2.1. Pour le conseil scientifique

- Dietrich Averbeck (Coordonateur)  
Directeur de Recherche Emérite au CNRS,  
Institut Curie - Section de Recherche, UMR 3348 CNRS/I.C.,  
Centre Universitaire, 91405 ORSAY Cedex.  
Tél. 0033 169863096, Tél. portable : 0033 689843203, Tél. : 0033 158357132 (IRSN).  
e-mails : [dietrich.averbeck@curie.u-psud.fr](mailto:dietrich.averbeck@curie.u-psud.fr); [dietrich.averbeck@irsn.fr](mailto:dietrich.averbeck@irsn.fr)
- Patsy Thompson (CCSN)  
Commission canadienne de sûreté nucléaire  
Directrice générale  
Direction de l'évaluation et de la protection environnementales et radiologiques  
280 Slater Street PO Box 1046 Station B  
Ottawa, Ontario, K1P 5S9  
tel:1-800-668-5284 Fax: 613-995-5086  
e-mail: Patsy.Thompson@cnscccsn.gc.ca
- Bernard Bonin  
CEA Direction de l'Energie Nucléaire  
Saclay, France  
e-mail : [bernard.bonin@cea.fr](mailto:bernard.bonin@cea.fr)

### A2.2. En qualité d'expert extérieur

- Ethel Moustacchi  
Institut Curie - Section de Recherche,  
UMR2028 CNRS/I.C, 26, Rue d'Ulm,  
75248 Paris Cedex 05, France  
Tél. 0033 156246710  
e-mail : [ethel.moustacchi@curie.fr](mailto:ethel.moustacchi@curie.fr)
- Hildegarde Vandenhove (SCK•CEN , B)  
Head Biosphere Impact Studies  
Deputy Institute Director Environment Health and Safety  
Belgian Nuclear Research Centre  
Radiological Impact and Performance Assessment  
Biosphere Impact Studies  
Boeretang 200, 2400 Mol, Belgium  
tel: 32-14-332114; fax: 32-14-321056  
email : [hvanden@sckcen.be](mailto:hvanden@sckcen.be)
- Marc Babut (CEMAGREF, F)  
Laboratoire d'écotoxicologie, UR "Milieux Aquatiques, Ecologie, Pollutions »Biologie des  
Ecosystèmes Aquatiques"  
CEMAGREF - Centre de Lyon  
3 bis Quai Chauveau - CP 220  
69336 LYON Cedex 9 (France)  
tel. +33 (0) 4 72 20 87 28 - +33(0)6 76 66 09 42 fax +33 (4) 78 47 78 75  
[e-mail :marc.babut@cemagref.fr](mailto:marc.babut@cemagref.fr)

## Annexe A3

### Organigramme et missions du Service d'Etude du Comportement des Radionucléides dans les Ecosystèmes (SECRE).

#### A3.1. Organigramme

- Direction de l'Environnement et de l'Intervention (DEI)  
Directeur : Didier Champion
- Service d'Etude du Comportement des Radionucléides dans les Ecosystèmes (SECRE).  
Chef de service : Jacqueline Garnier-Laplace,

Le SECRE compte comme effectif 50 permanents (12 techniciens, 3 secrétaires, 35 cadres (18 ETPT chercheurs), 10 thésards, 7 post-doctorants) répartis sur 3 laboratoires:

- Laboratoire de Radioécologie de Cherbourg-Octeville (LRC)  
Chef de laboratoire : Dominique Boust
- Laboratoire de Radioécologie et d'Ecotoxicologie (LRE)  
Chef de laboratoire : Rodolphe Gilbin
- Laboratoire de Modélisation Environnementale (LME)  
Chef de laboratoire : Philippe Calmon (jusqu'au 31.08.2009) puis  
Marie Simon-Cornu

#### A.3.2. Missions du SECRE

Développer les connaissances et les capacités d'expertise de l'IRSN concernant les mécanismes de transfert et de concentration des substances d'intérêt (stables ou radioactives, d'origine naturelle ou artificielle, seules ou en mélange) dans la biosphère, le traçage de leurs échanges, leurs conséquences écologiques et sanitaires et l'amélioration des méthodes d'évaluation du risque environnemental et sanitaire.

Le SECRE avec ses 3 laboratoires LRE, LRC et LME est focalisé sur la radioprotection de l'environnement et l'expertise de l'impact environnemental. Il couvre une large gamme de disciplines et de domaines de la recherche environnementale incluant aussi bien le comportement des radionucléides dans la biosphère que leurs conséquences écologiques et sanitaires en utilisant de nombreux organismes de référence (microbes, diatomées, daphnies, invertébrés benthiques, le poisson zèbre, l'huître creuse, le nématode, plantes, etc.). Le SECRE est fortement engagé dans le projet ENVIRHOM-Eco visant d'un côté (90% LRE) à développer et promouvoir des méthodes d'évaluation du risque environnemental et de l'autre côté (50% LRC, 40% LME et 10 % LRE) à améliorer et valoriser les capacités d'évaluation des expositions de l'environnement et des populations. Les deux activités ont donné lieu respectivement à 2.4 M€ et 0,2 M€ de recettes et 2,9 M€ et 0,9 M€ de recettes (Budget total : 5,3 M€) et ont permis d'engager respectivement 10 ETPT-cadres, 5 doctorants, 4 post-doctorants, 2 HDR plus 1 DE et 8 ETPT-cadres, 5 doctorants, 3 post-doctorants plus 1 DE. (Pas mention des fonds externes)

## Annexe A4

### Liste des documents fournis par le SECRE (*extrait de la note DEI/SECRE/2009-256 du 29 mai 2009*)

#### Document initiant la demande :

---

▶ Compte-rendu de la réunion du 18 février 2009 ref DS/DIR/09-028 // objet : réunion préliminaire au cadrage de l'évaluation à mener par le Conseil Scientifique sur « *les méthodes d'évaluation des risques aux écosystèmes* ».

#### Destinataire :

---

▶ François Paquet, Direction scientifique, chargé du dossier de cette évaluation

#### Dossier préparé par :

---

▶ J. Garnier-Laplace, R. Gilbin, C. Madoz-Escande, D. Boust, K. Beaugelin (DEI/SECRE)

#### Liste des documents souhaités

---

▶ **Organigramme** de la DEI : mise à jour juin 2008

▶ **Fiches programmes et fiches annuelles** : Deux projets sont ciblés par cette demande, le projet 6.1.4 (baptisé RISQUE-Eco) de manière directe et le projet 6.1.5 (baptisé ENVIRHOM-Eco, ex 6.1.1 volet environnement) de manière indirecte en raison du lien opérationnel très fort entre ces deux projets. En effet, les produits de la recherche finalisée conduite au sein d'ENVIRHOM-Eco sont utilisés dans le cadre de l'évaluation du risque chronique écologique lié aux activités nucléaires. ENVIRHOM-Eco s'inscrit dans une logique de production de connaissances utilisables dans le domaine de l'évaluation du risque écologique lié aux activités nucléaires, et se positionne pour répondre aux enjeux actuels de la radioprotection. A partir de 2009, ce projet, très lié au projet 6.1.4 sur l'évaluation du risque écologique (RISQUE-Eco), en parallèle du projet 3.1.2 pour l'évaluation de l'exposition des écosystèmes, s'inscrit dans la continuité des développements antérieurs tout en renforçant les aspects « support de l'expertise ». Pour les deux projets Eco, sont fournis ci-après : la fiche décrivant le projet, la fiche annuelle 2008 et re-prévision 2009-2016, ainsi qu'un bilan scientifique des activités 2008 extrait du rapport d'activité annuel de DEI.

Description sommaire du document
----------------------------------

ENVIRHOM - Eco fiche programme 2009-2016
---

mise à jour mai 2009
<b>ENVIRHOM - Eco</b> Fiche annuelle 2008 et re-prévision 2009-2016 Mise à jour mai 2009
<b>RISQUE - Eco</b> fiche programme 2007-2011 mise à jour 2007
<b>RISQUE - Eco</b> Fiche annuelle 2008 et re-prévision 2009-2016 Mise à jour mai 2009
<b>Projets Eco du défi 6</b> Bilan d'activités 2008 (extrait du rapport d'activité DEI 2008 en cours de préparation

► **Liste des publications et des rapports IRSN par laboratoire de 2004 à ce jour** : Les publications sont répertoriées dans le fichier ci-attaché. Un fichier Excel existe incluant les liens dynamiques avec les tirés à part cités. Il peut être remis sur demande. Les rapports peuvent être consultés sur l'outil iPOD, intranet DEI.

Les listes des doctorants, post-doctorants, et enseignements délivrés par des agents du SECRE sont également listées ci-après.

<b>Description sommaire du document</b>
Publications 2004 à ce jour mise à jour mai 2009
Rapports IRSN 2004 - 2008
Doctorants et post-doctorants mise à jour mai 2009
Enseignements dispensés Année scolaire 2008-2009

► **Liste des agents DEI/SECRE habilités à diriger des recherches à ce jour** :

Trois agents disposent de l'HDR : Christelle Adam-Guillermin (LRE - HDR 2007), Jacqueline Garnier-Laplace (SECRE - HDR 1999), Christian Tamponnet (LME - HDR 1995).

Deux agents sont docteurs d'état : Bruno Fievet (LRC - DE 1989), Dominique Boust (LRC - DE 1986).

## Annexe A5

### Programme des journées d'évaluation

#### Dimanche 17 Janvier 2010

Arrivée Aix en Provence. Transferts Aéroports/Gare vers hôtel Saint Christophe à Aix par taxi.

#### Lundi 18 janvier 2010

7h00 Petit déjeuner à l'Hôtel Saint Christophe. Déroulement des journées (Evalueurs + FP)

8h00 Transfert vers Cadarache en voitures individuelles (FP)

#### Accueil au SECRE

---

8h45 Présentation des objectifs de l'évaluation (D. Averbeck et F. Paquet)

#### Présentations générales

---

09h00 - 10h15 **Présentations générales des projets Eco du Défi 6 et de l'équipe**

- Analyse des enjeux, forces, faiblesses et bilan général sur la période 2006-2009 - Accent sur le contexte européen et international (J Garnier-Laplace) - 20'
- Interactions avec le projet 3.1.2 « Transferts des radionucléides au sein de la biosphère » (D Boulaud) - 10'
- Grandes lignes de la contribution des laboratoires du SECRE aux projets Eco : actions, moyens humains et budget (R Gilbin, D Boust, K Beaugelin-Seiller) - 3x10'

10h15 - 10h30 **Articulation thématique proposée pour les deux jours**

#### Spéciation et exposition des organismes vivants

---

##### **Présentations de synthèse et discussion**

10h30 - 11h00 Influence des facteurs environnementaux sur la biodisponibilité (L Février) - 15'

11h00 - 11h30 Biodistribution et spéciation dans les organismes vivants (O Simon) - 15'

##### **Visite thématique du laboratoire**

11h30 - 12h00 Microlocalisation des radionucléides et dommages tissulaires par Microscopie MET-EDX (M Floriani)

12h00 - 12h30 Caractérisation de complexes Uranium-Protéines en milieu biologique par chromatographie et quenching de fluorescence (F Coppin)

**12h30 - 14h00 Pause déjeuner.**

#### Effets biologiques à différentes échelles

---

### **Présentations de synthèse et discussion**

- 14h00 - 14h30 Profil toxicologique de l'uranium sur le poisson zèbre *Danio rerio* : génotoxicité, reprotoxicité et neurotoxicité (C Adam) -15'
- 14h30 - 15h00 Effets des radionucléides sur l'huître creuse *Crassostera gigas* : expression de marqueurs moléculaires et sensibilité des stades de vie précoces (B Fiévet) -15'
- 15h00 - 15h30 Effets des radionucléides sur le budget énergétique et la dynamique de population de daphnies *Daphnia magna* (F Alonzo) -15'
- 15h30 - 16h00 Modifications phénotypiques de populations d'invertébrés benthiques exposés à l'uranium : mise en évidence de phénomènes adaptatifs (J-M Bonzom) -15'

### **16h00 - 16h30 Pause**

### **Visite thématique du laboratoire**

- 16h30 - 17h00 La daphnie *Daphnia magna* : quantification des paramètres énergétiques - assimilation, respiration, biomasse- et effets de l'uranium (F Alonzo / thèse S Massarin)
- 17h00 - 17h30 Le nématode *C elegans* : un modèle pour le développement de biosenseurs et l'étude des processus adaptatifs (C Lecomte-Pradines)
- 17h30 - 18h00 Modélisation de l'impact de l'uranium sur les flux énergétiques individuels sur le poisson *Danio rerio* : acquisition expérimentale des paramètres énergétiques à différentes concentrations de nourriture (B Gagnaire / Thèse S Augustine)
- 18h30 Retour Hôtel
- 20h00 Diner (évaluateurs + FP + DEI)

### **Mardi 19 janvier 2010**

- 7h30 Départ hôtel
- 8h15 Arrivée Cadarache

### **Les connaissances au service de l'évaluation du risque : exemples et perspectives**

---

#### **Présentations de synthèse et discussion**

#### **08h30-09h30 Développement des méthodes de caractérisation du risque écologique des radionucléides**

- Développements européens et dérivation de critères de protection pour les écosystèmes (J Garnier-Laplace) -20'
- Acquisition de critères d'effets écologiquement pertinents : les perspectives données par Micado-Lab (R Gilbin) -10'

#### **09h30-10h30 Développement d'une approche multicritères pour l'évaluation des risques écologiques**

- Les nécessités d'amélioration des méthodes d'ERE et le projet Amore « Analyses Multi-critères pour le développement d'Outils d'aide à la décision en vue de la prévention des Risques Environnementaux » (R Gilbin) -20'
- Extrapolation des effets au niveau individuel vers des critères de protection des populations (F Alonzo / E Lance) -10'
- Vers une approche multibiomarqueurs pour l'évaluation des risques : le projet DEVIL (B Gagnaire) -10'

### **10h30 - 11h00 Pause**

**11h00-12h30 *Evaluation des risques radiotoxique et chimiotoxique associés à l'uranium***

- Evaluation probabiliste des risques pour l'exposition chronique des écosystèmes d'eau douce (K Beaugelin-Seiller) -20'
- Application de la méthode graduée d'évaluation des risques au cas des sites miniers uranifères de Haute-Vienne (R Gilbin) -20'
- Biosurveillance d'une rivière du Limousin impactée par d'anciens sites miniers uranifères : sensibilité des communautés de diatomées (post-doc O Herlory) -10'

**12h30 - 13h30 *Pause déjeuner***

**13h30-14h45 *Tchernobyl : une zone atelier pour des actions de R&D***

- La faune et la flore de la zone d'exclusion de Tchernobyl 20 ans après l'accident (T Hinton) -20'
- Inventaire des communautés végétales en place dans la zone d'exclusion (P Henner) -10'
- Les projets planifiés à court terme : développement d'un biosenseur 'Nématode', analyse fonctionnelle-sacs à litières (C Lecomte-Pradines / J-M Bonzom / T Hinton) -15'

**Bilan de l'évaluation**

---

14h45 - 16h00 Synthèse à huis clos du conseil scientifique

16h00 - 16h30 Restitution des principales conclusions et recommandations des évaluateurs devant les équipes

17h30 Retour Hôtel

Soirée libre

**Mercredi 20 janvier 2010**

Hôtel Saint Christophe Aix. Salle de Réunion

9h00 Réunion entre évaluateurs. Rédaction du rapport d'évaluation

12h30 Repas de travail sur place

15-17h Fin de réunion, fonction des départs des évaluateurs.  
Acheminement Gare/Aéroport par taxis.