



Communauté métropolitaine  
de Montréal

Grappe

Nanotechnologies

Octobre 2004



Grappe

Nanotechnologies



Communauté métropolitaine  
de Montréal

Québec 

Avec la participation de :

- Ministère des Affaires municipales et des Régions
- Ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation

ISBN 2-923013-37-9

(Édition anglaise ISBN 2-923013-38-7)

Dépôt légal: mars 2005

Bibliothèque nationale du Québec

Bibliothèque nationale du Canada

Tous droits réservés pour tous pays.

Reproduction par quelque procédé que ce soit  
et traduction, même partielles, interdites sans

l'autorisation de la Communauté métropolitaine de Montréal

## Note au lecteur

# Une collaboration NanoQuébec-CMM

Les nanotechnologies représentent une filière industrielle émergente. Le portrait esquissé ici place le Québec en avance sur l'échiquier canadien. Plusieurs facteurs doivent maintenant se conjuguer pour qu'il conserve cette position de tête. Fruit de la convergence de deux démarches, le présent document les met en lumière.

### **Une stratégie québécoise de développement**

Conscient de l'impact de cette nouvelle science sur la croissance économique future de nombreux secteurs industriels, le gouvernement du Québec a entrepris de se doter d'une stratégie de développement des nanotechnologies. Les nanotechnologies étant encore largement dépendantes de la R-D, il s'est d'abord tourné vers le milieu universitaire dont il a favorisé le réseautage en créant NanoQuébec en 2001. Sa mission est d'amener le Québec au rang de chef de file de la recherche et de la valorisation des nanosciences et des nanotechnologies sur les scènes nationale et internationale.

Ce premier réseau a rapidement senti le besoin de s'arrimer aux acteurs industriels, les PME qui tentent de commercialiser les résultats de la recherche et les grandes entreprises susceptibles d'intégrer éventuellement des nanotechnologies. C'est maintenant chose faite.

Le gouvernement du Québec a depuis confié à NanoQuébec le mandat d'élaborer, avant le budget provincial de 2005-2006, un plan d'action panquébécois englobant tous les acteurs, précisant leurs besoins et proposant les mesures et les investissements nécessaires au développement des nanotechnologies.

### **Une démarche économique métropolitaine**

Étant donné que le gros des activités est concentré sur son territoire, la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) s'intéresse de près aux nanotechnologies, d'autant plus qu'elle a opté pour une stratégie de compétitivité axée sur le développement de grappes innovantes. À l'automne 2003, la CMM a lancé un projet d'identification et de structuration de ces grappes. Il s'agit de la première phase d'une démarche qui doit conduire, au cours des deux prochaines années, à l'élaboration puis à la mise en œuvre d'une stratégie intégrée de développement économique et d'innovation.

La CMM souhaite associer à sa démarche toutes les instances territoriales et tous les intervenants économiques concernés pour chacun des secteurs à l'étude. Elle compte se concentrer sur le rôle de planification et de coordination qui est le sien et n'entend pas se substituer à l'ensemble des acteurs et décideurs actuellement sur le terrain. Ce sont eux qui doivent convenir d'un plan de développement sous la gouverne d'un organisme relais représentatif de leur milieu.



## Une signature conjointe

NanoQuébec, qui a déjà un mandat gouvernemental pour produire un document d'orientation, est l'instance toute désignée pour jouer ce rôle. Le présent document porte donc la signature de NanoQuébec et de la CMM maintenant engagés dans une démarche conjointe. Il sera soumis à la consultation des chercheurs et des industriels. Un deuxième texte sera produit au terme de cette étape en prévision d'une rencontre réunissant les deux groupes. Cette démarche en trois temps servira de base à NanoQuébec et à la CMM pour planifier les actions qui assureront, sur une base consensuelle, le développement des nanotechnologies à Montréal et dans l'ensemble du Québec.

Car, pas question de fermer les frontières de la CMM aux régions. C'est sous le signe de l'ouverture, de la complémentarité et de l'interaction concertée que se poursuit cette démarche qui permettra, en bout de ligne, à la région métropolitaine de Montréal de jouer encore mieux son rôle de locomotive économique du Québec.

Clive Willis  
Directeur général  
NanoQuébec

Michel Lefèvre  
Conseiller – Développement économique  
Communauté métropolitaine de Montréal



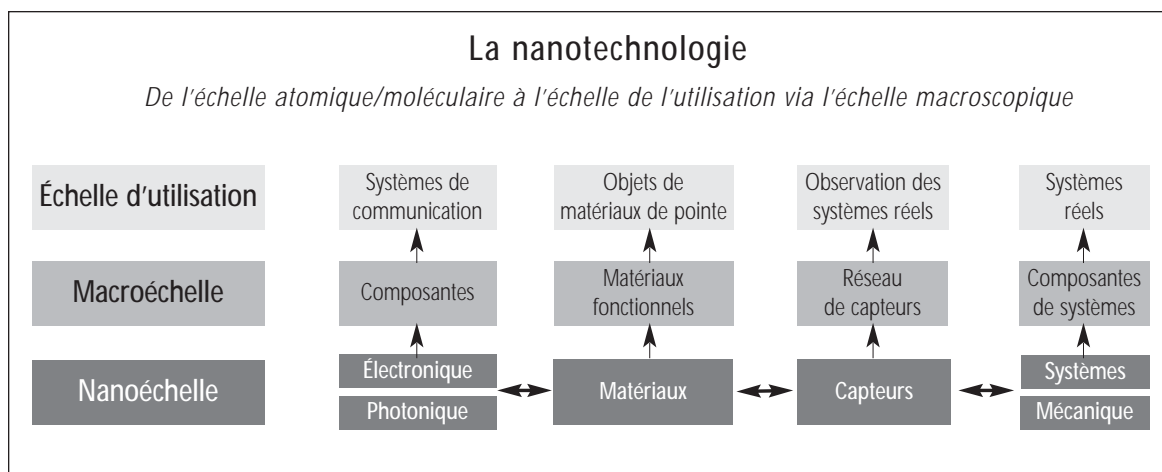
## Nanotechnologies

	Le Québec à l'avant-garde	5
La configuration	<b>Chaîne de valorisation</b>	
	Une R-D de classe mondiale	14
	Une industrie en démarrage	18
	<b>Domaines sectoriels</b>	
	De nombreuses retombées	20
	<b>Facteurs de développement</b>	
	L'efficacité de la recherche	23
	Une formation en devenir	24
	Un capital principalement public	25
	Des infrastructures d'accueil	26
	Une grappe en pleine structuration	27
	<b>L'ouverture sur le monde</b>	
Des collaborations internationales	30	
Les perceptions	<b>Les voies d'avenir</b>	
	Des assises pour construire	33
	De grands espoirs	35
	<b>Annexes</b>	
	Les entreprises de nanotechnologies	38
	Les unités de recherche universitaires sur le territoire de la CMM	39
	Les unités de recherche universitaires hors métropole	41
	Sources d'information	42
	Personnes consultées	43
	NanoQuébec	44
Crédits	45	



# Le Québec à l'avant-garde

À l'échelle nanométrique, les lois de la physique quantique s'appliquent. Molécules et atomes affichent alors des caractéristiques et des comportements différents de ceux observés chez les matériaux et les structures de plus grande échelle. Ces phénomènes peuvent être exploités pour concevoir de nouvelles technologies et créer de nouveaux matériaux. La nanotechnologie propose de maîtriser cet univers nanoscopique et son immense potentiel, donnant ainsi naissance à une troisième révolution industrielle.



## Un défi complexe

Une telle maîtrise requiert une compréhension profonde des caractéristiques physiques, chimiques, biologiques de la matière à l'échelle atomique et moléculaire. Ensuite, et seulement ensuite, pourra-t-on concevoir des applications qui se retrouveront sur les marchés et bouleverseront nos façons de vivre. Ce passage de la connaissance à la commercialisation nécessite des étapes de modélisation et de mise à l'échelle délicates, un défi complexe pour les chercheurs en recherche fondamentale et les industriels.

**L'échelle nanométrique**

Le terme « nano » est dérivé du grec « nanos » qui signifie nain. Un nanomètre (nm) équivaut à un milliardième de mètre ( $10^{-9}$ ).

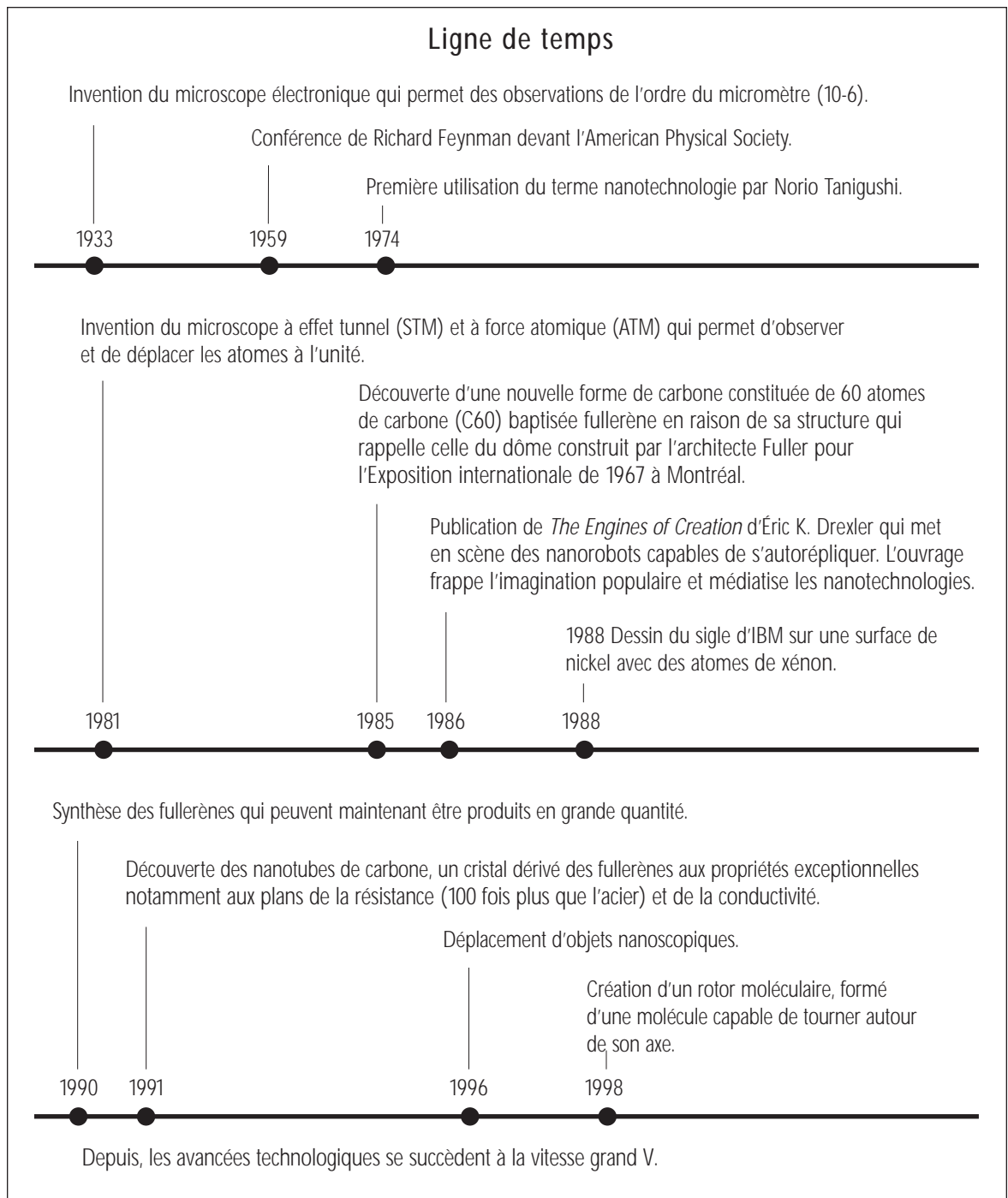
Voici quelques points de références :

Un être humain de taille moyenne	1,7 milliard de nm
La pointe de la mine d'un crayon	1 million de nm
Un cheveu	100 000 nm
Un globule rouge humain	800 nm
Les circuits micro-électroniques actuels	150 nm
La largeur d'une molécule d'ADN	2,5 nm
Le diamètre d'un atome d'hydrogène	0,1 nm



## Une courte et riche histoire

Le terme « nanotechnologie » est apparu il y a une trentaine d'années mais le désir de percer le monde de l'infiniment petit existait bien avant. Un grand pas a été franchi au début des années 1930 avec l'invention du microscope électronique. En 1959, dans une conférence demeurée célèbre, le lauréat du Prix Nobel de physique, Richard Feynman, évoquait la possibilité de réorganiser la matière atome par atome. Quarante-cinq ans plus tard, des milliers de scientifiques à travers le monde manipulent des atomes et des molécules.



## Une révolution aux retombées énormes

La nanoscience et les nanotechnologies révolutionneront tous les secteurs d'activités industrielles. Rien de moins. Les nouveaux produits, procédés et services qui envahiront les marchés auront un impact majeur sur la croissance économique, la création d'entreprises, la revitalisation des industries existantes, la résolution des problèmes sociaux.

Le potentiel économique de ce nouveau champ d'activité est tout simplement énorme. La *National Science Foundation* des États-Unis prévoit des retombées globales de mille milliards de dollars par an d'ici 2015 alors que près de deux millions de personnes, provenant de tous les secteurs industriels, travailleront dans ce domaine.

Selon la firme *CMP Cientifica* le marché mondial de la nanotechnologie atteindra 537 milliards de dollars américains en 2005, les segments les plus rentables étant les matériaux, les semi-conducteurs, le pharmaceutique et les catalyseurs. Selon la banque de données de cet organisme européen de veille, les entreprises actives ici et là dans le monde peuvent être regroupées en une dizaine de segments.

Des retombées anticipées aussi importantes suscitent un empressement, à tous les niveaux, un peu partout dans le monde, à faire de tout ce qui est « nano » un axe prioritaire. Une course internationale est engagée afin de rechercher, de développer et de commercialiser de nouveaux produits et procédés qui incluent des composantes nanotechnologiques.

Segments nanotechnologiques			
NanoBiotechnologies	19 %	NanoMatériaux	11 %
NanoComposants	19 %	NanoChimie	3 %
NanoInstrumentation	18 %	NanoConseil	2 %
MicroÉlectromécaniques	14 %	NanoProcédés	1 %
NanoPoudres	13 %	NanoMachines	0 %

Source : <http://nanoinvestornews.com>

## Les gros joueurs mondiaux

Les principaux pays développés ont augmenté leurs budgets dédiés aux nanotechnologies. À titre d'exemple, le Japon a investi 800 millions de dollars américains dans la nanoscience en 2003. Plusieurs pays asiatiques étaient aussi dans le Top 10, soit la Corée du Sud, la Chine, Taiwan et Singapour. En Europe, les dépenses dépassaient les 650 millions de dollars américains et étaient concentrées dans trois pays : l'Allemagne, le Royaume-Uni et la France. Aux États-Unis, la facture avoisinait les 775 millions de dollars américains. Toutefois, en novembre 2003, la Chambre des représentants a approuvé un programme national de développement des nanotechnologies doté d'un budget de 3,7 milliards de dollars sur quatre ans.

Les efforts sont coordonnés à l'échelon national et la recherche est structurée autour de centres d'excellence, pôles ou parcs technologiques régionaux ayant acquis une expertise dans un domaine précis. De tels pôles d'excellence, souvent issus d'initiatives conjointes gouvernement-industrie, existent notamment en Allemagne, en France, au Royaume-Uni ainsi qu'en Californie, au Texas et dans l'État de New York. D'autres pays de taille similaire au Québec ont également développé d'importants programmes en nanotechnologies. Nous pouvons citer la Suisse, le Danemark, les Pays-Bas et Israël.



## **Le Canada à la recherche d'une stratégie**

Depuis quelques années les gouvernements canadien et québécois ont intensifié leurs efforts. Plusieurs projets de recherche ont reçu des subventions importantes. Des Chaires de recherche du Canada ont vu le jour. Dans le cadre du programme de la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI), de nombreuses infrastructures ont été financées. L'investissement total de ces dernières années en infrastructures de recherche dédiées entièrement ou partiellement aux nanotechnologies est supérieur à 400 millions de dollars canadiens, uniquement au Québec.

Le gouvernement canadien s'est allié au gouvernement et à l'université de l'Alberta pour construire à Edmonton un Institut national des nanotechnologies qui fait partie du réseau du Conseil national de recherches du Canada (CNRC). Cet institut, qui vient de nommer son premier directeur général, a nécessité un investissement conjoint de 120 millions de dollars canadiens. L'Ontario et la Colombie-Britannique peuvent de leur côté compter sur de solides équipes de recherche.

Le Canada toutefois n'a pas encore de stratégie nationale. Le mandat d'en élaborer une a été confié à NanoPic, la plate-forme d'innovation en nanosciences et en nanotechnologies du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG). C'est un chercheur québécois, le physicien Peter Grütter de l'Université McGill, qui en assume la direction scientifique.

## **Le Québec, champion de la concertation**

Le Québec est le chef de file canadien pour ce qui est des nanotechnologies, en grande partie grâce aux efforts de concertation des dernières années. Plusieurs éléments de la chaîne d'innovation (voir graphique) sont déjà mobilisés. Des programmes de subventions permettent créativité et souplesse. Une masse de chercheurs de diverses disciplines, capables de travailler ensemble, est à l'œuvre de sorte que sur le plan des connaissances de base, le Québec est en tête. Une infrastructure de recherche est en place et la volonté de continuer à investir semble solide. Le milieu de la formation se prépare à agir. Des PME ont été créées qui pourront éventuellement s'appuyer sur les secteurs économiques bien établis. Enfin, nous assistons à l'émergence d'une stratégie cohérente sous l'impulsion de NanoQuébec.

Chacun des maillons de cette chaîne est essentiel pour faire sortir des laboratoires les résultats de la recherche et amener des applications jusqu'aux marchés. L'intensité et la qualité des relations entre tous ces éléments sont des facteurs tout aussi déterminants.

Par rapport au reste du Canada, le Québec est en avance et de loin en matière de concertation grâce notamment à NanoQuébec. Fondé en 2001, d'abord pour agir en tant que réseau universitaire et doté initialement de 10 millions de dollars canadiens, NanoQuébec a regroupé l'ensemble des universités québécoises : Montréal, Laval, McGill, Sherbrooke, l'École Polytechnique et, enfin, l'Université du Québec, par le biais plus particulièrement de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS). Concordia et l'École de technologie supérieure (ETS) envisagent actuellement de se joindre au réseau.

À l'automne 2003, NanoQuébec a étendu son mandat au soutien de l'innovation et de la valorisation de la recherche. Il a, du même coup, formé un conseil d'administration qui fait une large place au secteur privé. L'organisme entend ainsi susciter une concertation accrue entre les chercheurs et les industriels de même qu'entre les industriels.

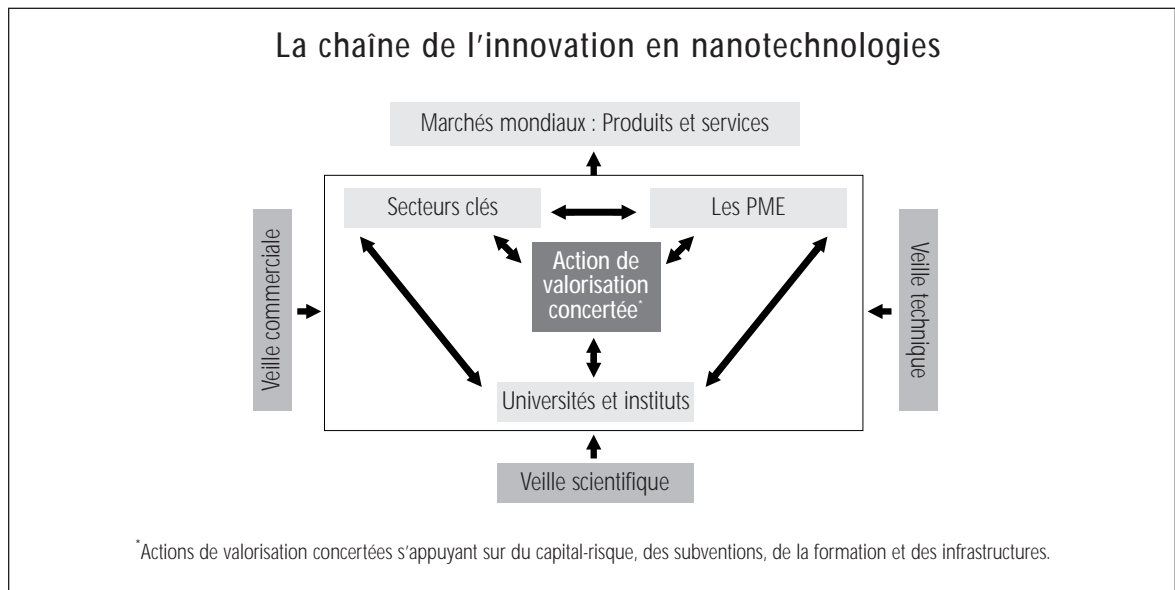


Dans un avis publié en 2001, le Conseil de la science et de la technologie du Québec recommandait la création, avec la participation du gouvernement fédéral, d'un institut de recherche interuniversitaire en nanotechnologies comprenant un pôle central à Montréal et deux antennes, l'une à Québec et l'autre à Sherbrooke. Cette recommandation est présentement réévaluée par NanoQuébec.

Une chose est claire cependant, bien que le gros des chercheurs et des industriels soit concentré dans la région métropolitaine de Montréal, des pôles régionaux forts seront maintenus et soutenus.

### Concentration dans la région de Montréal

Actuellement, la bataille se joue dans les laboratoires des universités et des centres de recherche publics. Avec quatre universités, deux écoles de génie, deux constituantes de l'INRS (Énergie, matériaux et télécommunication et Institut Armand-Frappier) et deux composantes du CNRC (Institut des matériaux industriels et Institut de recherche en biotechnologie), la grande région métropolitaine réunit la plus grande concentration de chercheurs en nanotechnologies et une avant-garde des plus dynamique.



On retrouve des chercheurs dans tous les grands secteurs associés aux nanotechnologies : les nanomatériaux, les nanobiotechnologies, la nanoélectronique, l'instrumentation et la modélisation.

L'industrie, par contre, demeure plutôt modeste. Les grandes entreprises ne voient pas encore les nanotechnologies comme un élément stratégique de la planification de l'avenir. À l'exception de Pratt & Whitney, d'Hydro-Québec par le biais de l'IREQ, et d'Alcan, peu d'entreprises poursuivent elles-mêmes des recherches dans le domaine.

On dénombre toutefois une quarantaine de PME à l'échelle du Québec, dont plus des deux-tiers sont situées dans la région de Montréal. Elles sont pour la plupart en démarrage et le plus souvent, elles poursuivent un seul projet de recherche et une seule application industrielle.

## **Un avenir plein de défis**

Les chercheurs commencent à peine à s'aventurer sur le terrain nanométrique. Ils sont encore loin de comprendre les principes de la physique et de la chimie à cette échelle. Il y a de nombreux défis à relever en recherche fondamentale, ce qui nécessite des outils de mesure sophistiqués, des techniques de manipulation très fines de même qu'un travail poussé de modélisation et de simulation qui demande de grandes capacités de calcul.

La traduction des connaissances théoriques en procédés, produits et services exige la mise à l'échelle à des fins industrielles de ce qui fonctionne bien en laboratoire. Cette tâche colossale monopolisera nombre d'ingénieurs et de chercheurs dans les centres de transfert et les entreprises au cours des prochaines années. Ils réussiront dans la mesure où ils pourront compter sur des politiques claires, une bonne circulation de l'information, une main-d'œuvre qualifiée et une population sensibilisée à l'importance des nanotechnologies.

Les applications issues des nanotechnologies soulèveront, au fur et à mesure de leur commercialisation, des enjeux éthiques, sociaux et légaux. Par exemple, les impacts de leur introduction sur l'environnement seront questionnés. De même, on s'inquiétera des risques associés à l'exposition aux nanoparticules ou à leur manipulation. Le milieu des nanotechnologies ne pourra ignorer ces questionnements et doit dès maintenant se donner les moyens d'y faire face en toute transparence.

## **Une concertation sur tous les fronts**

Le principal défi toutefois sera d'assurer le maillage de tous les acteurs afin qu'ils coordonnent leurs efforts pour mettre en place les facteurs qui assureront le développement des nanotechnologies et la mise en marché de produits et de services qui répondront à de réels besoins et se traduiront en lucratives occasions d'affaires. Cette collaboration doit débuter dès la phase de la recherche des principes fondamentaux de la nanoscience et se poursuivre tout au long du processus de développement jusqu'à la phase finale de l'intégration économique et sociale des applications.

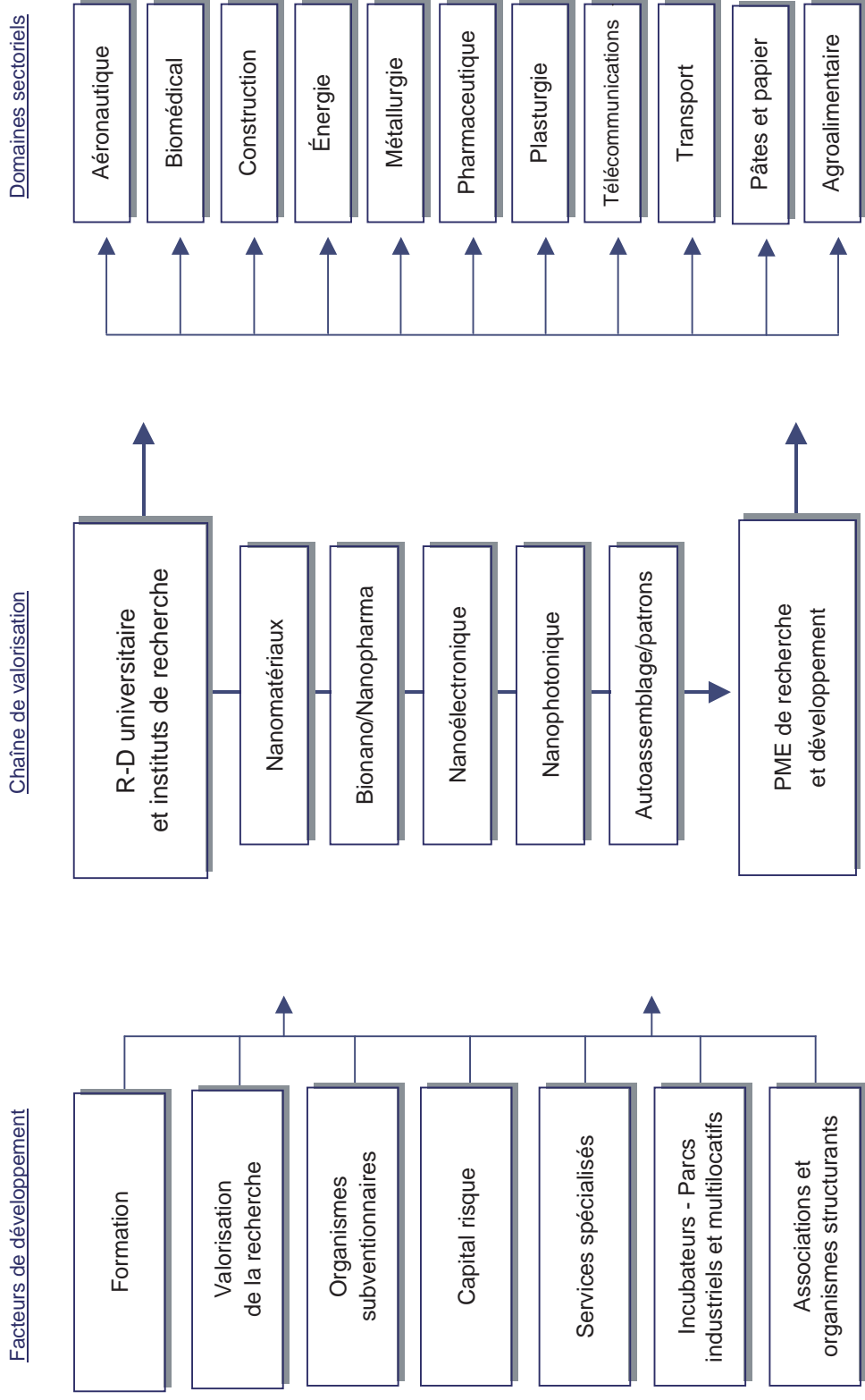
Grâce à NanoQuébec, les chercheurs en nanotechnologies de tout le Québec ont commencé à tisser des liens. Les relations entre les chercheurs et les entrepreneurs sont beaucoup plus ténues. Il est impérieux de rapprocher les universités locales et les industries sinon ces dernières, particulièrement les multinationales, vont faire effectuer leur R-D à l'extérieur. Enfin, la concertation au sein de l'industrie est encore très faible. Celle-ci est d'autant plus difficile à établir que les nanotechnologies se déploient de façon transectorielle.

En attendant l'émergence d'un leadership et d'une action concertée dans le milieu industriel, le milieu universitaire doit porter le flambeau de l'innovation et rechercher les partenariats avec le secteur privé.



# Grappe de pointe

## Nanotechnologies



## *La configuration*



# Chaîne de valorisation

---



# Une R-D de classe mondiale

La grande région métropolitaine est le cœur nanotechnologique du Québec et du Canada. Selon l'Alliance canadienne du commerce en nanotechnologie, 40 % des activités nanotechnologiques sont concentrées dans la métropole québécoise. Le ministère québécois du Développement économique régional et de la Recherche (MDERR) estime pour sa part que la grande région métropolitaine regroupe 55 % des chercheurs et des industriels du Québec.

Ce cœur bat au rythme de la R-D qui se fait dans les universités et les centres de recherche (voir en annexe). Dans ses toutes premières activités de planification, NanoQuébec avait identifié quatre axes prioritaires où le Québec dispose d'une base scientifique déjà passablement forte. Il s'agit des nanomatériaux, de la nanoélectronique et de la nanophotonique, de la nanobiotechnologie et de la nanopharmaceutique et enfin, de l'autoassemblage et des patrons (réalisation de motifs à l'échelle nanométrique). Ce dernier axe évolue en appui aux trois autres.

## Une base scientifique solide

Au total, environ 150 professeurs s'intéressent aux nanotechnologies au sein des institutions membres du réseau universitaire NanoQuébec. À l'exception des universités Laval et de Sherbrooke, ces institutions sont situées sur le territoire de la CMM, soit : l'École Polytechnique, l'École de technologie supérieure (ÉTS), l'INRS (Énergie, matériaux et télécommunications de Varennes et Institut Armand-Frappier de Laval), les universités de Montréal, McGill et Concordia.

La croissance anticipée des nanotechnologies est telle qu'il pourrait y avoir dans cinq ans jusqu'à mille professeurs-chercheurs et des milliers d'étudiants qui auront à leur disposition des équipements spécialisés d'une valeur avoisinant le demi-million de dollars canadiens. Présentement, ils ont accès à une quinzaine de laboratoires et à une gamme complète de techniques avancées de fabrication, de synthèse et de caractérisation.

## Des installations de classe mondiale

Plusieurs de ces installations sont de classe mondiale et sont dotées d'une instrumentation à la fine pointe. Le tout nouveau centre Outils pour la Nanoscience de l'Université McGill est le plus perfectionné au Canada dans les domaines de la micromachinerie et de la manipulation atomique. Son ordinateur Beowulf est le plus puissant au pays pour l'établissement de modèles de nanomatériaux.

De leur côté, l'INRS-Énergie, matériaux et télécommunications et l'Université de Sherbrooke aménagent conjointement un laboratoire de micro et de nanofabrication.

Enfin, le nouveau pavillon J.A. Bombardier que construisent l'Université de Montréal et l'École Polytechnique est conçu pour accueillir des chercheurs en nanotechnologie de plusieurs disciplines scientifiques. Déjà une vingtaine de professeurs utilisent une infrastructure de presque 100 millions de dollars. D'ailleurs, un étage complet de l'édifice est réservé aux entreprises travaillant en partenariat avec les chercheurs universitaires.



Des centres de recherche publics s'intéressent également aux applications des nanotechnologies. Les plus importants se trouvent sur le territoire de la CMM. Il s'agit de l'Institut des matériaux industriels (IMI) situé à Boucherville, de l'Institut de recherche en biotechnologie (IRB) à Montréal, de l'Agence spatiale canadienne (ASC) à Saint-Hubert et de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ) à Varennes.

À noter aussi, le grand intérêt que portent aux nanotechnologies PAPRICAN, le centre de recherche de l'industrie des pâtes et papiers, le *Centre for Large Scale Structures and Systems (CL3S)*, un centre spécialisé dans les secteurs de l'aéronautique et de la défense ainsi que le Laboratoire de recherche en diversification énergétique du CANMET à Varennes.

### Un déploiement régional

La grappe métropolitaine qui se met lentement en place ne saurait évoluer en vase clos. Déjà, par l'intermédiaire de NanoQuébec, les chercheurs montréalais travaillent de concert avec ceux des autres régions du Québec. Partout en effet, des équipes de recherche s'intéressent déjà ou sont susceptibles de s'intéresser aux applications issues des nanotechnologies, surtout lorsque celles-ci s'inscrivent dans un axe de développement priorisé par la région.

**Région Capitale-Nationale** — À l'Université Laval de Québec, plus d'une quinzaine de chercheurs réalisent présentement des projets subventionnés portant une étiquette nanotechnologique. Plusieurs œuvrent à la Faculté des sciences et de génie, une pionnière dans le domaine et l'hôte de diverses unités de recherche de pointe.

L'Université Laval est un chef de file en photonique. L'institution est à la tête du réseau pancanadien d'excellence qu'est l'Institut canadien pour les innovations en photonique. La création récente du Centre international de recherche et de formation en neurophotonique consolide sa position. De la photonique à la nanophotonique, il n'y a qu'un pas qui a été franchi aussi bien à l'université qu'à l'Institut national d'optique, un centre privé, où l'on s'intéresse notamment aux systèmes micro-électromécaniques (MEMS).

Les nanotechnologies colorent également la recherche dans d'autres domaines où l'Université Laval se démarque, entre autres, la protéomique, les biomatériaux, la nutrition, l'agroalimentaire et l'agro-environnement de même que la foresterie.

**Région Chaudière-Appalaches** — Les entreprises de cette région située au sud de Québec peuvent compter sur la présence de trois centres collégiaux de transfert de technologie offrant des services de formation, d'aide technique et de R-D incluant la nanotechnologie : le centre de robotique industrielle, le centre collégial de transfert de technologie en biotechnologie Transbiotech, et le centre de technologie minérale et de plasturgie.

**Région de la Mauricie** — La Mauricie veut faire converger ses efforts de développement sur des créneaux porteurs en mesure de positionner favorablement son économie à l'échelle nord-américaine et mondiale. Quatre de ces créneaux peuvent avoir des liens avec la nanotechnologie, soit : 1) les papiers à valeur ajoutée et les technologies associées, 2) les technologies de transformation des métaux (magnésium et titane), 3) l'hydrogène et les électrotechnologies, 4) les bioprocédés industriels.



**Région de l'Estrie** — L'Université de Sherbrooke constitue un pôle de la recherche en nanotechnologie. La mise en place d'infrastructures à la fine pointe lui a permis de recruter des chercheurs de grande réputation en génie des matériaux, physique quantique ou technologie des plasmas. On les retrouve à la tête de chaires de recherche du Canada, au Centre de recherche en énergie, plasma et électrochimie, au Centre de recherche sur la nanofabrication et la nanocaractérisation ainsi qu'à l'Institut des matériaux et des systèmes intelligents où l'on développe notamment des matériaux pour la nanoélectronique et la photonique.

La présence d'un complexe biomédical universitaire présage d'applications en santé. Plusieurs des équipes de recherche qui travaillent au Centre hospitalier, au Centre de recherche clinique, à l'Institut de gériatrie ou à l'Institut de pharmacologie explorent des avenues où les nanotechnologies ont une place, notamment la nanopharmacologie. Le domaine de l'environnement est également un terrain propice à la recherche en nanotechnologie.

**Région de la Montérégie** — Le territoire de la Montérégie se confond en partie avec celui de la Communauté métropolitaine de Montréal. D'importants centres de recherche gouvernementaux y sont établis dans l'axe Longueuil-Varenes. (voir plus haut) et à Saint-Hyacinthe. Cette dernière abrite le Centre de recherche et de développement en horticulture (CRDH), l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), le Centre de recherche et de développement sur les aliments (CRDA) et l'Institut de biotechnologie vétérinaire et alimentaire (IBVA). Plusieurs des chercheurs associés à ces centres empruntent la voie nanotechnologique. Par exemple, au CRDA et à l'IBVA, la recherche sur le transport moléculaire est à l'honneur.

À titre de Cité de la biotechnologie agroalimentaire, vétérinaire et agroenvironnementale. Saint-Hyacinthe est en voie d'implanter un parc technologique qui pourra accueillir des entreprises de biotechnologie dont certaines intégreront des activités en nanotechnologie. Notons aussi l'expertise particulière développée par le cégep de Saint-Hyacinthe en nanofabrication de matériaux textiles et non-tissés pour la protection de l'environnement et des individus. La Fondation canadienne pour l'innovation vient de reconnaître cette expertise par une importante subvention.

La Montérégie mise également sur la filière environnementale, en particulier dans la récupération et le recyclage du fer et de l'acier, ainsi que sur le secteur de l'énergie où deux consortiums spécialisés sont à l'œuvre.

**Région du Saguenay-Lac-Saint-Jean** — Le Saguenay-Lac-Saint-Jean a consenti des efforts importants afin de diversifier sa base industrielle et de l'orienter vers une production à plus grande valeur ajoutée comme les activités de transformation dans les secteurs pour lesquels la région dispose déjà d'avantages concurrentiels, soit le bois, l'agroalimentaire et surtout, l'aluminium. En effet, ce dernier domaine est en forte expansion vu le développement des activités de production de la compagnie Alcan qui opère quatre usines modernes dont la production représente 45 % de la production québécoise totale et 5 % de la production mondiale.

La forte présence d'Alcan a un effet d'entraînement. Au cours des dernières années, une trentaine d'entreprises de deuxième et de troisième transformation sont venues consolider le secteur. Or ce sont ces activités de transformation qui peuvent le plus bénéficier des connaissances en nanotechnologies, plus particulièrement en nanomatériaux.



**Région de l'Outaouais** — L'Outaouais a vu naître, au cours des dernières années, un solide noyau d'entreprises de haute technologie. Les promoteurs du milieu cherchent à occuper des créneaux de développement dans des secteurs d'activité spécifiques à la région de l'Outaouais : l'environnement, l'agroalimentaire et la foresterie. Il est fort probable que la nanotechnologie trouvera sa place autour de ces priorités.

**Région des Laurentides** — Les Laurentides bénéficient de l'expertise de deux centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT), le centre de technologies des systèmes ordonnés et le centre des matériaux composites qui pourraient jouer un rôle dans la diffusion des connaissances nanotechnologiques.

**Région de la Gaspésie et Iles-de-la-Madeleine** — La région de la Gaspésie et Iles-de-la-Madeleine compte trois centres de recherche du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). En plus de leurs propres recherches, ces trois centres mettent à la disposition des entreprises leur expertise en R-D dans les secteurs de la pêche et de l'aquaculture, deux secteurs qui intégreront éventuellement des éléments nanotechnologiques.

**Région du Bas-Saint-Laurent** — Le Bas-Saint-Laurent privilégie le développement de l'aquaculture et des biotechnologies marines. Dans l'axe Rimouski-Mont-Joli au Bas-Saint-Laurent, plus de 400 chercheurs spécialisés en sciences de la mer sont à l'œuvre grâce à la présence de l'Université du Québec à Rimouski, de l'Institut Maurice-Lamontagne de Pêches et Océans Canada, de l'Institut maritime du Québec, du Centre de recherche sur les biotechnologies marines. C'est la plus grande concentration de chercheurs et de ressources spécialisées francophones en sciences maritimes de l'Est du Canada (85 %). Les nanotechnologies font de plus en plus partie des outils dont se servent ces chercheurs pour évaluer la santé des espèces marines, assainir l'environnement maritime, trouver de nouvelles façons d'exploiter la biomasse aquatique.

**Région de l'Abitibi-Témiscamingue** — Inauguré en avril 1993, le Centre d'aide au développement technologique de l'Abitibi-Témiscamingue a pour mission de favoriser la diversification de l'économie régionale. Son mandat est d'encourager le développement de nouveaux produits, de soutenir les projets novateurs à caractère technique, de faciliter l'introduction de nouvelles technologies ainsi que l'émergence et la croissance de nouvelles entreprises de pointe. Une partie de cette innovation passera sans doute par les nanotechnologies.

### De possibles partenariats nationaux

Au Canada, l'Institut national de nanotechnologie apparaît comme un partenaire naturel. Il en va de même pour les composantes du CNRC qui s'intéressent aux nanotechnologies hors Québec tels l'Institut des sciences des microstructures et l'Institut de technologie des produits chimiques et de l'environnement, tous deux basés à Ottawa. L'expertise des universités ontariennes de Toronto, McMaster et Queen's ne saurait non plus être ignorée. En fait, selon l'Alliance canadienne du commerce en nanotechnologie, vingt-cinq universités canadiennes sont actives en nanotechnologies.

# Une activité industrielle en démarrage

Les activités industrielles en nanotechnologie, bien que limitées, connaissent une certaine effervescence. La grande entreprise, quant à elle, n'a pas encore reconnu l'envergure de ce que peuvent lui apporter les nanotechnologies. Les PME dans le domaine des nanotechnologies sont pour la plupart des entreprises en démarrage. Quelques-unes ont essaimé de la grande entreprise, mais la majorité ont été fondées par des chercheurs. Un nombre important de ces entreprises est encore à l'étape de la recherche et du développement. Une dizaine environ a des ventes et un plan d'affaires robuste sur cinq ans. Elles comptent en général une dizaine d'employés dont une moyenne de quatre chercheurs. Le plus souvent, leurs activités s'articulent autour d'un seul produit ou d'une seule application.

Une quarantaine d'entreprises poursuivraient des activités reliées aux nanotechnologies selon les plus récents relevés dont les deux tiers sur le territoire de la CMM (voir Annexes). La majorité de ces dernières sont situées sur l'île de Montréal. Il y en a également quelques-unes sur la Rive Sud et une seule sur la Rive Nord. Leur présence n'a pas encore suscité l'émergence d'outils de capitalisation et de services vraiment particuliers.

Toujours sur le territoire de la CMM, une quinzaine d'entreprises se spécialisent dans la conception de nanomatériaux, des matériaux qui acquièrent de nouvelles propriétés en raison de l'échelle. Une autre douzaine d'entreprises œuvre en nanoélectronique et nanophotonique. La bionanotechnologie et la nanopharmaceutique sont la raison d'être d'une dizaine d'entreprises. Elles s'intéressent tout particulièrement à l'élaboration de médicaments nanostructurés et aux systèmes de largage visant des cibles précises. Enfin, une entreprise intervient dans le domaine de l'autoassemblage et une autre dans celui de l'énergie.

## La pénétration des marchés

Si nous sommes encore loin d'applications génériques transposables dans plusieurs secteurs, en revanche, certaines avancées sectorielles semblent prometteuses. Selon des chiffres publiés par la firme conseil Secor, les nanomatériaux sont le secteur d'application dont la croissance est la plus rapide. On trouve déjà sur le marché des nanopoudres et des nanotissus anti-taches et anti-plis. D'ici à cinq ans, des firmes bien établies et des firmes émergentes auront jeté les bases d'un solide marché et, dans quinze ans, la grande majorité des secteurs industriels devraient être touchés selon les prévisions.

Suivront les nanobiotechnologies. D'ici une dizaine d'années l'emploi des biopuces sera généralisé. Dans quinze ans, ce sera le seul moyen d'effectuer des mesures biologiques.

Enfin, des dispositifs issus de la nanoélectronique, de la nanophotonique et des nanotechnologies d'autoassemblage atteindront les marchés. Bien que certaines entreprises aient déjà effectué une percée intéressante sur les marchés internationaux, il faudra toutefois au moins quinze ans avant que des entreprises, établies ou émergentes, voient leurs efforts de R-D et de commercialisation pleinement couronnés de succès.

# Domaines sectoriels

---



# De nombreuses retombées

Il n'est pas facile de dessiner avec précision les frontières sectorielles des nanotechnologies. La tâche est d'autant plus ardue que celles-ci se situent à la convergence de plusieurs disciplines scientifiques (physique, chimie, biologie, mathématiques, ingénierie, électronique, informatique) et ont des retombées dans de nombreux champs d'activités.

L'influence des nanotechnologies s'annonce considérable. Dans douze ans, quelque deux millions de personnes, réparties dans tous les secteurs industriels, travailleront dans ce domaine à travers le monde. La production industrielle nanotechnologique pourrait alors atteindre plus de mille milliards de dollars américain. La part du Canada sera d'environ 3 à 5 % de ce marché mondial soit de 30 à 50 milliards de dollars américain.

Le Québec peut espérer récolter au moins le tiers de ces retombées, soit 10 à 15 milliards de dollars. L'intégration des nanotechnologies aux activités industrielles du Québec et de Montréal, représente donc un potentiel bien réel qui pourrait dépasser et de loin, celui des biotechnologies.

Les PME joueront un rôle pivot dans le transfert des connaissances nanotechnologiques vers la grande entreprise qui n'a pas la flexibilité voulue pour concevoir des produits en temps réel. Ce seront les PME qui mettront au point des plate-formes technologiques à partir des connaissances fondamentales et assureront l'émergence d'un bassin de compétences. Cependant, contrairement à ce qui s'est passé en biotechnologies où une grande entreprise sectorielle s'associait à un éventail de petites entreprises, les PME nanotechnologiques vont vraisemblablement s'allier à plusieurs grandes entreprises ou consortiums de plusieurs secteurs.

Ce sont donc les PME, dans le cadre d'une stratégie collective, qui permettront, dans un premier temps, aux secteurs forts du tissu industriel québécois et métropolitain de s'approprier les retombées des nanotechnologies. Et ces retombées sont multiformes comme le montre ce bref tour d'horizon tiré en grande partie d'un relevé effectué par la *National Science Foundation* des États-Unis.

**Industries automobile et aéronautique** — matériaux renforcés par des nanoparticules qui sont plus légers, pneus renforcés par des nanoparticules qui durent plus longtemps et qui sont recyclables, peinture extérieure sur laquelle la saleté n'a pas de prise, plastiques ininflammables et peu coûteux, textiles et recouvrements qui se réparent d'eux-mêmes, capteurs, systèmes microélectromécaniques (MEMS), catalyseurs.

**Énergie** — nouveaux types de batteries, photosynthèse artificielle permettant de produire de l'énergie de façon écologique, piles à combustibles, entreposage sécuritaire de l'hydrogène pour utilisation comme combustible propre, économies d'énergie résultant de l'utilisation de matériaux plus légers et de plus petits circuits, revêtements nanostructurés, capteurs, catalyseurs.

**Exploration de l'espace** — véhicules spatiaux plus légers, production et gestion plus efficace de l'énergie, systèmes robotiques très petits et efficaces, ordinateur à faible besoin énergétique résistant aux radiations, MEMS.



**Industries chimiques et des matériaux** — catalyseurs qui augmentent l'efficacité énergétique des usines de transformation chimique et qui augmentent l'efficacité de la combustion des véhicules moteurs (ce qui va diminuer la pollution), outils de coupe extrêmement durs et résistants, fluides magnétiques intelligents pour les lubrifiants et les joints d'étanchéité, capteurs et filtres pour la séparation des molécules.

**Industries pharmaceutiques, des biotechnologies et des soins de santé** — nouveaux médicaments basés sur des nanostructures, systèmes de diffusion des médicaments qui ciblent des endroits précis dans le corps, matériaux de remplacement biocompatibles avec les organes et les fluides humains, kits d'autodiagnostic pouvant être utilisés à domicile, senseurs pour des laboratoires tenant sur une puce, matériaux pour la régénération des os et des tissus, capteurs, criblage protéomique à haute vitesse.

**Secteur manufacturier** — ingénierie de précision pour la production de nouvelles générations de microscopes et d'instruments de mesure, nouveaux processus et nouveaux outils pour manipuler la matière au niveau atomique, nanopoudres incorporées dans des matériaux en vrac avec des propriétés spéciales telles que des senseurs qui détectent les bris imminents et des contrôles en mesure de corriger le problème, autoassemblage de structures à partir de molécules, matériaux inspirés par la biologie, biostructures.

**Environnement** — capteurs, membranes sélectives qui peuvent filtrer les contaminants ou encore le sel de l'eau, pièges nanostructurés pour enlever les polluants des rejets industriels, caractérisation des effets des nanostructures sur l'environnement, réductions importantes dans l'utilisation des matériaux et de l'énergie, réduction des sources de pollution, nouvelles possibilités de recyclage.

**Défense et sécurité** — détecteurs et correcteurs d'agents chimiques et biologiques, circuits électroniques beaucoup plus efficaces, matériaux et recouvrements nanostructurés beaucoup plus résistants, textiles légers et qui se réparent.

**Industries de l'électronique et des communications** — Enregistrement de données avec des médias utilisant les nanocouches et les points quantiques, écrans plats, technologie sans fil, nouveaux appareils et processus dans tout le domaine des technologies de l'information et des communications, vitesses de traitement et capacités d'enregistrement des millions de fois plus rapides et, de plus, moins coûteuses que les méthodes actuelles, dispositifs nanofabriqués.

Les secteurs affichés dans la représentation graphique de la grappe sont ceux qui sont actuellement les plus susceptibles de connaître des développements sur le territoire de la CMM, compte tenu de la base industrielle de la région métropolitaine et de l'orientation des travaux de recherche en cours.

# Facteurs de développement

---



# L'efficacité de la recherche

La mission de NanoQuébec vise la valorisation des connaissances en nanotechnologie et les activités de concertation et de mobilisation pour augmenter l'efficacité de la recherche de base, fondamentale et appliquée. Afin d'approfondir la base de compétences et de renforcer la concertation, NanoQuébec a financé des projets de recherche permettant d'enrichir les connaissances fondamentales en nanotechnologies. Bien que ceux-ci se situent en amont de la phase de valorisation proprement dite, ils contribuent à alimenter l'ensemble du processus.

Les subventions sont allées à des projets associés aux quatre axes identifiés comme étant les plus susceptibles de mener à la commercialisation de produits : nanomatériaux, nanoélectronique et photonique, nanobiotechnologie et nanopharmaceutique, autoassemblage et patrons. Les sommes allouées par NanoQuébec au cours de cette première phase de concertation ont permis l'embauche de 32 chercheurs post-doctoraux et de 23 techniciens professionnels.

## Un équilibre entre innovation et recherche fondamentale

Les efforts de valorisation seront plus soutenus lors des prochaines phases du plan d'affaires à la suite de l'élargissement du mandat de NanoQuébec. En effet, tout en poursuivant ses activités de mobilisation et de concertation du réseau universitaire en nanotechnologie, NanoQuébec veillera à créer les conditions favorisant un certain équilibre entre l'innovation et la recherche fondamentale. Cette nouvelle orientation, fortement souhaitée par le gouvernement du Québec, a pour conséquence de mettre davantage d'accent sur le soutien de l'innovation et de la valorisation afin de faciliter le passage en mode industriel.

De manière plus concrète, le plan d'affaires de NanoQuébec privilégiera les activités ayant trait au soutien des infrastructures de recherche appliquée et à la mise en œuvre de projets de faisabilité impliquant un partenariat université-industrie ainsi qu'au développement et à l'intégration de la base de compétences universitaires.

## Un intérêt croissant pour les nanotechnologies

Signe également de la vigueur de la recherche et de la pertinence des recherches qu'effectuent les chercheurs, les sociétés de valorisation des universités analysent et financent de plus en plus de dossiers ayant une dimension nanotechnologique.

Au niveau national, le programme NanoPic du CRSNG, gère également un budget de subvention. L'organisme a accordé à l'automne 2003 ses premières subventions de 100 000 \$ chacune. Sur neuf récipiendaires, quatre proviennent du Québec et sont basés à Montréal (trois à McGill, un à l'Université de Montréal). Ils œuvrent en nanomatériaux, autoassemblage, modélisation et nanopharmaceutique.

L'Institut de recherche en biotechnologie et l'Institut des matériaux industriels, deux centres relevant du Conseil national de la recherche du Canada, sont aussi appelés à jouer un rôle important auprès des entreprises désireuses de commercialiser des résultats de recherche en nanobiotechnologie et en nanomatériaux.



Pour s'assurer que les avancées en nanotechnologie seront accessibles aux entreprises sur l'ensemble du territoire québécois, NanoQuébec envisage une collaboration étroite avec les cégeps et leurs Centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT), présents dans la majorité des régions du Québec. Les CCTT contribuent aux efforts de valorisation dans une trentaine de secteurs clés de l'économie dont les nanotechnologies. Affiliés aux cégeps et véritable courroie de transmission de la recherche appliquée, les CCTT favorisent le transfert des connaissances fondamentales acquises par le milieu de la recherche vers le personnel enseignant et les étudiants du réseau collégial ainsi qu'en direction des PME établies en région.

## Une formation en devenir

Lentement mais sûrement, les premiers maillons de la chaîne de développement se mettent en place. L'essor des nanotechnologies se traduira par des besoins de main-d'œuvre spécialisée. Certaines études calculent que la seule région de Montréal pourrait éventuellement rechercher chaque année plusieurs centaines de personnes qualifiées pour œuvrer en nanotechnologie. Ce qui est certain, c'est que la demande pour une main-d'œuvre multidisciplinaire se fait de plus en plus pressante.

Il ne faudrait pas répéter l'erreur commise dans le dossier des biotechnologies où les milieux de la formation n'ont pas été en mesure de fournir assez rapidement dans les premières années le bassin de main-d'œuvre qualifiée dont avaient besoin les entreprises, privant la métropole de retombées importantes. Et tant mieux si l'on forme plus de personnes que nécessaires : les surplus serviront à attirer des entreprises étrangères, une main-d'œuvre bien formée constituant un avantage concurrentiel certain.

### Une évaluation immédiate des besoins

C'est donc dès maintenant que les cégeps et les universités doivent réfléchir ensemble à ce qu'il est possible de faire dans l'ensemble du réseau collégial et universitaire. Elles doivent également engager un dialogue continu avec les milieux industriels susceptibles d'intégrer les nanotechnologies afin de mettre en place dans les plus brefs délais une formation qui réponde à leurs besoins.

Une initiative de la Table métropolitaine de l'emploi et du réseau des collèges du Montréal métropolitain a permis la mise en place de programmes collégiaux afin de former des techniciens spécialisés. Le collège André-Laurendeau décerne à compter d'octobre 2004 une Attestation d'études collégiales (AEC) en Fabrication et caractérisation de nanomatériaux. En février 2005, le collège Ahuntsic offrira aussi une AEC mais en nanobiotechnologies cette fois. D'autres collèges leur emboîteront vraisemblablement le pas.

Au niveau universitaire, les étudiants se familiarisent avec les nanotechnologies dans quelques disciplines scientifiques ou spécialités du génie. Le milieu se questionne sur la meilleure façon d'offrir un enseignement plus structuré. Étant donné le caractère transversal des connaissances et des applications, doit-on opter pour un programme en nanosciences ou, au contraire, pour une formation intensive complémentaire à une solide formation de base en sciences ou en génie ? La réflexion se poursuit.



### Des possibilités immédiates d'emploi

Pendant ce temps, les nanotechnologies entrent dans les laboratoires et dans les entreprises. Bien que le marché du travail soit encore peu défini, il existe néanmoins des possibilités d'emploi. Quelque 200 à 300 personnes exécutent présentement des tâches reliées aux nanotechnologies et leur nombre ira croissant. Les entreprises recrutent des diplômés ayant une solide formation de base en physique ou en chimie/biochimie qu'elles forment ensuite à l'interne. La formation continue pourrait aussi être mise à contribution pour combler d'autres besoins à court terme.

Une chose toutefois paraît évidente : la formation offerte aux différents niveaux devra être en partie interdisciplinaire et produire une main-d'œuvre polyvalente, capable de s'adapter à une multitude de secteurs industriels.

## Un capital principalement public

La R-D est actuellement le moteur du développement des nanotechnologies qui dès lors dépendent largement des organismes subventionnaires des deux paliers de gouvernement.

**Des coupures de budget** — Les trois grands fonds de recherche québécois — le Fonds de recherche en santé du Québec (FRSQ), le Fonds québécois de recherche sur la nature et les technologies (FQRNT) et le Fonds de recherche sur la société et la culture (FRSC) — ont vu la possibilité que leurs budgets soient diminués dans le plus récent budget provincial. Si les budgets ont été protégés pour l'exercice 2004-2005, d'autres coupures restent encore possibles.

L'impact de ces possibles compressions est amplifié étant donné l'effet de levier des subventions. Ainsi, les 13 millions de dollars investis en 2003 par les trois Fonds dans des actions concertées ont permis à leurs partenaires d'injecter 49 millions de dollars, pour un total de 62 millions de dollars. De plus, les investissements des fonds dans les programmes d'infrastructures de recherche tels que « Équipes, Centre réseaux et Regroupements stratégiques » ont un effet de levier d'environ 1 \$ pour 7 \$ de contrats et subventions obtenus d'autres sources.

**Des crédits d'impôt réduits** — Le gouvernement québécois a aussi coupé dans les crédits d'impôt à la R-D et dans certains programmes, semant l'inquiétude chez les chercheurs et chez les gestionnaires d'entreprises technologiques. Ce recul pourrait affecter particulièrement les entreprises en démarrage puisque c'est principalement le gouvernement du Québec qui les soutient, les programmes fédéraux intervenant plus tard.

**Des mesures favorables** — En contrepartie, des mesures, favorables, ont été adoptées comme le programme d'appui stratégique à l'investissement (PASI), le Fonds de soutien au développement de créneaux d'excellence, le Fonds d'intervention régionale, la bonification dans certaines régions du crédit d'impôt sur les salaires versés pour de nouveaux emplois et les stages en milieu de travail, la déductibilité de la moitié des dépenses des projets réalisés en collaboration avec un CCTT.



L'industrie du capital-risque est en pleine restructuration. L'objectif est de faire une place plus grande au capital privé. Le gouvernement a prévu des mesures incitatives qui devraient être annoncées dans les prochains mois. Jusqu'ici, les sociétés de capital-risque québécoises ont contribué au financement d'une dizaine d'entreprises de nanotechnologies. Les financiers manifestent néanmoins un intérêt pour ce nouveau créneau puisque plusieurs des sociétés de capital-risque actives à Montréal sont membres de l'Alliance canadienne du commerce en nanotechnologies.

### **Élargir l'accès au capital**

Les chercheurs et les entreprises qui ont pour mission de porter jusqu'au marché les résultats de leur recherche ont besoin d'un soutien financier continu. Il faut préparer l'avenir aussi, former la main-d'œuvre nécessaire à la naissance d'une industrie dynamique et mettre en place les infrastructures pour aider à son démarrage.

La communauté d'affaires au complet — les financiers, les gestionnaires et les industriels de tous les secteurs — doit se mobiliser et engager un dialogue constructif avec les milieux de la recherche et de l'enseignement. L'objectif est de trouver des façons d'élargir l'accès au capital, d'assurer la sortie des laboratoires des découvertes commercialisables, de susciter des partenariats et de positionner le Québec sur le terrain des nanotechnologies.

## Les infrastructures d'accueil

Les entreprises en démarrage dérivées de la recherche sont souvent hébergées en tout début de vie par les institutions où travaillent les chercheurs. De leur côté, l'IRB et l'IMI mettent à la disposition des entreprises des locaux et des laboratoires où elles peuvent valider et mettre à l'échelle les produits et technologies qu'elles souhaitent commercialiser. L'IMI vient de créer avec la collaboration du réseau Valotech un Carrefour d'innovation en matériaux industriels. Une quinzaine d'entreprises y ont emménagé dont certaines développent ou développeront des nanomatériaux.

Le 17 mai 2003, on inaugurerait le Pavillon J.A. Bombardier, construit conjointement par l'Université de Montréal et l'École Polytechnique. Les compétences en nanotechnologies des deux institutions y seront concentrées. Un étage de cet édifice à la fine pointe de la technologie servira d'incubateur à des entreprises.

Les entreprises nanotechnologiques peuvent aussi se diriger vers d'autres installations en fonction de leur principal secteur d'activité. Ainsi, le Centre de développement des biotechnologies de Laval attirera sans doute des firmes nanobiotechnologiques ou nanopharmaceutiques. La Société de développement Angus pourrait aussi leur louer des espaces dans l'édifice dédié aux biotechnologies qu'elle vient tout juste de construire sur le site du Technopôle Angus. À Saint-Hyacinthe, le Centre de recherche et de développement des aliments (CRDA) accueille des entreprises dans ses usines pilotes. Enfin, les entreprises de la région de Québec peuvent s'adresser à Ag-Bio Centre un incubateur situé à Lévis.

# Une grappe en pleine structuration

Les organismes subventionnaires financent la recherche en nanosciences et en nanotechnologies en encourageant les regroupements stratégiques de chercheurs et d'institutions. Déjà de nombreux réseaux sont en place et dessinent les ramifications d'une éventuelle grappe. Il reste toutefois encore du chemin à parcourir avant de mettre en place une véritable approche globale et d'instaurer une réelle interdisciplinarité.

## Le rôle central de NanoQuébec

NanoQuébec, un organisme à but non lucratif financé conjointement par les gouvernements du Québec (le ministère du Développement économique et régional et de la Recherche, le ministère des Affaires municipales, du sport et des loisirs et Valorisation-Recherche Québec) et du Canada (Développement Économique Canada), est appelé à jouer un rôle majeur dans l'effort de structuration et de planification en matière de nanotechnologies.

NanoQuébec a pour mission non seulement de réseauter le milieu universitaire mais aussi de valoriser et de favoriser le développement concerté des applications issues des nanotechnologies. Cet élargissement de sa mission reflète la volonté du gouvernement et du milieu de stimuler les partenariats entre l'industrie et l'université. La composition du conseil d'administration traduit cette volonté puisqu'il réunit une majorité de hauts dirigeants de la grande et de la petite entreprise et des représentants du monde universitaire, de la finance et du gouvernement,

L'un des objectifs prioritaires découlant du mandat de NanoQuébec pour l'année 2004-2005 est l'élaboration d'un plan d'action québécois de développement des nanotechnologies impliquant les acteurs universitaires, institutionnels, gouvernementaux et industriels. La concertation est donc au centre de la démarche.

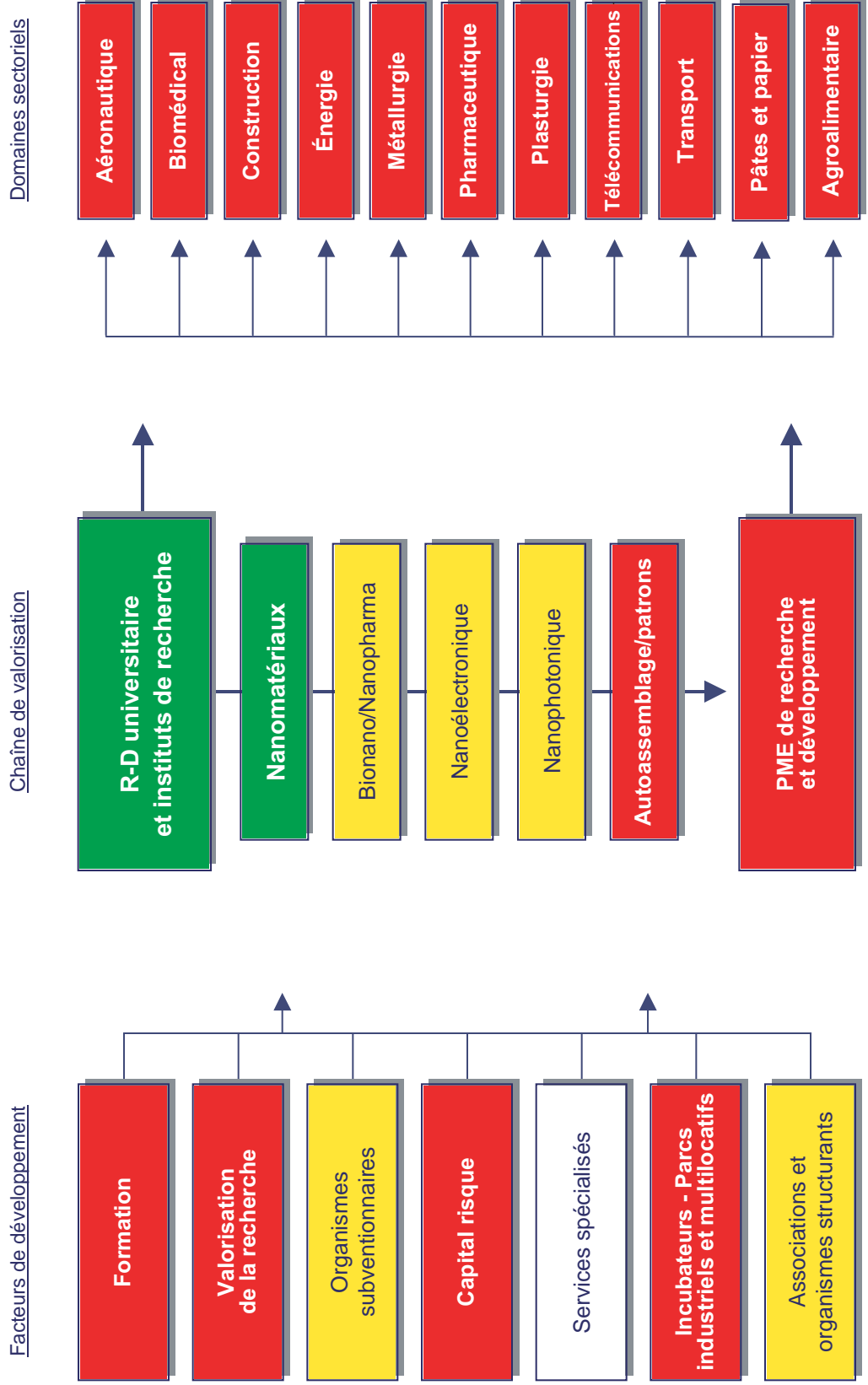
Des tables sectorielles associées aux principales industries existantes permettront d'alimenter les réflexions en vue de la planification de la recherche universitaire en nanotechnologies et de la mise en place de projets de recherches réalisés en collaboration par la communauté de la recherche et les acteurs industriels. Des tables régionales devraient également voir le jour.

Ces tables seront animées conjointement par NanoQuébec et l'instance industrielle ou régionale de concertation pertinente. Huit de ces tables ont déjà été identifiées :

- 1) Énergie — électricité et gaz, 2) Matériaux, 3) Pâtes et papiers, 4) Télécommunications, incluant la micro-électronique et la photonique, 5) Transport avec ou non une table distincte pour l'aéronautique, 6) Sciences de la vie où il y aura possiblement plus d'une table — santé, et/ou biotech-pharma, agro-alimentaire, 7) Finance — capital-risque ; 8) Une table régionale pour le territoire de la CMM.

La mise en place et l'animation de ces tables se feront en concertation avec les réseaux existants comme, par exemple, PROMPT-Québec (Partenariat de recherche orientée en microélectronique, photonique et télécommunications), PAPRICAN pour le secteur des pâtes et papiers et possiblement le CRIAQ (Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec).





# L'ouverture sur le monde

---



# Des collaborations internationales

Le Québec bénéficie déjà de plusieurs ententes internationales et les collaborations internationales sont appelées à se multiplier. Dans le cadre du corridor Québec-New York, NanoQuébec et Albany NanoTech ont signé une entente de coopération visant à maximiser les efforts de développement scientifique et industriel des nanotechnologies. Outre cette dernière, les universités québécoises entretiennent aussi des liens avec plusieurs centres de New York incluant l'Institut Polytechnique de Rensselaer de Troy, les universités Columbia et Cornell, et le centre de recherche d'IBM à Yorktown Heights. Des liens entre le Québec et la France sont également en développement, particulièrement avec les centres de Lyon, de Grenoble et de la région Île-de-France.

Outre ces exemples de collaborations déjà existantes, il y a plusieurs autres pôles d'excellence avec qui des partenariats sont envisageables en Amérique du Nord, en particulier en Californie, (la Silicon Valley, Berkeley), au Texas, qui a su utiliser ses quatre instituts de nanotechnologie de pair avec sa base industrielle technologique pour se mériter une notoriété, au Massachusetts, qui accueille des universités prestigieuses comme Harvard et le Massachusetts Institute of Technology (MIT).

## Les pôles d'excellence en Europe

En Europe, en troisième position derrière les États-Unis et le Japon en terme d'investissements en nanotechnologie, au moins six pays ont mis en place une politique significative et/ou des pôles d'excellence :

- L'Allemagne qui met l'accent sur la valorisation industrielle que garantit l'existence du réseau Fraunhofer ;
- La Suisse qui dispose d'infrastructures importantes, notamment de nombreuses salles « blanches » ;
- Le Royaume-Uni, certainement l'un des premiers pays à avoir compris l'intérêt des nanotechnologies et à avoir lancé des programmes spécifiques dans ce domaine dès les années 1980 ;
- Les Pays-Bas, qui pour appuyer leur volonté d'être un acteur significatif dans le domaine des nanotechnologies, ont constitué le réseau Nanoned qui regroupe l'essentiel de l'expertise néerlandaise ;
- La Belgique, qui a démarré des activités en nanotechnologies autour de l'IMEC (Interuniversity MicroElectronics Center) à Louvain ;
- La France, avec laquelle NanoQuébec est déjà en relation étroite (Grenoble et Île-de-France).

D'autres pays européens, tels l'Espagne et la Suède, ont aussi développé des réseaux de recherche en nanotechnologies.

En Asie, le Japon figure parmi les tous premiers joueurs en nanotechnologies, du moins sous l'angle des investissements publics totaux, lesquels sont surtout dirigés vers les matériaux et la chimie fine pour utilisation dans les secteurs de l'automobile et de la cosmétologie.

Enfin, certains pays, qui investissent davantage que le Canada, tels Israël, Taiwan, la Corée du Sud, l'Australie ou encore la Chine devront faire l'objet d'une attention particulière au cours des prochaines années. Qui sait, peut-être seront-ils de prochains partenaires de NanoQuébec.



*Les perceptions*



# Les voies d'avenir

---



# Des assises pour construire

Une filière nanotechnologique est en train de prendre forme au Québec. Le gros de l'activité se déroule dans les laboratoires des universités et des centres de recherche. À lui seul, le réseau NanoQuébec rejoint quelque 150 chercheurs. Le tissu industriel, bien qu'en croissance constante, est encore mince. Une quarantaine d'entreprises ont été répertoriées dont une trentaine dans la grande région métropolitaine de Montréal.

Quel est l'état d'avancement de cette filière ? Quelles sont les principales préoccupations des différents joueurs ? Quelles sont les pistes d'action qui se dessinent ? Une enquête sommaire menée auprès des entrepreneurs et des chercheurs a apporté une première réponse à ces questions tout en précisant les contours de ce secteur en émergence.

## Prévoir des stratégies différenciées

Bien que leur croissance soit encore mal assurée, les entreprises nanotechnologiques québécoises manifestent un dynamisme certain. Collectivement, elles détiennent un actif technologique qui a une valeur bien réelle. Préserver cet actif devient dès lors une priorité absolue. La stratégie pour atteindre cet objectif doit être adaptée aux différents groupes d'entreprises qui se divisent en quatre catégories.

**Développer des applications** — Il y a d'abord les entreprises que l'on peut qualifier de robustes qui réalisent suffisamment de ventes pour se doter d'un plan d'affaires crédible sur trois ou cinq ans. Elles sont environ une dizaine. Ces entreprises ont mis au point des technologies génériques pour lesquelles peu d'applications ont été développées jusqu'à maintenant. Une majorité d'entre elles réalisent le gros de leurs ventes à l'extérieur du Québec et du Canada et ne sont pas enracinées dans le marché local.

**Faciliter la collaboration** — On compte ensuite une quinzaine d'entreprises dites émergentes qui développent leurs premières applications commerciales. Certaines approchent de la robustesse qui caractérise le premier groupe. Des signes de vulnérabilité rendent toutefois leur avenir encore incertain. Dans ce cas de ces entreprises en émergence et de celles qui développent une plate-forme technologique, il semble important d'accélérer leur développement en facilitant les collaborations avec le milieu de la recherche.

**Mettre en place des infrastructures de haut niveau** — Un troisième groupe comporte des entreprises qui offrent une plate-forme technologique. Quelques-unes sont bien en selle tandis que d'autres sont plus fragiles. Leur capacité de financement et de commercialisation est plus ou moins limitée pour le moment. Dans ce cas de ces entreprises qui développent une plate-forme technologique, il est important de mettre à leur disposition des infrastructures scientifiques et d'affaires de haut niveau.

**Structurer l'offre de capitaux** — Le dernier groupe est composé d'entreprises qui n'existent encore qu'à l'état conceptuel. Elles sont encore étroitement liées aux chercheurs qui les ont fondées et aux sociétés de valorisation mises en place pour faciliter le transfert à l'industrie des résultats de la recherche universitaire. Ces entreprises conceptuelles dépendent du capital de risque pour leur survie. Les efforts doivent donc porter sur une meilleure structuration de l'offre de capitaux et l'adoption d'une approche stratégique de financement global adaptée aux nanotechnologies.



Une analyse plus poussée permettrait sans doute de déceler d'autres points sensibles sur lesquels il serait également souhaitable d'agir.

### **Maintenir le soutien aux infrastructures**

De récents entretiens avec les chercheurs clés du réseau NanoQuébec ont corroboré les grandes conclusions d'un sondage réalisé il y a plus de deux ans. L'un des points relevés par ce sondage concernait la priorité de pérennité du programme de NanoQuébec de soutien aux infrastructures. Sans ce programme, les investissements de centaines de millions de dollars déjà consentis ne s'avèreraient pas aussi rentables et l'accès des entreprises serait beaucoup plus difficile.

### **Améliorer les programmes de recherche**

Les chercheurs reconnaissent que certains éléments des programmes de recherche déjà en place au Québec doivent être améliorés. Il convient d'une part d'explorer les possibilités offertes par des modèles plus inclusifs de modélisation/simulation qui portent sur le système dans son ensemble et d'accorder davantage d'efforts et de ressources à l'importante étape de mise à l'échelle d'une technologie.

Il serait d'autre part souhaitable de mettre sur pied un programme concerté de recherche en complément des efforts actuels de concertation. Ce concept de programme intégré, auquel tous les acteurs ont signifié leur accord, soulève par ailleurs des questions de régime de gouvernance. Enfin, il convient d'établir des liens avec les équipes de recherche œuvrant dans les hôpitaux universitaires et autres institutions de santé afin que les chercheurs aient une meilleure compréhension des problématiques médicales auxquelles la nanotechnologie pourrait apporter une réponse.

### **Bâtir la dynamique relationnelle**

La mise en place réussie des mesures susceptibles de répondre aux désirs et besoins des entrepreneurs et des chercheurs repose en grande partie sur la concertation, la collaboration et le maillage entre les différents acteurs sur le terrain. À cet égard, bien qu'un bout de chemin ait déjà été fait, une partie reste encore à parcourir.

Ce maillage doit se traduire par la création de réseaux, au sein desquels entrepreneurs et chercheurs se rencontreront, échangeront et travailleront ensemble au développement de la filière technologique et à l'exploration des marchés. Les acteurs ont exprimé leur volonté d'évoluer en ce sens et de conclure des partenariats de recherche à la condition que des ententes bien établies les encadrent et préviennent la monopolisation des chercheurs par un même partenaire.

Les dirigeants d'entreprises nanotechnologiques se connaissent finalement peu entre eux. La plupart ne connaissent pas davantage les entreprises québécoises et canadiennes susceptibles d'utiliser leurs produits ou leurs plate-formes technologiques. Des efforts doivent donc être consentis en ce qui concerne la cueillette et la circulation de l'information sur les activités en cours dans le domaine des nanotechnologies et sur les marchés potentiels.

### **Assurer la cohésion de l'ensemble des acteurs**

De par sa neutralité, NanoQuébec est appelé à jouer un rôle de catalyseur dans le développement de cette filière technologique émergente. Les différents paliers de gouvernement sont pour leur part invités à travailler ensemble, de concert avec la communauté de la recherche et les milieux d'affaires.

Les citoyens doivent être tenus informés du chantier nanotechnologique qui s'ouvre au Québec. Les interrogations légitimes des citoyens à l'égard des risques que pourraient poser les nanotechnologies et de leurs impacts sur la société québécoise doivent être considérées sérieusement. Un traitement négligent de ces questions pourrait entraîner, à l'instar des OGM, le rejet des nanotechnologies. Il convient donc d'amorcer dans les plus brefs délais une démarche d'évaluation crédible afin d'apporter une réponse aux préoccupations des citoyens et de mettre en place un cadre réglementaire adéquat.

## De grands espoirs

Le Québec a fait énormément de progrès quant à son positionnement en nanotechnologie au point de devenir le chef de file au Canada. Il reste néanmoins beaucoup à faire avant qu'il ne soit vraiment reconnu comme un acteur de pointe ailleurs dans le monde.

La grappe des nanotechnologies de la Communauté métropolitaine de Montréal se résume pour l'instant à la présence de plusieurs équipes solides de recherche dans les différentes universités. Le niveau de concertation entre ces équipes et les liens fonctionnels existants avec d'autres compétences ailleurs au Québec, en particulier à Sherbrooke et à Québec, augmentent considérablement la valeur des efforts consentis.

Les programmes de recherche universitaires explorent de nombreuses avenues. Elles ne sont pas toutes intéressantes d'un point de vue strictement économique. Elles ne s'inscrivent pas toutes non plus au cœur d'une approche cohérente en vue d'établir la base de connaissances nécessaires à la réalisation d'un programme intégré et performant. Sur le plan stratégique, il y a également un équilibre à maintenir entre le nombre de domaines que l'on ouvre à l'exploration et la profondeur que l'on souhaite atteindre dans certains créneaux.

### **Progresser vers la commercialisation**

L'industrie québécoise ne compte encore qu'un petit noyau d'entreprises qui focalisent leurs efforts sur les nanotechnologies. Les entreprises sont souvent très jeunes et leurs activités pointent dans plusieurs directions. La volonté, déjà bien arrêtée, de commercialiser les résultats de la recherche effectuée dans les universités et les centres de recherche, mènera à la création de nouvelles entreprises.

Comme ce fut le cas pour les biotechnologies, ces entreprises amorceront la longue marche vers la commercialisation de nombreux produits issus des nanotechnologies. Elles offriront leurs technologies ou leurs produits à différents manufacturiers de plusieurs secteurs industriels qui se mettront progres-



sivement à l'heure nanotechnologique. À plus ou moins longue échéance, la grande entreprise intégrera les nanotechnologies à ses activités. Et pour y arriver d'une manière compétitive elle devra développer les liens avec des entreprises en émergence sous forme de co-entreprises ou d'alliances stratégiques.

Sur le territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal, l'expansion des nanotechnologies suivra les principales forces de la trame du tissu industriel qui peut compter sur la présence de trois grappes industrielles de haute technologie performantes et encore en croissance : les sciences de la vie (biopharmaceutique), l'aérospatiale et les technologies de l'information et des télécommunications. Il est rare qu'une même région réunisse autant de filières stratégiques de niveau mondial. La situation sera similaire sur l'ensemble du territoire québécois où plusieurs des secteurs industriels forts vont être touchés de façon importante par la nanotechnologie – principalement l'agro-alimentaire, les pâtes et les papiers et les industries basées sur l'énergie.

### **Créer un pôle technologique d'excellence**

Les principaux facteurs qui se conjuguent pour donner naissance à un pôle technologique sont l'excellence en recherche universitaire et la présence d'une masse critique de chercheurs, des installations de classe mondiale qui peuvent regrouper des chercheurs de plusieurs disciplines et favoriser la recherche et la formation multidisciplinaire, ainsi que le soutien financier de l'État. La participation de l'industrie et les partenariats entre les universités-industries-gouvernements seront importants mais il faudra qu'ils soient axés sur des domaines de recherche alignés sur les besoins et les capacités du milieu industriel local. Pour s'assurer qu'un tel pôle devienne un centre de taille mondiale, il faut aussi créer des lieux de concertation et des organismes de promotion à l'échelle nationale et internationale.

Plusieurs de ces ingrédients sont, en grande partie réunis au Québec, et notamment dans la région métropolitaine de Montréal. Il reste à ajouter le catalyseur afin que la chimie opère plus efficacement et plus rapidement. Dès lors, la grande région métropolitaine de Montréal pourra revendiquer une place au sein du club des pôles d'excellence en nanotechnologies qui aura la capacité de supporter une évolution en nanotechnologie complémentaire sur tout le territoire du Québec.

# Annexes

---



## Les entreprises de nanotechnologies

<i>Montréal</i>		<i>Sous-secteur</i>
ADS (American Dye Source)	Baie d'Urfé	Nanomatériaux
Adtek/PPM Photomask	Montréal	Nanoélectronique
Angiogène	Montréal	Bionanotechnologies
Atomix Research Institute	Montréal	
Bioartificiel Gel Technologies	Montréal	Bionanotechnologies
Byosyntech	Laval	
Canadian Electronic Powders Corp.	Saint-Laurent	
Carbopur	Montréal	
Cerestech	Montréal	Nanomatériaux
CNT Plasma	Montréal (UQAM)	Nanotubes de carbone
Dalsa Semiconducteur	Bromont	
Énergie Gradek	Montréal	Énergie
Fermag	Montréal	Nanomatériaux
Formmat Technologies	Montréal	Nanomatériaux
Hayka Membranes	Montréal	
IatroQuest	Verdun	Nanomatériaux
Infolytica	Montréal	Nanoélectronique
K & H	Montréal	Nanoélectronique
LPM Technologies	Saint-Nicolas	
Lumenon	St-Laurent	Nanophotonique
Microbridge	Montréal	Nanoélectronique
MPB Technologies	St-Laurent	Nanoélectronique
MDS Pharma Services	St-Laurent	Nanopharmaceutique
Nanometrix	Montréal	Autoassemblage
Nexia	Sainte-Anne-de-Bellevue	Bionanotechnologies
Nova-Plasma	Outremont	Nanoélectronique
Pyrogenesis	Montréal	Nanomatériaux (plasma)
Silk Displays Inc	Saint-Laurent	
Simpler Networks	Montréal	Nanoélectronique
Skyepharma	Verdun	Bionanotechnologies
Supratek Pharma	Montréal	Nanopharmaceutique
Technologies Novimage	Montréal	Nanophotonique
<i>Rive Nord</i>		
Sinlab	Boisbriand	Nanomatériaux
<i>Rive Sud</i>		
Axis Photonique	Varennes	Nanophotonique
BioMatera	Boucherville	Nanomatériaux
Groupe Minutia	Boucherville	Nanomatériaux
Hera Hydrogen Storage Systems	Longueuil	Nanomatériaux
Organic Vision	Brossard	Nanoélectronique
Pharma Laser	Boucherville	Nanophotonique
Plasma Ionique	Varennes	Bionanotechnologies



*Hors de la métropole*


---

BioMatera Inc	Jonquière
Fiso Technologies	Québec
IatroQuest	Ile-des-Sœurs
Infectio Diagnostic	Sainte-Foy
MF2 Design	Trois-Rivières
NanoMed Inc	St-Jean-sur-Richelieu
Nanox	Québec
Fiso Technologies	Québec
Quantiscript	Sherbrooke
St-Jean Photochime	St-Jean-sur-Richelieu
SiliCycle Inc	Québec
Technologies CYAD	Ste-Foy
Tekna Plasma Systèmes	Sherbrooke
Transmaterria	St-Augustin-de-Desmaures

## Les unités de recherche universitaires sur le territoire de la CMM

Note : plusieurs de ces unités sont multidisciplinaires et interuniversitaires. Elles sont ici rattachées à l'institution qui agit comme tête du réseau.

### École Polytechnique

Chaire de recherche du Canada en physique de la matière condensée.

Chaire de recherche industrielle CRSNG en plasmas basse pression.

Centre de caractérisation microscopique des matériaux.

Centre de recherche sur les nanothérapeutiques

Groupe de recherche en biomécanique et biomatériaux (GRBB)

Laboratoire de nanorobotique.

Laboratoire de recherche en biomatériaux.

Laboratoire pour l'analyse des surfaces et des matériaux.

### Université de Montréal

Chaire de recherche du Canada en biomatériaux polymériques.

Chaire de recherche du Canada en libération contrôlée des médicaments.

Chaire de recherche du Canada en matériaux supramoléculaires.

Chaire de recherche du Canada sur les nanostructures et interfaces conductrices d'électricité.

Groupe d'études des protéines membranaires.

Regroupement québécois sur les matériaux de pointe.

Réseau québécois de recherche en synthèse organique.

**École Polytechnique et Université de Montréal**

Groupe de recherche en physique et technologie des couches minces.  
Institut de génie biomédical.

**Université McGill**

Chaire de recherche du Canada en nanomécanique expérimentale.  
Chaire de recherche du Canada sur les matériaux composites avancés.  
Institut des matériaux avancés et le centre Outils pour la Nanoscience.  
Artificial Cells and Organs Research Centre.  
Centre de biorecognition et de biocapteurs (CBB).  
Centre de recherche en physique des matériaux.  
Centre de recherche en technologie des plasmas  
Centre de recherche pour les structures auto-assemblées et auto-ordonnées.  
Biomaterials Research Group.  
Electronic Devices and Materials Research Group.  
Microelectronics and Computer System Laboratory.  
Nano Science and Scanning Probe Microscopy (SPM) Group.  
Nano Engineering Research Group.  
Photonic System Group.  
Polymer McGill

**Université du Québec à Montréal**

Chaire de recherche du Canada en chimie thérapeutique

**École de technologie supérieure**

Laboratoire sur les alliages à mémoire et les systèmes intelligents (LAMSI).

**INRS – Énergie, matériaux et télécommunications**

Chaire de recherche du Canada en plasmas appliqués aux technologies de micro et de nanofabrication pour le développement de composants radiofréquences (RF) et photoniques.  
Chaire de recherche du Canada en photonique ultra-rapide appliquée aux matériaux et aux systèmes.  
Plasma-Québec -- réseau thématique en sciences et applications avancées des plasmas.

**Université Concordia**

Centre des composites  
Concordia Centre for Advanced Vehicle Engineering  
Wireless and Satellite Communications Lab



## Les unités de recherche universitaires hors métropole

### Université Laval

Chaire de recherche du Canada en physique des polymères et des nanomatériaux  
Chaire de recherche du Canada en protéomique  
Chaire industrielle sur les nanomatériaux  
Centre de recherche en sciences et en ingénierie des macromolécules  
Centre de recherche sur les propriétés des interfaces et la catalyse  
Centre de recherche sur la fonction, la structure et l'ingénierie des protéines  
Centre d'optique, photonique et laser  
Centre international de recherche et de formation en neurophotonique  
Institut canadien pour les innovations en photonique (centre d'excellence)

### Université de Sherbrooke

Institut des matériaux et systèmes intelligents (IMSI)  
Chaire de recherche du Canada matériaux quantiques  
Chaire de recherche du Canada en microsystèmes énergétiques  
Chaire de recherche du Canada en nanopharmacologie et microscopie à force atomique  
Chaire de recherche du Canada en semiconducteurs quantiques  
Centre de recherche sur la nanofabrication et la nanocaractérisation  
Chaire de recherche en biophotonique et analyse des signaux  
Centre de recherche en énergie, plasma et électrochimie

### Université du Québec à Chicoutimi

Centre universitaire de recherche sur l'aluminium (ce centre regroupe six unités de recherche)  
Centre québécois de recherche et de développement de l'aluminium

### Université du Québec à Trois-Rivières

Institut de recherche sur l'hydrogène  
Centre de recherche en pâtes et papiers

### Université du Québec à Rimouski

Institut des sciences de la mer  
Centre de recherche sur les biotechnologies marines

### Université du Québec en Outaouais

Chaire de recherche du Canada en photonique  
Laboratoire des systèmes spatiaux intelligents



## Sources d'information

**Études et analyses**

*Complètement Nano*, Brousseau François, L'Actualité, 2002

*Les Nanotechnologies : de la manipulation des atomes aux matériaux et aux machines nanostructurés, Présentation au colloque Sciences et technologies : des visées d'avenir*, Chaker, Mohamed, Conseil de la science et de la technologie du Québec, 2000

*Attention : danger d'écophagie*, Chartier, Philippe, Québec Science, 2004

*Les Nanotechnologies : la maîtrise de l'infiniment petit*, Conseil de la science et de la technologie, Avis au gouvernement du Québec, 2001

*Nanobiotechnologie : Un présent débordant de promesses*, Conseil québécois de valorisation des biotechnologies, Collection BioTendance, vol. 1 n° 1, 2003

*The Year in Science*, Discover, 2004

*Ce que les nanotechnologies changeront dans notre quotidien*, Dubé Catherine, Nanoboom, Québec Science, 2002

*Compte-rendu de l'atelier sur les nanotechnologies*, Fondation canadienne pour l'innovation, 2001.

*Recherche publique et innovation : Produit national du Québec*, Fonds de la recherche en santé du Québec, Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies, Fonds québécois de la recherche sur la société et la culture, Fragile, 2003

*Regroupements stratégiques, Fiches descriptives*, Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies, 2003

*Créer de nouveaux matériaux atome par atome*, Lafleur Claude, Le Devoir, 12 avril 2003

*Cahier spécial Innovation*, La Tribune, Sherbrooke 2003

*It's a Nano World*, McDonagh, Patrick, dans McGill News, Winter 2003-2004

*Poudrage nanométrique*, Papineau, Jean-Marc, Plan, mars 2003.

*Science friction*, Papineau, Jean-Marc, Plan, janvier-février 2004.

*Spécial Nanosciences*, Pour la science, n° 290, décembre 2001.

*Portrait des activités de nanotechnologie au Québec*, Samson, Bélair, Deloitte & Touche en collaboration avec Nano-Québec, 2003

*Table métropolitaine pour l'emploi*, Secor, Projet Nanotechnologies (version préliminaire), novembre 2002

*Big battle over tiny thing*, Shulgan Christopher, The Globe and Mail, 1<sup>er</sup> mars 2003

*Nanopharmacologie : Le collagène sous la loupe nanoscopique*, Vallée Pierre, Le Devoir, 12 avril 2003

*L'innovation en nanotechnologie au Québec, Présentation aux 16<sup>e</sup> entretiens Jacques-Cartier*, Willis, Clive, janvier 2004

*Une infrastructure en nanotechnologie pour la région de Montréal*, Willis Clive assisté de Johanne Émond, Montréal Technovision et Emploi Québec, 2002

*2002-2020 : la vie technologique*, Hors série, *Courrier international*

**Sites internet**

Agence Science Presse — [www.sciencepresse.qc.ca](http://www.sciencepresse.qc.ca)  
 Canadian Nanobusiness Alliance — [www.nanobusiness.ca](http://www.nanobusiness.ca)  
 Centre d'étude sur l'emploi et la technologie — [www.cetech.gouv.qc.ca](http://www.cetech.gouv.qc.ca)  
 Chaires de recherche du Canada — [www.chairs.gc.ca](http://www.chairs.gc.ca)  
 Conseil national de recherches du Canada — [www.nrc-cnrc.gc.ca](http://www.nrc-cnrc.gc.ca) (et renvois aux institutions du réseau)  
 Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie. — [www.nserc.ca](http://www.nserc.ca)  
 Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies — [www.fqrnt.gouv.qc.ca](http://www.fqrnt.gouv.qc.ca)  
 Nanoelectronicsplanet.com  
 Nanometrix — [www.nanometrixinc.com](http://www.nanometrixinc.com)  
 NanoPic — [www.physics.mcgill.ca](http://www.physics.mcgill.ca)  
 NanoQuébec — [www.nanoquebec.ca](http://www.nanoquebec.ca)  
 Nanotechnologies.qc.ca  
 Nanotechnology Now — [www.nanotech-now.com](http://www.nanotech-now.com)  
 NanoXchange.com  
 Radio-Canada, émissions Découverte et Les années lumière — [www.radio-Canada.ca](http://www.radio-Canada.ca)  
 Réseau Plasma Québec — [www.plasmaquebec.ca](http://www.plasmaquebec.ca)  
 Strategis.ic.gc.ca  
 Sites des universités et des centres de recherche  
 Sites des associations et organismes mentionnés dans le texte

**Soutien technique des ministères concernés**

Alain Planckaert, ministère du Développement économique et régional et de la recherche (MDERR)  
 Martin Roberge, ministère du Développement économique et régional et de la recherche (MDERR)  
 Alboury Ndiaye, ministère du Développement économique et régional et de la recherche (MDERR)

**Personnes consultées**

Mohamed Chaker, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en plasmas appliqués aux technologies de micro et de nanofabrication pour le développement de composants radiofréquences (RF) et photoniques, et directeur du centre Énergie de l'INRS-Énergie, matériaux et télécommunications.  
 Robert Sing, coordonnateur nanotechnologies, École Polytechnique et Université de Montréal.  
 André Bazergui, associé principal d'Innovitech et ancien directeur de l'École Polytechnique.  
 Clive Willis, directeur général, NanoQuébec.  
 Alain Cloutier, conseiller technologique, MDERR

**Conseil d'administration****Président**

Jean Gaulin, administrateur de sociétés

**Membres**

Robert Nault (secrétaire-trésorier), président Marketech

Maher Boulos, président-directeur général, Tekna Plasma Systems

Jean Bourbonnais, président et chef des affaires corporatives, IatroQuest Corporation

Edwin Bourget, vice-recteur à la recherche, Université de Sherbrooke

Alain Caillé, vice-recteur à la recherche, Université de Montréal

Isabelle Deschamps, vice-présidente et associée, Capimont Technologies

Robert Massé, vice-président, sciences et technologies, MDS Pharma Services

Élie Saheb, président-directeur général, Hydro-Québec – Technologie et développement industriel

Roch Tremblay, président, Regroupement des collèges du Montréal Métropolitain

**Membres non votants**

Michèle Fortin, sous-ministre associée, Recherche, Science et Technologie, MDERR

Sylvie Dillard, président-directeur général, Fonds québécois de recherche sur la nature et les technologies

Georges Bossé, représentant de la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM)

Jacques Langelier, directeur, île de Montréal, Développement économique Canada (DEC)

**Membres invités**

Martin Galarneau, sous-ministre associé, métropole, ministère Affaires municipales, Sport et Loisir

**Autres membres**

Clive Willis, directeur général, NanoQuébec

Sylvain Cofsky, directeur, innovation et affaires corporatives, NanoQuébec

**Direction générale**

Clive Willis, directeur général

Sylvain Cofsky, directeur, innovation et affaires corporatives, NanoQuébec

France Beaulieu, assistante exécutive

## Crédits

Direction éditoriale	<b>Michel Lefèvre</b> <b>Clive Willis</b>
Recherche et rédaction	<b>Jeanne Morazain</b>
Aide à la recherche	<b>Sylvain Cofsky</b> <b>Charles-Albert Ramsay</b>
Révision linguistique	<b>Frédéric Simmonot</b> <b>Dominique Chichera</b>
Graphisme	<b>Dominic Duffaud</b> <b>Bruno Tessier</b>

**Comité technique du projet des grappes métropolitaines****Michel-Marie Bellemare**

Économiste – Direction des politiques de développement régional  
Ministère du Développement économique et régional et de la Recherche

**Daniel-Joseph Chapdelaine**

Conseiller – Direction de l'aménagement métropolitain et des relations institutionnelles  
Ministère des Affaires municipales, du Sport et du Loisir

**Yves Charette**

Coordonnateur – Développement économique métropolitain  
Communauté métropolitaine de Montréal

**André Gagnon**

Conseiller – Direction du Développement des filières industrielles  
Ministère du Développement économique et régional et de la Recherche

**Michel Lefèvre**

Conseiller – Développement économique  
Communauté métropolitaine de Montréal

**Christine Phaneuf**

Conseillère – Direction du développement local et régional  
Ministère des Affaires municipales, du Sport et du Loisir

**Ramata Sanogo**

Économiste – Direction de l'aménagement métropolitain et des relations institutionnelles  
Ministère des Affaires municipales, du Sport et du Loisir

**Francine Rivard**

Directrice – Coordination du développement en région  
Société générale de financement du Québec