



## Maîtrise en sciences des radiations et imagerie biomédicale

### RENSEIGNEMENTS

819 820-6868, poste 14519 (téléphone)

819 564-5442 (télécopieur)

Pierrette.Carrier@USherbrooke.ca (adresse électronique)

**RESPONSABILITÉ :** Département de médecine nucléaire et radiobiologie, Faculté de médecine et des sciences de la santé

### LIEUX DE FORMATION ET TRIMESTRES D'ADMISSION

Sherbrooke : admission aux trimestres d'automne, d'hiver et d'été

**GRADE :** Maître ès sciences, M. Sc.

### OBJECTIFS

#### Objectifs généraux

Permettre à l'étudiante ou à l'étudiant :

- d'acquérir une formation multidisciplinaire dans les domaines relatifs aux sciences biomédicales des radiations;
- de mener à bien un projet de recherche original;
- de développer des habiletés techniques propres aux sciences biomédicales des radiations;
- d'analyser de façon critique ses résultats scientifiques et ceux d'autres chercheurs et chercheuses;
- de communiquer les résultats de ses travaux lors de séminaires, de colloques et de congrès;
- d'apprendre à rédiger un article scientifique;
- d'être capable d'évaluer l'effet potentiel des radiations sur les systèmes biologiques;
- de se familiariser avec des méthodes nouvelles de détection des radiations, de visualisation d'organe et de traitement par les radiations.

#### Objectifs spécifiques du cheminement avec spécialisation en médecine nucléaire

Permettre à la résidente ou au résident en médecine nucléaire :

- d'acquérir les connaissances nécessaires pour effectuer de la recherche en médecine nucléaire;
- d'acquérir une formation qui s'inscrit dans une continuité de recherche à partir de l'élaboration d'une molécule jusqu'aux études chez les patients;
- de collaborer avec les chercheuses et chercheurs fondamentalistes en radiobiologie.

### ADMISSION

#### Condition générale

Détenir un grade de 1<sup>er</sup> cycle en médecine ou en sciences ou avoir une préparation jugée satisfaisante.

#### Conditions particulières au cheminement en médecine nucléaire

Être résidente ou résident en médecine nucléaire, ou détenir une formation jugée adéquate.

Toute candidature devra être soutenue par le comité de programme de résidence en médecine nucléaire. Le mandat de ce comité est de déterminer si la formation en recherche clinique proposée est appropriée et n'entravera pas la qualité de la formation en médecine nucléaire. La qualité de la formation en médecine nucléaire étant prioritaire, seules les candidatures jugées supérieures seront admises. Par la suite, la candidature devra être acceptée par le comité de programme d'études graduées en radiobiologie selon la procédure habituelle.

Approbation par le Collège royal des médecins et chirurgiens du Canada et le Collège des médecins du Québec : en accord avec le Collège royal des médecins et chirurgiens du Canada et le Collège des médecins du Québec, une formation en recherche peut être effectuée durant la résidence, en autant que celle-ci est complémentaire et s'harmonise avec la formation en médecine nucléaire. Par conséquent, le programme de formation en recherche clinique doit être approuvé par ces deux organismes pour chaque résidente ou résident.

### RÉGIMES DES ÉTUDES ET D'INSCRIPTION

#### Cheminement sans spécialisation

Régime régulier à temps complet ou à temps partiel

#### Cheminement avec spécialisation en médecine nucléaire

Régime régulier à temps partiel. La demande d'admission peut s'effectuer en tout temps après les six premiers mois de résidence en médecine nucléaire. La formation équivalra à une période d'inscription minimale de trois trimestres.

**CRÉDITS EXIGÉS :** 45

### PROFIL DES ÉTUDES

#### TRONC COMMUN (36 crédits)

#### Activités pédagogiques obligatoires (36 crédits)

RBL 726	Sciences des radiations	CR
RBL 786	Séminaire de recherche	3
RBL 787	Mémoire	1
RBL 796	Activités de recherche	22
		10

#### CHEMINEMENT SANS SPÉCIALISATION (9 crédits)

#### Activités pédagogiques à option (3 à 9 crédits)

Choisies parmi les suivantes :

RBL 704	Chimie des radiations I	CR
RBL 705	Radiobiologie I	1
RBL 711	Radiobiologie moléculaire	1
RBL 715	Principes des explorations fonctionnelles en médecine nucléaire	1
RBL 716	Photobiochimie	1
RBL 718	Synthèse et propriétés des produits radiopharmaceutiques	1
RBL 719	Physique de l'électron de faible énergie	2
RBL 720	Chimie des radiations II	1
RBL 721	Physique des radiations	2
RBL 724	Radicaux libres en biologie et médecine	1
RBL 725	Spectroscopie résolue dans le temps	1
RBL 727	Méthodes de communication scientifique	1
RBL 728	Modélisation pharmacocinétique	1
RBL 729	Activité de recherche complémentaire I	1
RBL 730	Activité de recherche complémentaire II	2
RBL 731	Activité de recherche complémentaire III	3
RBL 735	Détection en sciences des radiations	3
RBL 736	Imagerie médicale et biomédicale	3
RBL 737	Physique médicale	3
RBL 738	Imagerie médicale	3
RBL 739	Imagerie par résonance magnétique	1

#### Activités pédagogiques au choix (0 à 6 crédits)

#### CHEMINEMENT AVEC SPÉCIALISATION EN MÉDECINE NUCLÉAIRE (9 crédits)

#### Activités pédagogiques obligatoires (6 crédits)

RBL 715	Principes des explorations fonctionnelles en médecine nucléaire	CR
RBL 718	Synthèse et propriétés des produits radiopharmaceutiques	1
SCL 722	Concepts méthodologiques en recherche clinique	3
SCL 726	L'éthique en recherche clinique	1

#### Activités pédagogiques à option (0 à 3 crédits)

Choisies parmi les suivantes :

RBL 704	Chimie des radiations I	CR
RBL 705	Radiobiologie I	1
RBL 711	Radiobiologie moléculaire	1
RBL 716	Photobiochimie	1
RBL 719	Physique de l'électron de faible énergie	2

---

RBL	720	Chimie des radiations II	1
RBL	721	Physique des radiations	2
RBL	724	Radicaux libres en biologie et médecine	1
RBL	725	Spectroscopie résolue dans le temps	1
RBL	727	Méthodes de communication scientifique	1
RBL	728	Modélisation pharmacocinétique	1
RBL	729	Activité de recherche complémentaire I	1
RBL	730	Activité de recherche complémentaire II	2
RBL	731	Activité de recherche complémentaire III	3
RBL	735	Détection en sciences des radiations	3
RBL	736	Imagerie médicale et biomédicale	3
RBL	737	Physique médicale	3
RBL	738	Imagerie médicale	3
RBL	739	Imagerie par résonance magnétique	1
SCL	711	Méthodologie appliquée à la recherche clinique	2
SCL	717	Épidémiologie	3
SCL	718	Analyse des données en sciences cliniques	3

**Activités pédagogiques au choix** (0 à 3 crédits)

# Description des activités pédagogiques

## RBL

**RBL 704** 1 cr.

### Chimie des radiations I

Objectif : acquérir les éléments nécessaires à la compréhension des principes qui déterminent les actions chimiques et biologiques de radiations ionisantes.

Contenu : radiolyse de l'eau et des solutions aqueuses. Radiolyse de solvants organiques. Influence de la nature de la phase. Retombées chimiques des phénomènes de radiolyse. Radiolyse de composés d'intérêt biologique. Apport de la radiolyse à la connaissance des mécanismes radicalaires cellulaires. Applications aux sciences de la vie.

**RBL 705** 1 cr.

### Radiobiologie I

Objectifs : savoir interpréter l'action biologique des radiations en fonction de leurs interactions physicochimiques; élaborer la notion de protection contre les radiations dans un contexte actuel.

Contenu : principes physicochimiques de l'action des radiations sur la matière vivante biologique. Radiosensibilité appliquée : cellulaire, tissulaire, organique. Radiosensibilisation. Radioprotection. Grands courants en radiobiologie. Regards sur l'avenir.

**RBL 711** 1 cr.

### Radiobiologie moléculaire

Objectifs : approfondir, au niveau moléculaire, les événements biologiques suivant l'absorption des radiations ionisantes et ultraviolettes, évaluer les approches expérimentales récentes, les données et les hypothèses.

Contenu : cibles moléculaires des radiations dans les cellules. Effets des radiations sur les processus cellulaires. Réponses cellulaires aux dommages causés par les radiations. Réparation de l'ADN. Contrôle génétique de la sensibilité aux radiations. Dommages causés par les radiations et maladies humaines. Publications récentes : analyse, discussion.

**RBL 715** 1 cr.

### Principes des explorations fonctionnelles en médecine nucléaire

Objectif : approfondir les principes physiologiques et physiques qui sous-tendent les explorations fonctionnelles en médecine nucléaire.

Contenu : introduction à la médecine nucléaire. Compartiments et cinétiques biologiques. Mesures de débit. Systèmes cardiovasculaire, pulmonaire, nerveux central, génito-urinaire, digestif, endocrinien, musculosquelettique et hématopoïétique. Volumes liquidiens et masses d'électrolytes échangeables.

**RBL 716** 1 cr.

### Photobiochimie

Objectif : acquérir les connaissances fondamentales et les notions de technologie et de mécanismes de réaction permettant la recherche en photochimie et photobiologie.

Contenu : absorption par la matière de la radiation non ionisante. Propriétés physicochimiques des molécules excitées électro-

niquement. Réactions photochimiques en biologie.

**RBL 718** 1 cr.

### Synthèse et propriétés des produits radiopharmaceutiques

Objectif : s'initier à l'application des méthodes de synthèse et d'identification de produits radiopharmaceutiques utiles en médecine nucléaire.

Contenu : introduction. Production des radionucléides. Le générateur de radionucléides. Les produits radiopharmaceutiques. Marquage par radionucléides.

**RBL 719** 2 cr.

### Physique de l'électron de faible énergie

Objectifs : s'initier à la recherche en physique des radiations et acquérir la connaissance des mécanismes de dégradation de l'énergie en radiobiologie.

Contenu : révision des notions de base. Interaction des électrons secondaires lents avec les atomes et molécules. Résonances d'électrons dans les atomes et les molécules. Formation d'états excités et d'ions par impact électronique. Interaction des électrons lents avec la matière condensée.

**RBL 720** 1 cr.

### Chimie des radiations II

Objectif : présenter un exposé cohérent du développement de la chimie des radiations, en mettant l'accent sur les aspects fondamentaux qui sous-tendent cette discipline.

Contenu : historique de la chimie des radiations. Dépôt de l'énergie dans la matière irradiée : le phénomène de grappe. Structure des trajectoires et TEL. Parcours et pénétration des électrons secondaires. Les électrons de « subexcitation ». Capture des électrons « secs ». Destin du cation. Recombinaison géminée. Rendement en ions libres dans les liquides irradiés. L'électron solvaté dans les milieux polaires. Dynamique et mécanismes de solvation. Formation du positonium dans les liquides. Détermination des rendements radiolytiques : modèles diffusionnels déterministes et développement des méthodes stochastiques.

**RBL 721** 2 cr.

### Physique des radiations

Objectif : connaître les éléments avancés de physique associés à la nature du rayonnement et à l'interaction du rayonnement avec la matière.

Contenu : introduction. Les éléments de la théorie d'interaction. Radioactivité. Interaction des rayonnements nucléaires avec la matière. Autres types de rayonnements et leur interaction avec la matière.

**RBL 724** 1 cr.

### Radicaux libres en biologie et médecine

Objectif : se familiariser avec la nature des radicaux libres et leur rôle dans divers processus biochimiques et pathophysiologiques.

Contenu : formation et élimination des radicaux libres dans les systèmes biologiques. Réactions avec des biomolécules. Partie expérimentale : détection de radicaux libres, d'antioxydants et des dommages

oxydatifs. Rôle des radicaux libres dans le vieillissement et les maladies qui y sont reliées, telles que le cancer, l'athérosclérose et la maladie d'Alzheimer.

**RBL 725** 1 cr.

### Spectroscopie résolue dans le temps

Objectif : donner à l'étudiante ou l'étudiant les éléments avancés des techniques de spectroscopie optique résolue dans le temps allant de la femtoseconde à la milliseconde.

Contenu : théorie de l'interaction d'une onde électromagnétique avec un système moléculaire. Techniques de génération d'impulsions laser ultracourtes. Techniques de spectroscopie résolue dans le temps. Phénomènes transitoires d'intérêt biologique. Revues de littératures récentes en biologie à l'échelle femtoseconde.

**RBL 726** 3 cr.

### Sciences des radiations

Objectif : connaître l'origine et la nature des rayonnements ionisants; s'initier aux interactions fondamentales des rayonnements ionisants; acquérir des notions de base sur les interactions physiques, physicochimiques et biologiques des rayonnements ionisants; acquérir des notions de base sur la dosimétrie et la détection des rayonnements ionisants.

Contenu : origine et nature des rayonnements. Interactions physiques des rayonnements ionisants avec la matière. Mesure des quantités de rayonnements. Interaction des rayonnements ionisants avec l'ADN, la chromatine, les chromosomes. Transfert d'énergie linéaire. Effets cellulaires, tissulaires, organiques. Risques biologiques, radioprotection. Rayonnements en clinique. Production et rôle des électrons de basses énergies.

**RBL 727** 1 cr.

### Méthodes de communication scientifique

Objectifs : donner des outils à nos étudiantes et étudiants afin de parfaire leurs techniques de communication orale et écrite. Approfondir et perfectionner leurs outils pour diffuser leurs résultats de recherche en médecine nucléaire et radiobiologie par des présentations orales à des congrès internationaux et par des publications dans des journaux scientifiques internationaux. Il est prévu aussi de mettre ces outils de communication dans des contextes différents, i.e. des contextes de communications académiques, industrielles, ou dans le domaine public. La thématique des présentations orales et écrites sera dans le domaine de recherche des étudiantes et étudiants inscrits (2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> cycle).

Contenu : les outils de communication orale : présentations courtes et longues aux congrès scientifiques internationaux; utilisation de différents outils (transparents, PowerPoint, diapositives, modèles...); présentations courtes dans le domaine industriel de type *progress report* ou *R&D proposal*, etc.; présentation d'une problématique ou défense d'une hypothèse au tableau noir. Les outils de communication écrite : différents types de résumé pour les congrès; articles courts (*letter*) et longs (*full article*); résumés de type « demande de fonds » ou « prospectus industriel »; résumés de vulgarisation de type communiqué de presse.

**RBL 728** 1 cr.

### Modélisation pharmacocinétique

Objectifs : connaître les différentes étapes de l'imagerie médicale de l'administration du radiotracer à l'obtention des images. Comprendre les différents facteurs affectant la qualité de l'image. S'initier au traitement numérique des images. S'initier aux modèles cinétiques et aux calculs des paramètres physiologiques.

Contenu : interaction des photons avec la matière et radiotraceurs en imagerie médicale. Acquisition et reconstruction tomographique. Facteurs affectant la qualité des mesures. Opérations sur les images. Modélisation cinétique. Calculs des paramètres physiologiques.

**RBL 729** 1 cr.

**RBL 730** 2 cr.

**RBL 731** 3 cr.

### Activité de recherche complémentaire I-II-III

Objectif : être capable d'appliquer la méthodologie des étapes de la démarche scientifique.

Contenu : à la fin du 3<sup>e</sup> trimestre suivant son inscription, la candidate ou le candidat doit démontrer qu'il a effectué la recherche bibliographique lui permettant de situer son projet par rapport aux recherches existantes; qu'il est capable de résumer son projet (problématique, hypothèses, méthodes et résultats). À la fin de cette activité, l'étudiante ou l'étudiant doit déterminer les travaux à effectuer qui lui permettront de mener son projet à terme.

**RBL 735** 3 cr.

### Détection en sciences des radiations

Objectifs : maîtriser les concepts de base de la détection des radiations. Connaître les divers types de détecteurs et de systèmes de mesures du rayonnement utilisés en sciences des radiations, en biologie et en médecine; en comprendre les principes de fonctionnement et se familiariser avec les diverses applications en spectrométrie, en comptage et en imagerie.

Contenu : interaction du rayonnement et principes de détection. Statistiques des systèmes de comptage. Revue des divers types de détecteurs. Instrumentation électronique et traitement des signaux dans les systèmes de détection. Spectrométrie, interprétation, spectres et problèmes de mesure. Systèmes de comptage pour les applications médicales. Appareils d'imagerie utilisés en médecine nucléaire et en radiologie.

**RBL 736** 3 cr.

### Imagerie médicale et biomédicale

Objectifs : s'initier aux diverses techniques d'imagerie utilisées en médecine et en recherche biomédicale, en comprendre les principes physiques, et en connaître les domaines d'application.

Contenu : fondements du traitement numérique d'images. Propriétés statistiques des images. Définition de la qualité des images. Introduction au traitement numérique des images. Principes tomographiques. Modalités d'imagerie en médecine. Tomographique. Émission du rayonnement. Émission par positrons. Ondes électromagnétiques. IRM moléculaire et fonctionnelle. Imagerie optique. Ultrasons.

<p><b>RBL 737</b> <span style="float: right;"><b>3 cr.</b></span></p> <p><b>Physique médicale</b></p> <p>Objectifs : connaître l'origine et la nature des rayonnements ionisants; acquérir des notions de base sur les interactions physiques, physicochimiques et biologiques des rayonnements ionisants; acquérir des notions de base sur la dosimétrie et la détection des rayonnements ionisants; s'initier aux instruments et techniques utilisés en radiothérapie.</p> <p>Contenu : origine et nature des rayonnements : rayons gamma, rayons-X, électrons et protons. Interactions physiques des rayonnements ionisants avec la matière. Mesure des quantités de rayonnements. Énergie déposée dans les tissus et dose absorbée. Dommages sur les cellules, les tissus et les organes. Risques biologiques, radioprotection. Physique des sources de rayonnement. Instruments, techniques et protocoles cliniques en radiothérapie.</p>	<p><b>RBL 786</b> <span style="float: right;"><b>1 cr.</b></span></p> <p><b>Séminaire de recherche</b></p> <p><b>RBL 787</b> <span style="float: right;"><b>22 cr.</b></span></p> <p><b>Mémoire</b></p> <p><b>RBL 796</b> <span style="float: right;"><b>10 cr.</b></span></p> <p><b>Activités de recherche</b></p> <p>Objectif : être capable d'appliquer la méthodologie des étapes de la démarche scientifique.</p> <p>Contenu : à la fin du 3<sup>e</sup> trimestre suivant son inscription, la candidate ou le candidat doit démontrer qu'il a effectué la recherche bibliographique lui permettant de situer son projet par rapport aux recherches existantes; qu'il est capable de résumer son projet (problématique, hypothèses, méthodes et résultats). À la fin de cette activité, l'étudiante ou l'étudiant doit déterminer les travaux à effectuer qui lui permettront de mener son projet à terme.</p>	<p><b>SCL 717</b> <span style="float: right;"><b>3 cr.</b></span></p> <p><b>Épidémiologie</b></p> <p>Objectifs : acquérir les connaissances et habiletés nécessaires à la réalisation et à l'interprétation critique des études épidémiologiques. Pour les étudiantes et étudiants de la maîtrise en environnement, le cours vise à leur permettre de comprendre les bases théoriques et les contraintes pratiques sous-jacentes aux études épidémiologiques liées aux problèmes environnementaux.</p> <p>Contenu : présentation des concepts et de la méthodologie inhérents aux études épidémiologiques. Concept de causes des maladies, mesures de fréquence, mesures d'effets et biais. Plans d'études incluant les études transversales, les études de la surveillance, les études longitudinales, les études cas-témoins et les études d'intervention. Examen des sources de données et de contrôle de qualité. Traitement statistique des mesures épidémiologiques et liens entre les deux disciplines, soit celle de la statistique et celle de l'épidémiologie.</p>	<p><b>SCL 722</b> <span style="float: right;"><b>3 cr.</b></span></p> <p><b>Concepts méthodologiques en recherche clinique</b></p> <p>Objectifs : acquérir une connaissance suffisante des principaux concepts méthodologiques inhérents à toute étude en sciences cliniques; être capable de prendre des décisions relatives aux éléments méthodologiques d'une étude à concevoir; être capable d'évaluer la qualité d'une étude publiée et par conséquent, de juger de la portée des résultats générés par celle-ci.</p> <p>Contenu : stratégies d'échantillonnage. Stratégies de recrutement et d'observation. Typologie des dispositifs de recherche. Instruments de mesure. Dispositifs d'observation. Dispositifs pré et quasi expérimentaux. Dispositifs expérimentaux. Recherche qualitative. Méta-analyse.</p>
<p><b>RBL 738</b> <span style="float: right;"><b>3 cr.</b></span></p> <p><b>Imagerie médicale</b></p> <p>Objectifs : s'initier aux diverses modalités d'imagerie utilisées en médecine. Comprendre les principes physiques de conception des appareils et les techniques de mesure. Connaître les domaines d'application et les traitements des images.</p> <p>Contenu : modalités d'imagerie en médecine. Principes physiques de base de diverses techniques d'imagerie : résonance magnétique, ultrason, rayons-X, imagerie monophotonique, imagerie d'émission par positrons. Agents de contraste. Production d'isotopes et de radiotraceurs. Principes tomographiques. Images dynamiques et synchronisées. Traitements et analyses des images. Description de quelques applications cliniques.</p>	<p><b>RBL 739</b> <span style="float: right;"><b>1 cr.</b></span></p> <p><b>Imagerie par résonance magnétique</b></p> <p>Objectifs : connaître les fondements de l'imagerie par résonance magnétique (IRM), maîtriser les concepts impliqués dans le design et l'implémentation de séquences d'imagerie, connaître les applications et les artefacts reliés à l'IRM.</p>	<p><b>SCL 718</b> <span style="float: right;"><b>3 cr.</b></span></p> <p><b>Analyse des données en sciences cliniques</b></p> <p>Objectif : acquérir les connaissances et habiletés nécessaires à l'analyse et à l'interprétation des données.</p> <p>Contenu : présentation des concepts et des techniques de l'analyse statistique des données pertinents tant à la statistique descriptive qu'à la statistique inférentielle. Présentation des différentes techniques de description des données. Discussion du concept de probabilité et des densités les plus courantes. Corrélation, régression simple et analyse de la variance à un facteur. Lien entre l'épidémiologie et la statistique par la présentation de l'analyse des mesures épidémiologiques. L'inférence statistique se rapportera principalement au cas d'au plus deux variables.</p>	<p><b>SCL 726</b> <span style="float: right;"><b>1 cr.</b></span></p> <p><b>L'éthique en recherche clinique</b></p> <p>Objectifs : s'initier à la problématique éthique qui sert de fondements aux standards de pratique, spécialement en recherche clinique, et s'habiliter aux normes, procédures et mécanismes canadiens et québécois qui en découlent. Faire une analyse des standards de pratique en recherche, afin de se familiariser avec leur fonction idéologique et pratique. Amorcer une réflexion éthique sur la pratique de la recherche en égard aux principes éthiques qui la sous-tendent, de même que sur les valeurs de la chercheuse ou du chercheur et le conflit potentiel de ces valeurs en égard aux mécanismes de promotion de la recherche dans l'environnement scientifique actuel.</p> <p>Contenu : éthique en recherche : principes de base. L'évaluation : les normes d'application. L'équilibre entre les normes éthiques et scientifiques en recherche clinique.</p>
<p><b>SCL</b></p>			
<p><b>SCL 711</b> <span style="float: right;"><b>2 cr.</b></span></p> <p><b>Méthodologie appliquée à la recherche clinique</b></p> <p>Objectif : acquérir les éléments essentiels à la conception et à l'élaboration d'un projet de recherche clinique.</p> <p>Contenu : analyse critique de la littérature et définition de la question de recherche. Définition d'échantillon et calcul de sa dimension. Introduction à l'attribution au hasard. Les biais et erreurs systématiques. Uniformisation des conditions expérimentales. Définition des instruments de mesure. Planification statistique. Planification budgétaire et administrative. Éthique.</p>			