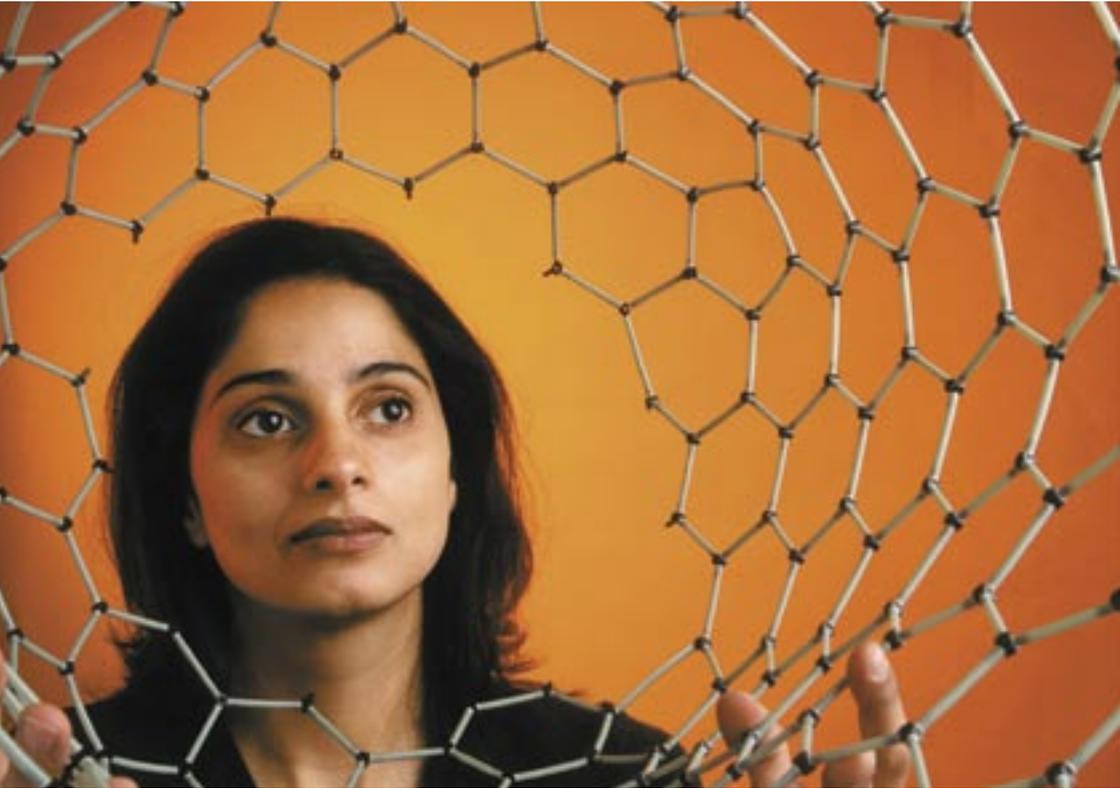




# Médecine régénérative *et* nanomédecine



Investir aujourd'hui dans la promesse  
de demain

# Médecine régénératrice et



## Investir aujourd'hui dans la promesse de demain

La médecine régénératrice et la nanomédecine sont véritablement les nouvelles frontières de la recherche en santé. Ces deux domaines de recherche pourraient transformer radicalement notre façon de prévenir, de diagnostiquer et de traiter les maladies.

En collaboration avec leurs partenaires, les IRSC fournissent aux chercheurs canadiens le soutien dont ils ont besoin pour devenir des chefs de file dans ces domaines de recherche émergents.

Un vaste éventail de partenaires exploitent l'investissement fédéral en médecine régénératrice et nanomédecine tout en participant à l'établissement d'un programme stratégique qui saisit les possibilités tout en réduisant au minimum le chevauchement et le double emploi. Des chercheurs conjuguent leurs efforts entre les disciplines pour réaliser des percées dans ces sciences émergentes.

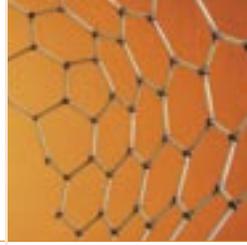
Les chercheurs canadiens ont fait du Canada un chef de file mondial en biotechnologie au XX<sup>e</sup> siècle. Au XXI<sup>e</sup>, ils sont maintenant prêts à faire de même en médecine régénératrice et en nanomédecine, ainsi qu'à contribuer directement à la santé de toute la population canadienne.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Alan Bernstein".

Alan Bernstein, O.C., MSRC

Président, Instituts de recherche en santé du Canada

# nanomédecine



## Aperçu des IRSC

Fondés en 2000, les Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC) sont la réponse du Canada à la révolution de la recherche en santé dans le monde. Le mandat des IRSC consiste à créer de nouvelles connaissances et à les appliquer en vue d'améliorer la santé, de renforcer le système de santé et d'offrir de meilleurs produits et services de santé à la population canadienne.

Les IRSC adoptent une approche multidisciplinaire fondée sur la résolution de problèmes à l'égard des défis en santé auxquels les Canadiens font face. Les IRSC favorisent une approche inclusive, qui permet de réunir des chercheurs de toutes les disciplines, des sciences sociales en passant par l'informatique et le génie jusqu'aux sciences biomédicales.

En établissant des partenariats nationaux et internationaux, les IRSC apportent de nouvelles perspectives à la santé et garantissent que les résultats de recherche sont appliqués là où l'on en a besoin.

Le financement des IRSC sert surtout à appuyer des recherches proposées par des chercheurs. On en réserve toutefois une partie pour des initiatives stratégiques dans des domaines de recherche où les besoins sont pressants et qui sont particulièrement prometteurs. La médecine régénératrice et la nanomédecine sont deux domaines porteurs d'un potentiel énorme pour la population canadienne.

# Bâtir sur les partenariats

L'Initiative en médecine régénératrice et nanomédecine des IRSC est menée conjointement avec l'Institut des neurosciences, de la santé mentale et des toxicomanies (INSMT) et l'Institut de génétique (IG), sous la conduite générale du Dr Rémi Quirion, directeur scientifique de l'INSMT. Les IRSC ne peuvent à eux seuls assurer la réussite de cette initiative. Ils s'appuient donc sur des partenariats avec des organismes gouvernementaux, des réseaux de centres d'excellence et des organismes bénévoles du secteur de la santé qui contribuent tous. Même si la liste des partenaires s'allonge constamment, en juin 2005, l'initiative regroupait :

## Instituts des IRSC

- Neurosciences, santé mentale et toxicomanies (co-responsable)
- Génétique (co-responsable)
- Santé des Autochtones
- Vieillesse
- Cancer
- Santé circulatoire et respiratoire
- Maladies infectieuses et immunitaires
- Appareil locomoteur et arthrite

## Organismes partenaires

- Société canadienne de la SLA
- Agence spatiale canadienne
- Réseau canadien contre les accidents cérébrovasculaires
- La fondation qui lutte contre la cécité
- Fondation des maladies du cœur
- Échelle de Jacob
- Juvenile Diabetes Research Foundation International
- Conseil national de recherches du Canada
- Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
- NeuroScience Canada
- Fondation ontarienne de neurotraumatologie
- Réseau des cellules souches



*« La médecine régénératrice et la nanomédecine sont porteuses du même potentiel de progrès que la biotechnologie l'a été au cours du siècle précédent. Elles sont porteuses d'une promesse énorme. Les défis inhérents à la concrétisation de cette promesse le sont aussi ».*

Dr Rémi Quirion  
Directeur scientifique, Institut des neurosciences, de la santé mentale et des toxicomanies des IRSC



# La promesse

Que se passerait-il si les pénuries d'organes de donneurs devenaient épineuse pouvaient recouvrer une certaine capacité de mouvement? et les détruire avant qu'elles aient pu former des tumeurs qui mettaient pouvaient libérer des médicaments vitaux – exactement où et quand

Il faudra peut-être des années avant que ces possibilités se concrétisent. Les chercheurs visent toutefois ces buts dès aujourd'hui – des buts qui sont porteurs du potentiel et de la promesse qu'offrent la médecine régénératrice et la nanomédecine.

La médecine régénératrice englobe un vaste éventail de domaines de la recherche en santé qui visent tous à stimuler le renouvellement des tissus et des organes du corps ou à rétablir une fonction par des moyens tant naturels qu'issus du génie biologique. La médecine régénératrice est aussi axée sur des stratégies de promotion de la santé et de prévention des maladies. Elle vise en fin de compte à mettre au point des traitements innovateurs et validés par la société qui amélioreront la qualité de vie des personnes et des populations.

La nanomédecine consiste en l'application de la nanotechnologie à la recherche en santé – mesures ou interventions biomédicales spécialisées à l'échelle moléculaire qui servent à diagnostiquer et traiter des maladies ou à redonner leurs fonctions à des tissus ou des organes endommagés. On sait que beaucoup de phénomènes et de matériaux ont des propriétés uniques à l'échelle nanométrique – de l'ordre du milliardième de mètre ou le quarante-vingt millième de l'épaisseur d'un cheveu humain. Ces propriétés sont à l'origine de la nanotechnologie – conception et fabrication de matériaux et de dispositifs extrêmement petits construits au niveau moléculaire de la matière. Ces progrès découlent principalement de ceux des sciences



*« L'avenir de la recherche en santé dépendra en grande partie de contributions critiques des sciences physiques et appliquées. Les progrès réalisés en protéomique et génomique, par exemple, ont bénéficié énormément d'initiatives d'ingénierie en nanotechnologie, robotique, technologie d'imagerie et chimie des réactions de surface ».*

Dr Roderick McInnes  
Directeur scientifique,  
Institut de génétique des  
IRSC

chose du passé? Et si les victimes de lésions à la moelle  
Et si les médecins pouvaient trouver les cellules cancéreuses  
et la vie en danger? Et si des implants microscopiques  
on en a besoin?

physiques et appliquées.

Ensemble et séparément, la médecine régénératrice et la nanomédecine ont le potentiel d'améliorer la santé des Canadiens et de changer la façon dont notre système de santé protège, maintient et restaure la santé. Elles offrent également un potentiel de croissance économique du fait d'un transfert de technologie rapide et efficace par une collaboration avec le secteur privé.



# Réaliser la promesse

## Une démarche canadienne

L'assise qui soutient la réussite du Canada en médecine régénératrice et nanomédecine est solide :

- Nous avons l'expertise scientifique nécessaire. Le Canada a de nombreux points forts dans les domaines pertinents pour la médecine régénératrice et la nanomédecine, y compris de l'expertise en recherche sur les cellules souches, l'imagerie biomédicale, la biophotonique, le biodiagnostic, les sciences des matériaux et de la réadaptation, notamment.
- Nous disposons d'un appui financier solide qui est essentiel à la réussite de la démarche. Le Canada a beaucoup investi dans la création de connaissances par l'intermédiaire des IRSC et de leurs organismes subventionnaires homologues, y compris un secteur bénévole dynamique dans le domaine de la santé.
- Nous sommes connus partout dans le monde pour la création de réseaux nationaux d'équipes multidisciplinaires créés dans le but de s'attaquer à des problèmes particuliers selon une multitude de perspectives.

Par leur initiative stratégique en médecine régénératrice et en nanomédecine, les IRSC et leurs partenaires aident à tirer parti de ces forces en créant une masse critique de talents afin d'accélérer le processus de recherche dans ces domaines.

L'Initiative en médecine régénératrice et en nanomédecine des IRSC visait au début l'appui des projets pilotes innovateurs et très risqués, ainsi que



la création d'équipes de recherche interdisciplinaires dans les domaines du développement de la nanotechnologie et de la nanomédecine, des cellules souches, du génie tissulaire, de la génothérapie et des sciences de la réadaptation. En juin 2005, les IRSC et leurs partenaires avaient lancé trois appels de demandes en médecine régénératrice et en nanomédecine. Jusqu'à maintenant, les IRSC ont consacré près de 30 millions de dollars en cinq ans à l'initiative qui a attiré 4,3 millions supplémentaires de la part des partenaires.

La multidisciplinarité est la pierre angulaire de l'Initiative en médecine régénératrice et en nanomédecine. Pour réaliser des progrès dans ces domaines, il faut abattre les barrières entre les disciplines et favoriser la collaboration entre les nombreuses disciplines qui s'intéressent à ces technologies. Ces disciplines comprennent notamment les sciences physiques, le génie, la chimie et les sciences informatiques. Il est tout aussi crucial de tenir compte des perspectives sociales, culturelles et déontologiques de la santé humaine afin d'assurer qu'à mesure que l'on réalise de nouvelles percées, nous sommes prêts à les intégrer dans notre système de santé et comprenons pleinement leurs incidences sur la société.

L'Initiative joue aussi un rôle important en définissant des voies prometteuses vers la réussite. Au cours des trois dernières années, les IRSC et leurs partenaires ont réuni les chefs de file de la nanomédecine pour se concentrer sur des enjeux particuliers de cette discipline. Ces ateliers annuels sur la nanomédecine constituent un investissement dans la création des liens de recherche nécessaires pour pousser plus loin les progrès que nous réalisons en médecine régénératrice et en nanomédecine.

Même si la promesse dont la médecine régénératrice et la nanomédecine sont porteuses appartient à demain, les IRSC se préparent maintenant à la réaliser.

*« Le programme de médecine régénératrice et de nanomédecine des IRSC constitue le plus important programme extramural spécialisé de nanotechnologie au Canada. Parmi les applications les plus prometteuses, mentionnons l'utilisation des points quantiques pour le remodelage des tissus, le diagnostic précoce du cancer et les cellules souches ».*

Dr Arthur Carty, conseiller scientifique national auprès du premier ministre du Canada  
NanoForum, juin 2005

# Excellence en recherche

## Sonder les secrets des cellules

La neuropharmacologie – mise au point de médicaments visant des maladies et des troubles du système nerveux central – pivote sur la compréhension des phénomènes moléculaires qui permettent aux cellules de communiquer entre elles. Jusqu’à maintenant, toutefois, lorsqu’il s’agit de démystifier les mécanismes complexes qui régissent les échanges neurochimiques, les chercheurs ont été limités en grande partie à examiner des molécules individuelles extraites et conservées dans un état non vivant. Le Dr Yves De Koninck du Centre de recherche Université Laval Robert-Giffard (CRULRG) dirige une équipe en voie de formation qui met au point de nouvelles façons d’étudier, au moyen de la nanotechnologie, des événements moléculaires dans les cellules vivantes.

Le Dr De Koninck et son équipe mettent au point des capteurs et des sondes issus de la nanotechnologie qui peuvent surveiller les échanges entre les cellules nerveuses afin d’en apprendre davantage sur le fonctionnement des émetteurs et des récepteurs. Les outils permettent aussi à l’équipe d’intervenir dans ces fonctions et d’étudier ainsi les conséquences de la manipulation des communications entre cellules nerveuses. L’analyse des molécules en isolement a fait progresser énormément nos connaissances, affirme le Dr De Koninck. Les molécules se comportent toutefois de façon très différente lorsqu’elles sont en action dans des cellules; c’est pourquoi la capacité de sonder une cellule vivante permet d’apprendre comment les molécules fonctionnent « au bon endroit et au bon moment ».

Les connaissances acquises aideront à concevoir des médicaments pour lutter contre la douleur, l’épilepsie et des maladies neurodégénératives comme la maladie d’Alzheimer et la maladie de Parkinson, ainsi qu’à en apprendre davantage au sujet des communications au niveau moléculaire qui ont un effet sur la mémoire.

**Dr Yves de Koninck**  
Centre de recherche Université  
Laval Robert-Giffard (CRULRG)



## Réparation des lésions de la moelle épinière

La perspective de pouvoir marcher après une lésion de la moelle épinière a de quoi faire rêver. La Dre Lynne Weaver et son équipe de l'Institut de recherche Robarts et de l'Université Western Ontario ont reçu une subvention d'équipe en voie de formation pour rapprocher davantage cette possibilité de la réalité. Jusqu'à maintenant, ces recherches ont porté avant tout sur un anticorps qui contrôle les cellules inflammatoires pour limiter les dommages causés après un traumatisme. Il s'agit d'un premier pas important : plus on peut prévenir de dommages, plus la possibilité de réparation est grande.

Les membres de son équipe concentrent maintenant leur attention sur l'inhibition des enzymes qui entraînent la formation de tissu cicatriciel au site d'un traumatisme – autre étape importante de l'amélioration et de la probabilité de régénération. Ils étudient aussi l'utilisation des cellules souches somatiques, déjà présentes chez les souris, pour stimuler la régénération. On suit ces cellules par micro-imagerie dans les souris afin de montrer qu'elles sont entraînées vers le site de la lésion. Toutes ces études ont porté jusqu'à maintenant sur des rats et des souris. Dans une étude portant sur des tissus humains, le laboratoire de la Dre Weaver a constaté que la réaction inflammatoire à une lésion de la moelle ressemble beaucoup à celle qui se produit chez les rats : les études réalisées par l'équipe sur les rats sont donc de bons prédicteurs des réactions chez l'être humain. Il est probable que les stratégies de sauvetage et de réparation que l'équipe a mises au point chez les rats s'appliquent bien à des traitements pour l'être humain.

**Dre Lynne Weaver**  
et son équipe de l'Institut de  
recherche Robarts



# Excellence en recherche

## À la recherche des coupables du cancer à l'échelle microscopique

La Dre Linda Pilarski et son équipe de l'Université de l'Alberta utilisent la nanotechnologie pour mettre au point un dispositif de la grosseur d'une lame de microscope qui peut analyser et surveiller des cellules cancéreuses sur place, rapidement et à peu de frais. Ce dispositif pourrait changer de façon spectaculaire les soins de santé – on peut imaginer une personne qui vit dans une région éloignée et fait télécharger et analyser ses cellules ailleurs – mais ce n'est que le début. Le même type de dispositif pourrait mesurer la présence d'un virus dans l'urine qui signale le rejet d'une greffe de rein. On pourrait même analyser un seul don de sang pour y dépister la présence du virus du Nil occidental. Il serait possible d'analyser les eaux d'égout de différents quartiers d'une ville pour repérer la présence de virus qui signalent une épidémie en préparation. La clé réside dans la vitesse et le faible coût. Les façons actuelles de réaliser les mêmes tâches sont tout simplement trop lentes et trop coûteuses pour être généralisées.

**Dre Linda Pilarsky**  
Université de l'Alberta



Rien de cela ne serait possible, affirme la Dre Pilarski, sans le financement accordé à l'équipe en voie de formation qui réunit des ingénieurs, un clinicien, un généticien médical, un sociologue et la Dre Pilarski elle-même, oncologue, qui travaillent dans le même laboratoire. Le financement a permis à l'équipe de créer le Consortium de diagnostic du cancer de l'Alberta afin d'être prête lorsque le moment viendra de commercialiser ses découvertes – ce qui pourrait se produire au cours des prochaines années.



## Instaurer l'équité dans des domaines émergents

On considère habituellement que la médecine régénératrice relève de la haute technologie et coûte cher – et convient davantage au monde industrialisé. La capacité de réparer ou de régénérer des tissus peut toutefois être encore plus avantageuse dans le monde en développement où l'incidence de maladies comme le diabète ou les cardiopathies, ainsi que d'accidents et de brûlures, est plus élevée que dans le monde industrialisé. Le Dr Abdallah Daar, du Centre conjoint de bioéthique de l'Université de Toronto et du Centre de médecine moléculaire McLaughlin, dirige un réseau de recherche appelé RMEthnet qui veut maximiser le potentiel de la médecine régénératrice et réduire au minimum les risques qui en découlent dans le monde entier.

Son équipe de recherche comprend des avocats, des spécialistes de l'éthique et des sciences sociales ainsi que des chercheurs biomédicaux. Elle concentre au début son attention sur les applications de la médecine régénératrice qui sont les plus prometteuses pour le monde en développement. Elle s'intéresse aussi à la façon dont ces pays commencent à utiliser la médecine régénératrice dans les faits. Comme autres domaines de recherche, mentionnons les suivants : protection des sujets humains de la recherche en médecine régénératrice; établissement d'un équilibre entre le besoin de récompenser l'innovation par des brevets tout en assurant l'équité d'accès aux nouvelles technologies; applications de la médecine régénératrice dans les maladies neurologiques; amélioration du rôle des organismes bénévoles du secteur de la santé dans le domaine de la médecine régénératrice.

La collaboration entre chercheurs de disciplines variées, y compris le génie tissulaire, la recherche sur les cellules souches, le génie génétique et l'éthique, constitue un des phénomènes à l'origine des progrès de la médecine régénératrice. Une des grandes orientations du réseau RMEthnet consiste à donner aux nouveaux chercheurs la formation nécessaire pour travailler ainsi, et le réseau s'est engagé à former jusqu'à 18 étudiants diplômés et nouveaux chercheurs.

**Dr Abdallah Daar**  
Université de Toronto  
(aspects éthiques et autres de la  
médecine régénératrice)



# Excellence en recherche

## Une vision claire

Une transplantation de cornée peut rétablir la vision – mais elle a un coût. Les méthodes actuelles de traitement obligent à pratiquer une incision à la surface et à façonner manuellement la nouvelle cornée provenant du donneur pour l’adapter à l’œil du receveur – façon de procéder imparfaite qui peut causer des complications liées aux sutures, l’instabilité de la cornée, une vision médiocre ou même le rejet. À cause du besoin de cornées de donneurs, les listes d’attente sont en outre très longues pour une chirurgie. La Dre Isabelle Brunette de l’Hôpital Maisonneuve-Rosemont de l’Université de Montréal dirige une équipe qui utilise une technologie au laser à femtoseconde (un quadrillionième de seconde) pour travailler la couche endothéliale derrière la cornée sans toucher à la surface de la cornée. Cette technique permet de changer uniquement la couche malade au lieu de toute la cornée, comme le veut la méthode traditionnelle. Il n’est pas nécessaire de pratiquer une incision ou de poser des sutures sur la cornée qui demeure stable, ce qui améliore les résultats pour les patients. L’intervention réduit aussi le besoin de cornées de donneurs et augmente l’accès tout en réduisant les listes d’attente.

**Isabelle Brunette**  
Université de Montréal  
(transplantation de cornée)

La Dre Brunette et son équipe utilisent aussi la technologie du génie tissulaire pour cultiver les cellules endothéliales du patient même dans un milieu de culture, afin de pouvoir les retransplanter ensuite au patient sous forme enrichie. Comme il n’y a pas de donneur, il n’y a aucun risque de rejet des cellules endothéliales transplantées.

La Dre Brunette attribue les progrès réalisés par son équipe à sa nature multidisciplinaire et à ses liens de travail étroits parce que tous les membres comprennent le problème chirurgical qu’ils essaient de régler. Selon elle, des essais cliniques sur des êtres humains seront possibles d’ici cinq ans.





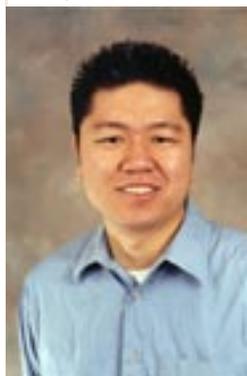
## Viser les cellules cancéreuses

Les points quantiques sont de minuscules points (moins de 100 nanomètres, ou plus petits qu'un virus) qui émettent de la lumière lorsqu'ils sont excités. Il est possible de syntoniser l'émission de lumière en modifiant leur grosseur, leur forme et leur composition, propriétés particulières à de nombreuses structures à l'échelle du nanomètre. Le Dr Warren Chan de l'Université de Toronto dirige une équipe qui essaie d'exploiter cette propriété unique des points quantiques pour diagnostiquer plus rapidement et plus précisément le cancer. Il fixe au point quantique une molécule chercheuse de cellules cancéreuses, comme un anticorps ou un peptide. Une fois injectée dans le corps, cette molécule fait fonction de conducteur et dirige le point quantique vers la tumeur. L'émission de couleur des points quantiques permet de détecter une tumeur et de déterminer son stade de développement. Par exemple, des émissions rouges et vertes provenant des régions de la tumeur pourraient signifier que le tissu est normal, le bleu et le vert pourraient signifier que la tumeur en est à ses premiers stades, tandis que le bleu, le vert et le rouge pourraient signifier que la tumeur produit des métastases ou se propage à d'autres tissus. Cette capacité d'imagerie permet d'utiliser la pharmacothérapie appropriée en fonction de l'information moléculaire sur la tumeur.

L'équipe constituée d'ingénieurs biomédicaux, de biophysiciens médicaux, d'un pharmacien, de pathologistes et d'un agent de liaison avec l'industrie espère aussi mettre au point des méthodes d'utilisation de points quantiques pour transporter le traitement directement à la tumeur et en apprendre davantage sur la façon dont ces points circulent dans le corps et déterminer s'ils présentent un risque de toxicité.

### Dr Warren Chan

Université de Toronto  
(imagerie par points quantiques pour le diagnostic précoce du cancer)



# Regard vers l'avenir

---

Les IRSC et leurs partenaires ont franchi une étape importante en créant cette initiative et en finançant des équipes multidisciplinaires de recherche en santé qui sont très prometteuses. Il reste toutefois beaucoup à faire. Des domaines vitaux de recherche attendent qu'on les explore, ce qui inclut le potentiel de commercialisation en grande partie inexploité qu'offrent ces technologies nouvelles et émergentes.

Les IRSC collaborent de près avec leurs partenaires fédéraux, y compris le Bureau du conseiller national des sciences, Santé Canada, Environnement Canada et Industrie Canada, notamment, pour assurer l'élaboration d'une politique nationale intégrée qui permettra de commercialiser au Canada des thérapies et des produits sûrs et efficaces. Ces entités veulent ainsi appliquer des résultats de recherche innovatrice en santé effectuée en médecine régénératrice et en nanomédecine en un effet durable sur la santé et la productivité de tous les Canadiens.

