



Communauté métropolitaine
de Montréal

Grappe

Matériaux avancés

Octobre 2004

Grappe

Matériaux avancés



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 2-923013-39-5

(Édition anglaise ISBN 2-923013-40-9)

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

La Communauté métropolitaine de Montréal (CMM), dans son Plan de développement économique, a opté pour une stratégie de compétitivité axée sur le dynamisme de grappes innovantes. À l'automne 2003, la CMM a lancé un projet d'identification des grappes métropolitaines. Il s'agit de la première phase d'une démarche qui doit conduire 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 déjà 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.

Le présent document a été élaboré en deux parties distinctes :

- une première partie proposant une configuration de la grappe Matériaux avancés ;
- une seconde partie recensant les perceptions des principaux acteurs de la grappe et leurs hypothèses de développement.

La configuration de la grappe a été établie à la suite d'une recherche documentaire confirmée par un certain nombre d'intervenants de la grappe elle-même. Elle a ensuite été commentée par les directions industrielles des ministères concernés. Cette première partie décrit la chaîne de valeur de la grappe, puis identifie les organismes ou infrastructures qui contribuent à son développement. Enfin, comme le développement économique va au delà des frontières administratives ou politiques, on indique les liens potentiels avec les autres régions du Québec en tenant compte des créneaux d'excellence que celles-ci ont privilégiés dans le cadre du projet ACCORD (Action concertée régionale de développement).

Si la première partie est par nature factuelle, la seconde est plus subjective, relevant davantage des perceptions des principaux acteurs de la grappe. Celles-ci ont été recueillies en toute confidentialité afin que l'exercice puisse produire le maximum de données. Elles tournent autour de grands thèmes, soit l'état des actifs relationnels et les stratégies de croissance. Les relations entre les acteurs étant comme on le sait source première d'innovation, il est essentiel d'identifier les flux relationnels entre les différentes composantes de la grappe. De même, pour être en mesure de fixer des priorités, il est essentiel de connaître les voies privilégiées de croissance perçues par les acteurs sur le terrain.

Ce document se veut donc un déclencheur d'actions prioritaires visant à dynamiser le processus stratégique de la grappe et à orienter sa volonté d'innovation. C'est dans un esprit d'ouverture et de concertation que se poursuit cette démarche qui permettra, au bout du compte, à la région métropolitaine de Montréal de faire valoir ses compétences distinctives dans le cercle des villes les plus innovantes et prospères du monde.

Michel Lefèvre
Conseiller – Développement économique
Communauté métropolitaine de Montréal



Matériaux avancés

La configuration	La course aux matériaux	4
	Chaîne de valorisation	
	Une recherche à la fine pointe	11
	Domaines sectoriels	
	Un impact sur toutes les industries	16
	Facteurs de développement	
	La formation est au rendez-vous	20
	Des outils de valorisation ciblés	21
	Des capitaux d'abord publics	22
	Un début d'infrastructure / L'émergence de services spécialisés	23
	Une grappe à caractère technologique	24
Liens interrégionaux		
Hors de la métropole	27	
Les perceptions	Les éléments de stratégie	
	Une grappe de savoir	33
	Les actifs relationnels	
	Le défi de la concertation	37
	Les voies d'avenir	
	Les segments prometteurs	40
	Annexes	
	Les unités de recherche universitaires	44
	Les entreprises innovantes actives	46
	Les sources d'information	48
Les personnes consultées	49	
Crédits	50	



La course aux matériaux

Les matériaux font partie de notre quotidien, à tel point qu'on n'y prête plus attention. Dans les laboratoires cependant, une armée de chercheurs les ausculte et les manipule dans l'espoir de découvrir et d'exploiter des propriétés qui permettront d'améliorer les produits que fabrique l'industrie pour notre usage. La course aux matériaux avancés est si intense que la *National Science Foundation* n'hésite pas à parler d'un Âge des matériaux (voir page suivante).

Des centaines de chercheurs montréalais sont dans la course. Leur savoir, leur savoir-faire et les outils à leur disposition les qualifient amplement. Il faut dire que la formation que prodiguent les quatre universités et les deux écoles de génie de la région métropolitaine est solide. L'infrastructure de recherche est importante et diversifiée. Montréal additionne les chaires, groupes et laboratoires universitaires en plus d'accueillir plusieurs centres de recherche spécialisés, publics ou privés. La présence de réseaux nationaux crée une dynamique stimulante.

Le transfert capital des résultats

Le transfert des résultats de la recherche vers l'industrie est encouragé, mais peut-être pas suffisamment soutenu (rareté du capital de risque notamment). De petites entreprises tentent de servir de relais en devenant fournisseurs de matières premières, d'additifs ou de technologies pour de grandes entreprises de fabrication ou de distribution.

L'intégration se fait également par les grands fabricants eux-mêmes. Heureusement, la région métropolitaine peut compter sur des entreprises leaders dans les domaines de l'aéronautique, des télécommunications et des biotechnologies et espérer développer quelques créneaux porteurs. Les secteurs de l'énergie et du bâtiment sont aussi susceptibles d'être des moteurs.

Les ramifications industrielles de la grappe se limitent à une cinquantaine d'entreprises (y compris celles qui développent des nanomatériaux). La majorité sont des PME de R-D qui espèrent convaincre différents manufacturiers d'un ou plusieurs secteurs industriels d'intégrer leur produit ou leur technologie à leur chaîne de production. Les autres sont des entreprises bien établies de secteurs industriels pour lesquels les matériaux revêtent une importance stratégique (plasturgie, aéronautique, télécommunications, transport).

Les promesses de l'innovation

Comment évoluera la grappe ? La recherche devrait s'intensifier, étant donné la qualité des équipes et des équipements en place. L'approche multidisciplinaire favorisée est promesse d'innovations dans de nombreux secteurs. La présence dans la région métropolitaine de grappes très fortes en aérospatiale et en télécommunications favorise le maintien d'un haut niveau d'activités de recherche.

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 qui prendront le relais pour compléter le développement. Le Québec est bien positionné dans les classes de matériaux



À l'Âge des matériaux

Selon la National Science Foundation (États-Unis), la science des matériaux est comme les biotechnologies l'un des domaines les plus importants pour l'avenir de la recherche scientifique et la croissance économique. Le prestigieux organisme n'hésite pas à parler d'un Âge des matériaux, au cours duquel nous découvrirons les innombrables formes et combinaisons encore inconnues que peut prendre la matière.

Le matériau est dans tout et tout est dans le matériau, pourrait-on dire. En effet, à la base de tout produit, il y a un matériau dont dépend en grande partie sa performance. C'est si vrai qu'un nouveau produit exige souvent un nouveau matériau. En réalité, on invente rarement de nouveaux matériaux. La nature a déjà tout prévu. Ainsi, selon l'agencement des molécules, le carbone devient graphite, diamant, fullerène ou nanotube. Chacune de ces formes de carbone a des caractéristiques propres qu'il est possible d'exploiter.

Chercheurs et ingénieurs auscultent et manipulent les différents matériaux dans l'espoir de réussir à leur donner des propriétés nouvelles (électriques, énergétiques, magnétiques, mécaniques, optiques, photoniques, etc.) qui amélioreront les produits ou les dispositifs existants, ou permettront d'en créer d'autres.

Le secteur des matériaux est par définition un secteur de pointe. De tout temps en effet, les fabricants ont cherché à accroître la performance des matériaux. L'objectif a toujours été de réduire les coûts de production. Aujourd'hui, on vise en plus à augmenter l'écoefficient des produits et des procédés de fabrication.

Une science tentaculaire

La science des matériaux est l'une des plus anciennes et des plus concrètes. Tous les matériaux, des plus connus aux plus récents, des plus simples aux plus complexes, font l'objet de travaux de recherche.

La recherche sur les matériaux est traditionnellement très présente dans les départements de physique et de chimie et les écoles de génie des universités. Depuis quelques années, elle intéresse aussi les biologistes moléculaires, qui tentent de mettre au point des matériaux organiques et des biomatériaux.

Aujourd'hui, l'approche est forcément interdisciplinaire et, selon leur discipline, les chercheurs visent des buts particuliers dans quatre grands champs de recherche et d'application qui ont des retombées dans l'ensemble des secteurs industriels :

- connaître la structure et les propriétés des matériaux ;
- exploiter, accentuer, ajouter des propriétés ;
- développer des plateformes technologiques et des instruments qui en permettent l'analyse ou la transformation en produits économiques et écoefficients ;
- procéder à des essais et mettre au point des mesures de contrôle de leur comportement.

Tout matériau peut devenir un matériau de pointe pour peu qu'il acquière de nouvelles propriétés. Il y a l'acier et l'acier avancé à haute résistance, le béton et le béton haute performance. Dès que son usage se répand, il cesse de l'être. Cela arrive parfois rapidement. Il y a dix ans à peine, on savait bien peu de choses des cristaux liquides. On est maintenant à l'étape de leur intégration dans des produits de masse comme les fenêtres. D'autres matériaux les ont remplacés au palmarès de la nouveauté.



suivantes : les alliages de magnésium, les poudres métalliques, les thermoplastiques et les composites plastiques, les matériaux magnétiques, les revêtements céramiques et les bétons avancés.

Certaines classes en émergence sont à surveiller : les mousses d'aluminium, les polymères conducteurs, les polymères photoniques, les mousses de polymères et la fibre optique. Les nanomatériaux, et plus particulièrement les nanopoudres et les nanocomposites, sont des voies également prometteuses. Enfin, le développement de plateformes technologiques multisectorielles devrait avoir la priorité en raison des multiples marchés possibles.

Des secteurs plus réceptifs

La vie d'un matériau de pointe est fonction d'un usage donné dans un secteur donné. L'économie montréalaise est articulée autour de trois secteurs très forts : les télécommunications, l'aéronautique et autres équipements de transport, les biotechnologies. Ces secteurs seront vraisemblablement les plus réceptifs. Ils recèlent diverses niches qui sont autant d'occasions d'affaires pour les entreprises de R-D. En voici quelques-unes :

Télécommunications : Senseurs et nanosenseurs, télémédecine, micro et nano fabrication.

Aéronautique : Matériaux légers thermodynamiques, matériaux anticollision, matériaux pour les hublots d'aéronefs.

Biotechnologies : Embossage à chaud et nano-impression, biomatériaux, matériaux organiques pour la décontamination et la restauration.

Énergie : Composantes des réseaux de transport d'électricité, matériaux pour les piles à combustible.

Un inventaire multiforme

Il n'est pas facile de dresser l'inventaire des matériaux avancés, car les modes de classification possibles sont nombreux. Le plus simple est sans doute de les répartir en trois grandes catégories selon le substrat : les polymères purs ou composites, les métaux purs ou en alliage, les céramiques et minéraux. Cette classification exclut toutefois les multimatériaux composés de deux substrats comme les verres métalliques, les bois-plastiques et autres biocomposites, une famille en pleine expansion.

Les chercheurs ont souvent tendance à identifier les matériaux en fonction d'une propriété distinctive. Cette typologie donne des matériaux énergétiques, magnétiques, quantiques, poreux, thermoplastiques, adaptatifs (aussi appelés intelligents), etc. Chaque classe comprend la plupart du temps plusieurs sous-catégories. Par exemple, les alliages à mémoire de forme, les matériaux piézoélectriques, les matériaux magnétostrictifs font partie des matériaux dits intelligents.

La science des matériaux englobe aussi la mise au point d'une instrumentation permettant de voir au cœur de la matière et de technologies et procédés de fabrication et de traitement des surfaces. Les chercheurs s'intéressent notamment à la technologie des plasmas pour la conception de nouveaux matériaux, au dépôt de couches minces et aux interactions des surfaces en mouvement.



D'autre part, dans le secteur du bâtiment, si la demande pour des matériaux écoefficientes devait se réveiller, cela pourrait se traduire par des retombées importantes pour plusieurs classes de matériaux : béton haute performance, matériaux énergétiques ou anticorrosion, isolants, matériaux fonctionnels.

La grappe matériaux avancés est une grappe technologique et elle le restera. Dès que l'usage d'un matériau se répand, ce dernier ainsi que les technologies associées deviennent une composante des secteurs qui les ont intégrés. Et la roue continue de tourner puisque les chercheurs sont déjà à la recherche de nouvelles pistes.

Une jonction nanométrique

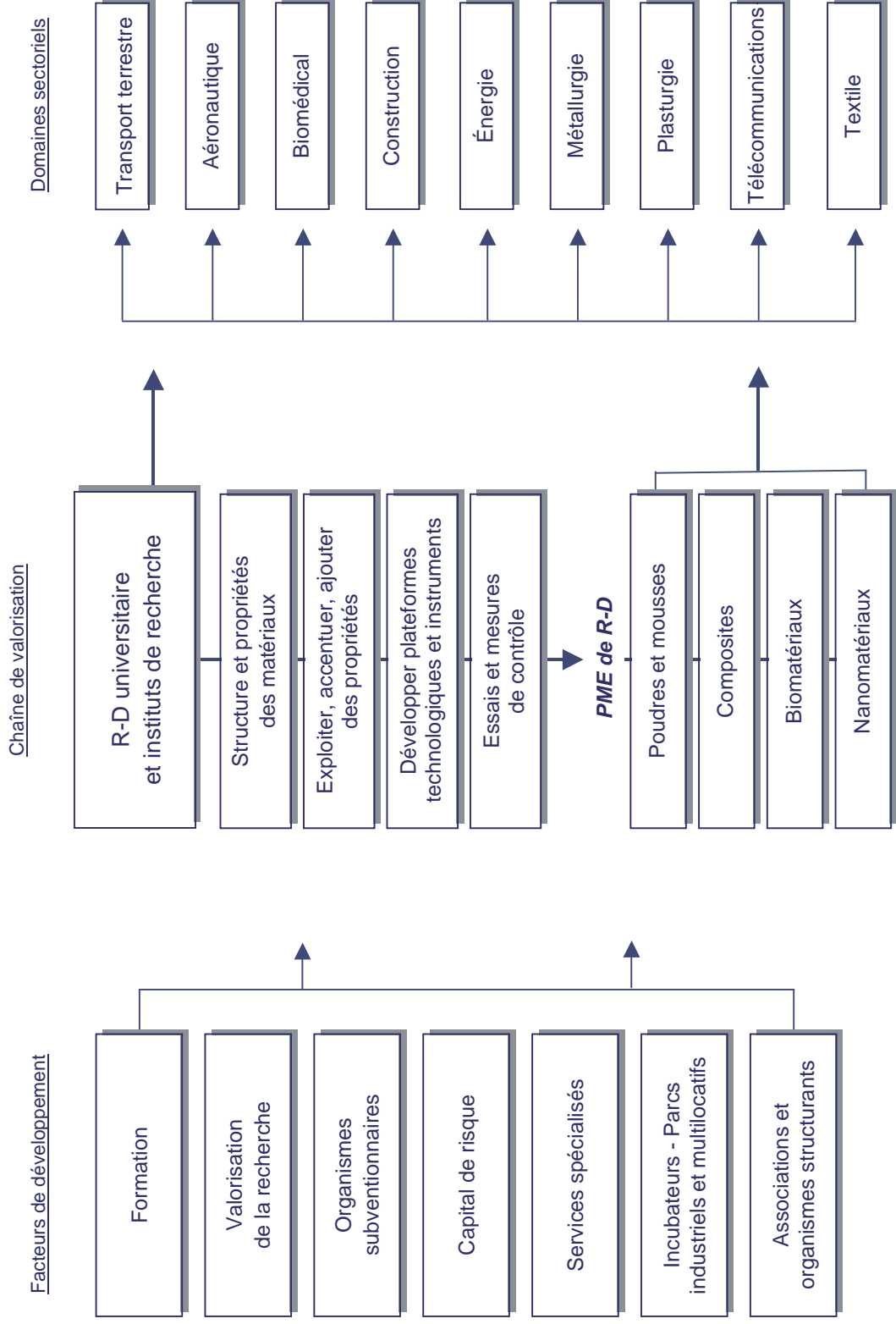
Les avancées scientifiques dans des disciplines comme la physique de la matière condensée (étude de grands assemblages d'atomes sous forme de matériaux), de la photonique (utilisation de la lumière ou des photons) et de la nanoscience (étude des phénomènes à l'échelle nanométrique) ouvrent de nouvelles perspectives à la science des matériaux. Ainsi, dans un avenir prévisible, il faudra ajouter le préfixe nano à nombre de matériaux et de technologies.

Tout indique en effet qu'il sera possible de reproduire à l'échelle nanométrique ce qui existe présentement à l'échelle métrique. Déjà, des matériaux nanostructurés et des nanopoudres sont en voie de commercialisation. Également à l'horizon, la multiplication des mariages entre des matériaux inertes et la matière vivante (les biocomposites), voire l'apparition de matériaux entièrement organiques.



Matériaux avancés

Grappe de pointe



La configuration



Chaîne de valorisation



Une recherche à la fine pointe

L'inventaire des réseaux scientifiques québécois fait ressortir le rôle prépondérant de Montréal dans le domaine des matériaux avancés. La présence de quatre écoles ou facultés de génie (École Polytechnique, École de technologie supérieure, McGill et Concordia) et de solides départements de chimie et de physique dans les différentes universités explique ce positionnement avantageux.

Les universitaires montréalais actifs en science et en génie des matériaux se comptent par centaines. Autour d'eux gravitent un nombre impressionnant de candidats à un diplôme de deuxième ou troisième cycles et de professionnels de recherche. Les travaux de ces équipes se partagent entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée. Les pistes qu'explorent tous ces chercheurs se situent à la fine pointe de la recherche, comme le montre le relevé des unités de recherche implantées dans la région métropolitaine (voir les annexes).

Ce relevé révèle la vigueur de la recherche sur les matériaux avancés et les technologies qui leur sont associées. Les universités ont bien d'autres projets dans leurs cartons. À elles seules, l'Université de Montréal et l'École Polytechnique envisagent la création de pas moins de six chaires de recherche sur les matériaux, soit sur : la conception et la fabrication de matériaux fonctionnels ; l'élaboration et le pressage des poudres métalliques ; la synthèse des matériaux nanocristallins à des fins énergétiques ; les matériaux supramoléculaires (constitués de supermolécules) ; les biomatériaux et leur stérilisation ; les dispositifs médicaux en matériaux à mémoire de forme.

L'INRS-Énergie et Matériaux de Varennes, qui regroupe une cinquantaine de chercheurs, apporte une contribution capitale à la science des matériaux dans les domaines suivants : les matériaux énergétiques, les polymères conducteurs et électroactifs destinés aux secteurs de l'énergie et du biomédical, les nouveaux matériaux pour des applications photoniques et des capteurs. Une partie des travaux s'effectue en situation de microgravité. La synthèse des matériaux avancés nécessite de nouveaux procédés. Les chercheurs de l'INRS-Énergie et Matériaux étudient notamment l'utilisation des procédés plasmas et l'implantation ionique pour réaliser de nouveaux revêtements, modifier les surfaces et développer des nanodispositifs.

L'Institut des matériaux industriels du CNRC (IMI), dont les principales installations sont à Boucherville, est un autre joueur majeur. La recherche axée sur les besoins de l'industrie vise le développement de procédés de transformation et de mise en forme pour toute la gamme des matériaux : les polymères (cristaux liquides, membranes sélectives ou imperméables, films orientés, mousses, polymères nanostructurés), les composites polymères (rigides et écoefficientes, thermoplastiques sécuritaires et résistants, nanocomposites), les métaux (poudres métalliques, matériaux magnétiques, poreux, mousses métalliques, revêtements par projection thermique, technologies de moulage) et enfin les céramiques et les minéraux (poudres céramiques, composés céramique-métal). La modélisation et l'instrumentation des procédés font aussi partie des préoccupations des chercheurs de l'IMI.

L'intérêt des grandes entreprises

Les grandes entreprises utilisatrices de matériaux avancés telles Bombardier, Nortel et Pratt & Whitney effectuent ou financent, par des contrats ou des partenariats, des travaux de recherche sur les matériaux et technologies de pointe. Hydro-Québec poursuit par l'intermédiaire de son Institut de recherche de Varennes (IREQ) des recherches sur les matériaux supraconducteurs, magnétiques, et nanostructurés, les revêtements protecteurs et les matériaux de réfection pour les barrages. Plusieurs entreprises de moindre importance s'associent également à des projets de R-D.

Bref, la recherche sur le territoire de la CMM est diversifiée — trop pour certains — et couvre les quatre grands champs de recherche et d'application de la science et du génie des matériaux. C'est un milieu stimulant. De très bons chercheurs dirigent les équipes et, parmi eux, quelques expatriés de grande renommée qui ont choisi de revenir au bercail. Les étudiants de deuxième et troisième cycles sont nombreux et doués ; les professionnels de recherche, compétents.

Les laboratoires et équipements mis à la disposition des chercheurs sont à la fine pointe. Plusieurs installations de recherche viennent tout juste d'être inaugurées, comme le Centre outils pour la nanoscience à l'Université McGill ou le Centre de recherche en génie des structures de l'École Polytechnique. D'autres sont encore en construction, comme le Laboratoire de micro et nano fabrication qu'aménagent conjointement l'INRS-Énergie et matériaux et l'Université de Sherbrooke et le nouveau pavillon J.A. Bombardier que construisent l'Université de Montréal et l'École Polytechnique.

Une cinquantaine d'entreprises

Un premier repérage sommaire sur le territoire de la CMM a permis d'identifier, en excluant les nanomatériaux, plus d'une cinquantaine d'entreprises engagées dans le développement ou l'exploitation des matériaux de dernière génération et des technologies qui leur sont associées.

Toutefois, il y a peu de fournisseurs de matières premières au sein de ce groupe. Les producteurs d'acier, d'aluminium, de magnésium sont établis à l'extérieur de la grande région métropolitaine. En revanche, on trouve des cimentiers (Cimenterie Saint-Laurent, Groupe Lafarge, Ciment Québec) et des producteurs de plastiques (Petromont, Basell), auxquels s'ajoutent quelques producteurs de spécialités : AGS Taron (mousses d'aluminium), Montréal Carbide et Plasmatec (revêtements céramiques), PyroGenesis (poudres métalliques de titane).

Le gros du contingent réunit des entreprises qui fabriquent, transforment, recyclent des matériaux avancés ou cherchent à mettre au point des procédés pour le faire. Selon une étude réalisée en 2003 pour le MDERR, la SGF, Investissement Québec et Hydro-Québec, le Québec est en bonne position dans certaines classes de matériaux. D'autres peuvent être qualifiées d'émergentes et sont à surveiller. En revanche, note l'étude, le Québec a perdu du terrain au chapitre du magnésium en raison de la fermeture de l'usine Magnola d'Asbestos et du Centre de technologies Noranda de Montréal.

Les champs d'intérêt

Le portrait d'ensemble présenté dans le tableau ci-joint vaut pour la grande région métropolitaine de Montréal, où est concentré le gros de l'activité industrielle (voir Annexes, pour la liste des entreprises identifiées).

Bon nombre de ces entreprises sont petites et encore dépendantes de la R-D. Elles concentrent leurs efforts sur les poudres, mousses et alliages métalliques, sur les polymères avancés, notamment les composites et les thermoplastiques, et sur les biomatériaux. Une douzaine d'entreprises s'intéressent aux nanomatériaux, un créneau de pointe s'il en est, mais absent de l'étude citée.

Certaines de ces PME espèrent devenir des fournisseurs de matériaux, d'additifs ou de technologies pour de grandes entreprises de fabrication ou de distribution. Elles y parviendront à certaines conditions : l'investissement requis n'est pas énorme, les volumes de production sont relativement petits et les produits sont préparés sur mesure.

Aperçu du positionnement du Québec													
Métaux avancés		Céramiques avancées											
Aciers avancés à haute résistance	*	Céramiques monolithiques	*										
Alliages de magnésium	***	Revêtements céramiques	***										
Titane et alliages de titane	*	Composites céramiques	*										
Superalliages	*	Biocéramiques	*										
Mousse d'aluminium	✓✓✓	Bétons avancés	***										
Métaux amorphes	○	Matériaux réfractaires	**										
Composites métalliques	*	Autres matériaux fonctionnels											
Poudres métalliques	**	Fibre optique	✓✓✓										
Polymères avancés		Matériaux magnétiques	***										
Thermoplastiques techniques	**	Piézoélectriques	○										
Thermodurcissables techniques	*	Supraconducteurs	*										
Composites plastiques (GD et HP)	***	Fluides rhéologiques	○										
Polymères haute température	*	Matériaux à mémoire de forme	○										
Polymères conducteurs ¹	✓✓✓	<table border="1"> <tr> <td>Plusieurs forces importantes</td> <td>***</td> </tr> <tr> <td>Moyen, certaines forces</td> <td>**</td> </tr> <tr> <td>Plutôt peu développé</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>À surveiller, en émergence</td> <td>✓✓✓</td> </tr> <tr> <td>Activité marginale ou inexistante</td> <td>○</td> </tr> </table>		Plusieurs forces importantes	***	Moyen, certaines forces	**	Plutôt peu développé	*	À surveiller, en émergence	✓✓✓	Activité marginale ou inexistante	○
Plusieurs forces importantes	***												
Moyen, certaines forces	**												
Plutôt peu développé	*												
À surveiller, en émergence	✓✓✓												
Activité marginale ou inexistante	○												
Polymères photoniques	✓✓✓												
Polymères biocompatibles	*												
Biopolymères et polymères naturels	*												
Dendrimères et métallocènes	*												
Mousses de polymères	✓✓✓												
<p>1) Le volet émergent au Québec pour les polymères conducteurs est celui lié aux piles à combustible.</p>													

Source des données : Jean-François Audet Courtier Stratège, KPMG et IC2 technologies, *Stratégie de développement et identification d'occasions d'affaires pour le Québec dans le secteur des matériaux avancés*. Étude réalisée pour le MDERR, la SGF, Investissement Québec et Hydro-Québec, automne 2003.

La présence stimulante de leaders

D'autres entreprises feront office de transition jusqu'à ce que les grands fabricants décident d'intégrer la préparation des matériaux à leur chaîne de production. La nature du matériau influencera la décision. Pour être utilisés, certains matériaux comme les composites thermoplastiques entraînent des coûts élevés que seule une production de masse peut amortir. En revanche, les nanocomposites peuvent être utilisés à faible coût dans la machinerie existante.

Enfin, quelques-unes de ces PME se lanceront dans la fabrication de produits finis et profiteront elles-mêmes de la valeur ajoutée.

La présence dans la région montréalaise de leaders dans les domaines de l'aéronautique, du transport, des télécommunications et de l'énergie représente un important stimulant pour la recherche, le développement et la commercialisation de nouveaux matériaux et de nouvelles technologies. Une vingtaine de fabricants de ces secteurs, grands utilisateurs de matériaux, sont déjà ou deviendront à plus ou moins brève échéance, des donneurs d'ordre pour l'intégration de matériaux avancés. Leur présence soutiendra la croissance des PME innovantes qui forment le cœur de cette grappe en émergence.

Domaines sectoriels



Un impact sur toutes les industries

Un champ d'exploration aussi vaste que celui des matériaux comporte, cela va de soi, une multitude de pistes de recherche prometteuses. Le temps se chargera de faire le tri. D'ores et déjà, on peut affirmer sans crainte de se tromper que tous les secteurs industriels seront touchés. Tous les fabricants sont à la recherche de matériaux plus performants, plus faciles à façonner, moins coûteux à produire, moins dommageables pour l'environnement et dotés de qualités qui leur donnent une valeur ajoutée compte tenu de l'usage auquel ils sont destinés.

Le secteur du transport en tête de liste

Le secteur du transport (aéronautique, automobile, ferroviaire, public, récréatif) est le principal marché des classes de matériaux fortes ou en émergence identifiées par l'étude MDERR, SGF, Investissement Québec et Hydro-Québec, comme le montre le tableau 1.

L'acier est de loin le matériau le plus utilisé. Dans l'industrie automobile par exemple, l'acier et la fonte ont cédé moins de 10 % du terrain depuis le fameux Modèle T, dont 78 % du poids était attribuable à ces deux matériaux ; en l'an 2000, le fer et l'acier comptaient encore pour 70 % du poids d'un véhicule.

Tableau 1 – Perspectives dans les marchés forts et émergents présents à Montréal

Classe de matériaux	Marchés-clés	Taille du marché nord-américain en millions \$ US	Progression anticipée (1)
Alliages de magnésium	Automobile	150 à 500	7 à 10 %
Mousses d'aluminium	Transport, industriel, infrastructures urbaines	< 50	+ de 15 %
Composites plastiques	Transport, médical, articles de sport	+ 3 000	0 à 3 %
Polymères conducteurs	Électronique, industriel, médical	< 50	7 à 10 %
Thermoplastiques techniques	Transport, électronique, équipements médicaux, industriel	+ 3 000	3 à 5 % (2)
Revêtements céramiques	Transport, industriel	500 à 1 500	7 à 10 %
Bétons avancés	Construction, infrastructures	+ 3 000	3 à 5 %
Fibre optique	Télécommunications, industriel, médical	1 500 à 3 000	0 à 3 % (2)
Matériaux magnétiques	Transport, industriel, électronique	500 à 1 500	7 à 10 %

(1) perspective de croissance 2003-2008
 (2) Certaines niches ont des perspectives de croissance plus élevées.

Source des données : Jean-François Audet Courtier Stratège, KPMG et IC2 technologies, Stratégie de développement et identification d'occasions d'affaires pour le Québec dans le secteur des matériaux avancés. Étude réalisée pour le MDERR, la SGF, Investissement Québec et Hydro-Québec, automne 2003.

Les principaux concurrents de l'acier, maintenant à haute résistance, sont l'aluminium et les alliages de magnésium, qui ont l'avantage d'être légers, un plus étant donné la nécessité de réduire le poids des véhicules pour diminuer la pollution. Une réduction de poids de 10 % se traduit par une amélioration de 5 à 7 % du rendement du carburant.

Ils ont toutefois le désavantage de coûter plus cher, d'être plus difficiles à mettre en forme et de faire appel à des technologies moins éprouvées.

Les besoins des donneurs d'ordre

Lors d'un colloque sur les matériaux avancés qui s'est tenu à l'Institut des matériaux industriels le 29 avril 2003, des représentants de Bombardier (aéronautique et transport), de Renault Nissan, de Daimler Chrysler et de Pratt & Whitney ont présenté les besoins de leur industrie. Il ne suffira pas que les matériaux soient plus légers. Il faudra aussi qu'ils soient forts, durables, de fabrication et d'entretien faciles, récupérables, en tout ou en partie, afin de répondre aux exigences des consommateurs et des producteurs sur les plans de la sécurité, de la fiabilité, du confort et des coûts. En fait, c'est le coût d'utilisation durant toute la vie utile du produit qui sera le facteur déterminant.

Pour améliorer le rapport coût/performance, les constructeurs souhaitent diminuer le nombre de leurs fournisseurs et travailler en étroite collaboration avec ces derniers. De simples sous-traitants, on veut qu'ils deviennent des partenaires qui assumeront une part du risque et aideront le fabricant à identifier le matériau permettant à chaque pièce de remplir sa fonction de façon optimale. Les fournisseurs sont donc invités à se regrouper et à former des consortiums s'ils veulent faire affaire avec les grands donneurs d'ordre. Autre souhait très clairement exprimé : la réduction du nombre de pièces à assembler. L'avenir est donc aux pièces de plus grandes dimensions composées si nécessaire de plusieurs matériaux, ce qui exigera la mise au point de nouvelles technologies.

Dans l'industrie de l'automobile, on ne prévoit pas de domination d'un matériau particulier. Chez Bombardier Aéronautique cependant, les thermoplastiques sont perçus comme étant les plus susceptibles d'influencer les coûts à la baisse.

Les autres marchés sectoriels

De nombreux secteurs industriels intégreront progressivement des matériaux avancés. Par exemple, des revêtements céramiques seront utilisés pour assurer la protection thermique des pièces de moteur ou prévenir l'usure des outils de coupe. De leur côté, les composites plastiques sont appelés à concurrencer les métaux dans de multiples applications industrielles.

Dans le domaine des **télécommunications**, les photons prendront le relais des électrons et transmettront l'information plus rapidement et par l'intermédiaire de systèmes de plus en plus mobiles. Ce passage technologique exige l'apparition d'une catégorie nouvelle de matériaux permettant de pousser plus loin la miniaturisation et de réduire les coûts. La fibre optique, les polymères conducteurs, les polymères photoniques, les matériaux magnétiques et les thermoplastiques seront associés à cette évolution. Précisons également que les recherches sur les modifications de la surface des matériaux par des plasmas sont cruciales pour cette industrie.



Pour sa part, l'évolution du secteur de **l'énergie** dépend en grande partie de la disponibilité de matériaux ayant certaines caractéristiques, des matériaux supraconducteurs, diélectriques (isolants), nanocristallins ou poreux par exemple. L'industrie des piles à combustible, notamment, est en attente de matériaux qui permettront d'accélérer la réaction dans la pile, de stocker l'hydrogène et de réduire les coûts.

L'industrie du **bâtiment** est un marché naturel pour une large gamme de nouveaux matériaux. Se profilent à l'horizon des peintures intumescents (qui protègent les poutres d'acier contre les flammes) et autres revêtements fonctionnels (qui remplissent une fonction particulière en réponse à un stimulus externe), des vitres à faible émissivité (qui filtrent la chaleur mais laissent passer la lumière), des verres insonorisés, des bétons avancés, etc.

La construction des **ponts et chaussées** et autres infrastructures est également appelée à changer. L'acier de structure des ponts pourrait éventuellement être remplacé par des polymères conducteurs. Les bétons haute performance et les bitumes polymérisés seront mis à contribution pour prolonger la vie des routes. Les thermoplastiques s'imposeront dans les installations de tuyauteries industrielles, municipales, commerciales et résidentielles.

Les progrès de la **médecine** poussent à la hausse la demande de fibre optique, de polymères conducteurs et de biomatériaux entièrement compatibles, mécaniquement et biologiquement, avec le corps humain. Les usages auxquels ces derniers sont destinés ne cessent de croître : régénération de tissus et d'organes ; prothèses internes ; substrats de culture cellulaire ; recherche de molécules d'intérêt pharmaceutique ; pansements bioréactifs ; transport à l'intérieur du corps de médicament ; matériaux intelligents qui s'attaquent à des virus, se déploient de façon contrôlée, etc.

Enfin, la science des matériaux proposera aux secteurs des **textiles** des tissus inusables, indéformables, sans entretien ou protecteurs (contre le feu, les produits toxiques ou les projectiles, par exemple). Les tissus adaptatifs offrant un niveau de confort constant quelles que soient les conditions extérieures auront la cote. Des tissus branchés intégrant de la fibre optique ou munis de capteurs seront développés.

Facteurs de développement



La formation est au rendez-vous

L'omniprésence des matériaux est telle que des spécialistes dans le domaine interviennent dans tous les secteurs industriels et à toutes les étapes du cycle de vie d'un produit, de sa conception à sa récupération ou à son élimination finale. Les besoins de main-d'œuvre évoluent avec la croissance des différents secteurs. L'intégration de matériaux avancés ou de nouvelles technologies soutient, voire accélère, cette croissance.

Le système d'éducation québécois offre à tous les niveaux des programmes d'études spécialisés de qualité. Au niveau de la formation professionnelle, on trouve par exemple des programmes de fabrication mécanique, de métallurgie, de mise en œuvre de matières composites. Les métiers de l'aérospatiale sont enseignés dans un centre spécialisé. Les cégeps décernent des diplômes techniques en production manufacturière, transformation des matières plastiques, technologie de l'électronique, technologie physique, techniques de laboratoire et biotechnologies, génie, etc.

De leur côté, les universités forment des bacheliers en physique, chimie et biologie, qui peuvent, si la recherche les attire, poursuivre des études de deuxième et troisième cycles dans le domaine des matériaux. Mis à part Concordia, qui décerne un bac en génie des matériaux, les écoles et facultés de génie offre plutôt des concentrations qui diffèrent selon le domaine du génie étudié. Par exemple, les étudiants en génie chimique de Polytechnique peuvent opter pour une concentration en plasturgie, ceux de génie physique ou de métallurgie, pour une concentration en génie des matériaux. Les étudiants de génie physique ont aussi la possibilité de s'orienter en micro et nanotechnologies. Au niveau de la maîtrise, la gamme des options s'élargit : nanomatériaux, composites, céramiques industrielles, etc.

L'intégration de nouveaux matériaux à la chaîne de production d'un produit nécessite une adaptation de la main-d'œuvre qu'il appartient aux entreprises et aux institutions de formation d'assurer. Plus la pénétration sera rapide et étendue, plus le nombre de gens de métiers, de techniciens et de professionnels qui devront mettre à jour leurs connaissances sera élevé.

Quelle que soit leur formation de base, les travailleurs ont accès à des programmes publics de formation continue qui sont ou non donnés en entreprise. Une fois de plus, l'aérospatiale se distingue avec un organisme, le CRIAQ (voir section suivante), dont la mission inclut de s'assurer de la pertinence de la formation de la main-d'œuvre spécialisée et de faire la promotion du secteur auprès des jeunes.

Si demain l'industrie manque de main-d'œuvre qualifiée pour soutenir l'intégration de nouveaux matériaux et des technologies qui leur sont associées, ce ne sera pas à cause d'un déficit dans l'offre de formation. De même, en raison de la présence à Montréal de quatre universités, de l'INRS-Énergie et matériaux et de deux écoles de génie, la région dispose pour mener des activités de R-D d'un large bassin de chercheurs potentiels et de techniciens ayant de solides connaissances scientifiques.

Des outils de valorisation ciblés

Valorisation-Recherche Québec a choisi, non pas de créer un seul réseau en science et génie des matériaux — le champ est beaucoup trop vaste —, mais plutôt de soutenir quelques réseaux sectoriels : NanoQuébec pour les nanotechnologies ; PROMPT-Québec pour la microélectronique, la photonique et les télécommunications ; et CRIAQ pour l'aérospatiale. Ces trois réseaux font se rencontrer industriels et universitaires et parrainent des partenariats de recherche structurants, dont plusieurs ont une forte composante matériaux.

Prenons le CRIAQ, le Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec. Il réunit des chercheurs de Polytechnique, de l'ÉTS et des universités Concordia, Laval, McGill et de Sherbrooke. Ses membres industriels sont Bell Helicopter Textron, Bombardier Aéronautique, CAE, CMC Électronique, Pratt & Whitney, Techspace Aero, Thales Canada. En font aussi partie Delastek de Shawinigan, un fabricant de produits électroniques et de composites, l'Association des industries aérospatiales du Canada, l'Agence spatiale canadienne et le Conseil national de recherches du Canada. Parmi les projets que privilégie le CRIAQ, les matériaux composites et la fabrication à faible coût occupent une place de choix.

Afin de favoriser le transfert technologique, le CRIAQ met l'accent sur l'innovation, soit la création de nouveaux concepts prêts à commercialiser ou à utiliser. L'organisme entend aussi tisser des liens avec les programmes européens et américains dont les objectifs technologiques sont semblables, ce qui pourrait donner lieu à des projets de recherche conjoints et à des échanges de technologie.

De son côté, l'industrie du bâtiment peut compter sur le Conseil de l'enveloppe du bâtiment du Québec (CEBQ) mis sur pied en 1989 par le Centre des études sur le bâtiment de Concordia dans le but favoriser le transfert de connaissances entre les architectes (39 % des membres), les manufacturiers (32 %), les ingénieurs (23 %), les entrepreneurs et les chercheurs (6 %). Installé à l'Ile-des-Sœurs, le centre vise aussi l'émergence de projets de recherche répondant aux besoins de l'industrie.

L'Institut des matériaux industriels joue un rôle central en matière de transfert technologique. Les recherches qui s'y font collent aux besoins de l'industrie, mais ce n'est pas tout. Des groupes auxquels participent des entreprises sont formés autour de problématiques particulières. Cinq de ces groupes relèvent du domaine des matériaux. Ce sont : le groupe technologique en ingénierie des surfaces (SURFTEC) ; le groupe technologique sur les mousses polymères (FOAMTEC) ; le groupe technologique sur les nanocomposites polymères (PNC-Tech) ; les groupes d'intérêt en moulage par soufflage (GIMS) et en moulage par injection (GIM).

Des capitaux d'abord publics

La R-D est le moteur du développement des matériaux avancés et des technologies qui leur sont associées. Les chercheurs universitaires dépendent largement des organismes subventionnaires des deux paliers de gouvernement. Le Fonds québécois de recherche sur la nature et les technologies (FQRNT), le plus actif dans le domaine, a vu son budget amputé de 7 %, tout comme le Fonds de recherche en santé (FRSQ), engagé notamment dans la recherche sur les biomatériaux. Cette première baisse en 20 ans inquiète d'autant plus qu'il y a des signaux laissant croire que de nouvelles coupures sont possibles.

L'impact de ces compressions est amplifié étant donné l'effet de levier des subventions. On estime que chaque dollar investi par les fonds de recherche québécois dans des programmes d'infrastructures et des projets structurants réalisés en partenariat attire près de cinq dollars d'autres sources, parfois jusqu'à dix dollars.

Le gouvernement québécois a aussi réduit les crédits fiscaux à la R-D dont bénéficient les entreprises. Cette décision affecte les secteurs en émergence et particulièrement les entreprises en démarrage dont la principale activité est la poursuite de recherches amorcées dans les laboratoires universitaires. La situation est d'autant plus difficile que le gouvernement québécois est leur principal soutien, les programmes fédéraux intervenant plus tard.

Le gouvernement fait le pari que le capital de risque privé prendra le relais. Pari risqué s'il en est, vu la performance des sociétés de capital de risque les plus actives localement au cours des dernières années (Innovatech du Grand Montréal, Investissement Desjardins, Fonds de solidarité de la FTQ, Société générale de financement, CDP Capital, Hydro-Québec CapiTech, T2C2). Seules quelques entreprises de notre liste (Biorthex, Nexia, Lavergne, ECI Composites, Composites VCI) ont obtenu un financement de leur part. Les sociétés de capital de risque se disent néanmoins ouvertes à toute proposition sérieuse. On constate qu'elles semblent plus attentives lorsqu'il est question de nanomatériaux et de nanofabrication, puisqu'elles ont investi dans presque toutes les entreprises actives dans ce domaine.

Il serait certes souhaitable que le secteur privé mette en place une chaîne de financement continue et soit le principal bailleur de fonds à toutes les étapes de la vie des entreprises innovantes, lorsqu'il faut miser sur un potentiel encore hypothétique comme lorsqu'il faut augmenter la mise de façon importante pour soutenir les efforts de commercialisation. Il faudra du temps et des incitations avant que ce souhait ne se concrétise. Entre-temps, le réalisme impose d'agir avec prudence et de prévoir à tout le moins une période de transition de quelques années. Dans les secteurs de pointe et en émergence, il est même probable que les fonds publics auront encore longtemps un rôle prédominant à jouer.

Un début d'infrastructure

Le territoire de la CMM compte une douzaine de laboratoires d'essai sur les matériaux. Les plus dynamiques adapteront vraisemblablement leurs installations afin d'être en mesure de tester les matériaux avancés au fur et à mesure que ceux-ci arriveront sur les marchés.

Les entreprises en démarrage dérivées de la recherche sont souvent hébergées en tout début de vie par les institutions où travaillent les chercheurs. De son côté, l'IMI met 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.

En partenariat avec Valotech (voir plus bas), l'IMI vient de créer le Carrefour d'innovation en matériaux industriels, un incubateur adjacent à l'Institut au 75, boulevard de Mortagne. Une douzaine d'entreprises y ont aménagé jusqu'ici.

Sur la Rive-Sud toujours, le Centre d'incubateur d'entreprises de la Montérégie (CIDEM) encadre les entreprises technologiques innovantes dans le but de maximiser la valorisation de la technologie. Les entreprises œuvrant dans le secteur des matériaux et des procédés utilisés pour leur fabrication font partie des cibles prioritaires.

Il y a également au cœur de la Cité du multimédia un incubateur destiné aux entreprises technologiques. Même si la première clientèle est celle des technologies de l'information, les entreprises manufacturières ou commercialisant des technologies industrielles sont les bienvenues. Le Centre d'entreprises et d'innovation de Montréal (CEIM) offre également des services conseils aux entreprises technologiques, locataires ou non.

L'émergence de services spécialisés

Les sociétés conseils à vocation technologique (CEIM, CIDEM, E.M. Optimisation, Inno-Centre, Innovitech, Sygertech, Société de développement Angus, VSA) offrent aux entreprises technologiques de réduire le temps de développement d'un produit ou d'une technologie par des services d'accompagnement et d'encadrement : création de consortiums et de réseaux de recherche, activités de veille, protection de la propriété intellectuelle, stratégies de commercialisation, réalisation de montages financiers, recrutement et formation de la main-d'œuvre, structuration des opérations.

Une grappe à caractère technologique

La grappe matériaux avancés est une grappe technologique, et elle le restera. Dès que l'usage d'un matériau se répand, ce dernier ainsi que les technologies qu'il requiert deviennent une composante des secteurs qui les ont intégrés. Et la roue continue de tourner : les chercheurs sont déjà à la recherche de nouvelles pistes.

Les organismes subventionnaires encouragent les regroupements stratégiques de chercheurs et d'institutions. Déjà quelques réseaux sont en place et dessinent les ramifications d'une éventuelle grappe : un réseau général, le Regroupement québécois sur les matériaux de pointe, et des réseaux spécialisés à forte composante industrielle (Nano-Québec, NanoQuébec Innovation, PROMPT-Québec et le CRIAQ). Ces réseaux n'ont pas produit tous leurs effets. On ne peut encore parler d'approche d'équipe et d'interdisciplinarité véritables. De plus, les liens interinstitutionnels sont jugés encore trop lâches.

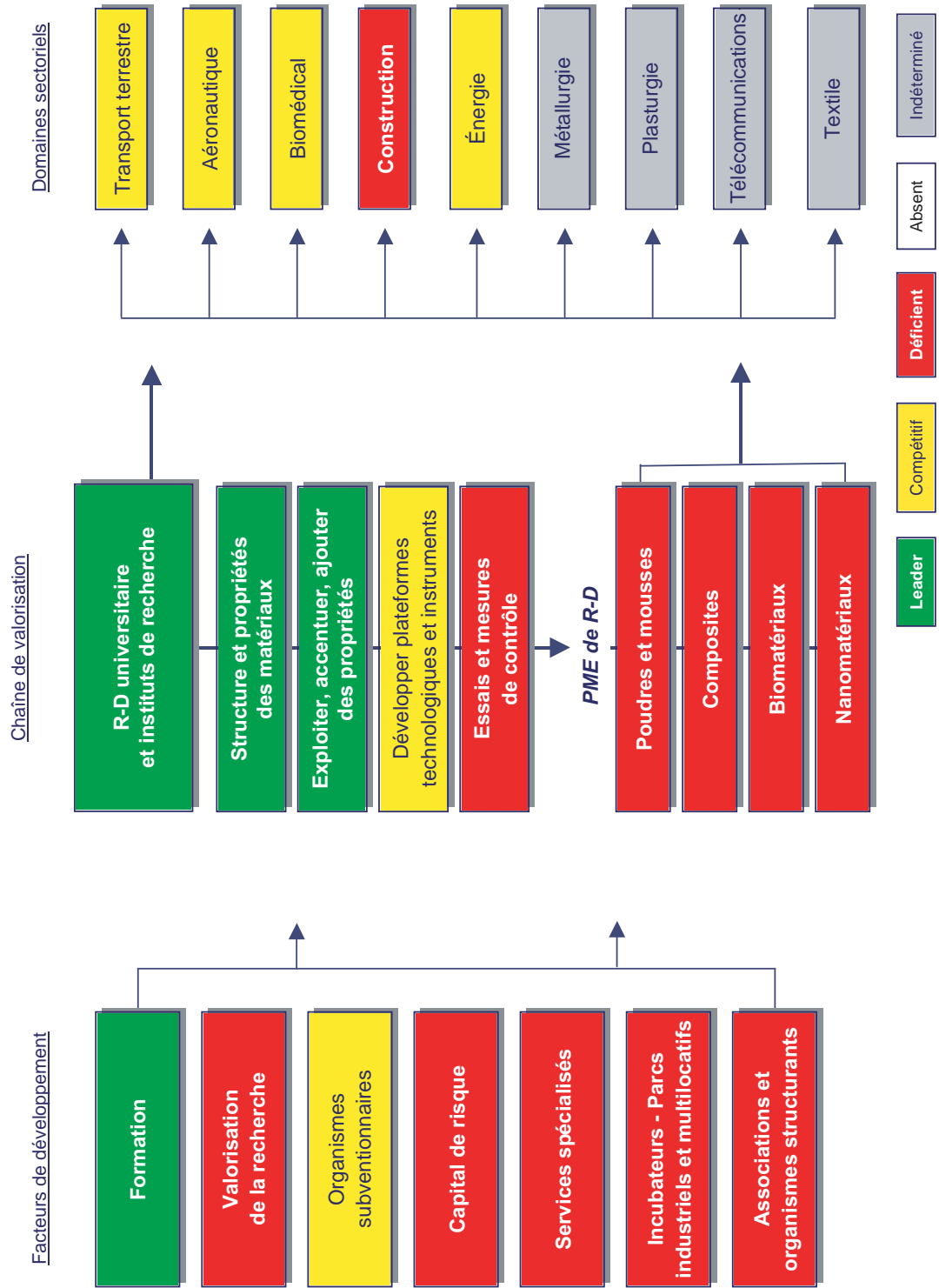
Les entreprises les plus susceptibles de développer des matériaux et des technologies de pointe sont regroupées sous des étiquettes sectorielles (mines et métaux, métallurgie, plasturgie, aérospatiale, transport, etc.) où elles se noient dans la masse. Ces entreprises innovantes commencent toutefois à se donner une voix, entre autres dans les domaines de l'aérospatiale et des nanotechnologies. Il existe aussi une Association canadienne pour les structures et matériaux composites (ACSMAC). Elle est dirigée par des chercheurs et des industriels de la région métropolitaine de Montréal.

Les entreprises, institutions et organismes engagés dans la R-D et l'innovation peuvent joindre Valotech alliances stratégiques, un réseau d'échanges qui a pignon sur rue à Longueuil et à qui l'on doit la création du Carrefour d'innovation en matériaux industriels hébergé à l'IMI.

La circulation de l'information agit comme un catalyseur dans la formation d'une grappe. Il faut donc se réjouir de la présence dans les locaux de l'IMI de l'Annexe spécialisée en matériaux de l'Institut canadien de l'information scientifique et technique (ICIST).

Matériaux avancés

Grappe de pointe



Liens interrégionaux



Hors de la métropole

La science et le génie des matériaux représentent des axes de recherche importants, sinon prioritaires, dans tous les pays le moins industrialisés. Nombre d'entre eux se sont dotés de centres de recherche et de laboratoires nationaux spécialisés dans l'étude des matériaux. Au cours des cinquante dernières années, la National Science Foundation américaine a financé l'implantation d'une trentaine de Materials Research Science and Engineering Centers (MRSEC) où l'interdisciplinarité est la règle. Au fil du temps, chaque centre a développé ses champs d'expertise.

Néanmoins, ces disciplines transversales que sont la science et le génie des matériaux font rarement l'objet d'une intervention aussi globale. Les offensives sont plutôt ciblées. Par exemple, la Suisse a fait de la mise au point des matériaux supraconducteurs à haute température un « pôle national de recherche » sous la conduite de l'Université de Genève. En France, trois domaines de recherche associés bénéficient à titre d'« action concertée incitative » d'un soutien particulier du ministère de la Recherche. Ce sont l'ingénierie des surfaces, la physicochimie de la matière complexe et les nanostructures.

Plusieurs pays ont adopté des plans d'action stratégiques assortis de budgets importants pour le développement des nanotechnologies. Une partie des sommes allouées à ces programmes profite à la recherche sur les matériaux, laquelle fait une place de plus en plus large aux nanomatériaux.

Le Canada n'a pas de stratégie ciblant des programmes particuliers, ce qui n'empêche pas la recherche sur les matériaux d'y être intense.

L'effort québécois : une concentration des efforts dans la recherche

Plusieurs regroupements stratégiques panquébécois ont été mis en place à l'instigation du Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies.

Le Regroupement québécois sur les matériaux de pointe réunit plus de 60 chercheurs des universités McGill et de Montréal, de l'École Polytechnique, de l'Université de Sherbrooke ainsi que des milieux gouvernemental, industriel et collégial. Plasma-Québec regroupe de son côté une quarantaine de chercheurs de l'INRS et de trois universités : McGill, de Montréal et de Sherbrooke. La synthèse de nouveaux matériaux est l'une des principales applications de la technologie des plasmas.

Avec Valorisation-Recherche-Québec, le FQRNT a aussi suscité la formation du Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec (CRIAQ), dont les membres universitaires proviennent de l'École Polytechnique, de l'École de technologie supérieure (ÉTS) et des universités Concordia, Laval, McGill et de Sherbrooke. Les chercheurs du CRIAQ travaillent plus particulièrement à la mise au point de matériaux composites légers thermoplastiques.

Enfin, le FQRNT annonce pour cette année la création d'un Centre de plasturgie et composites. Dirigé depuis l'École Polytechnique, il rassemblera des chercheurs du Cégep de Saint-Jérôme, du Conseil national de recherches du Canada, de l'École de technologie supérieure et des universités Concordia,



Laval, McGill et de Sherbrooke. Trois autres centres de recherche interuniversitaires seront créés qui auront aussi une incidence sur la mise au point de matériaux et de technologies. Ce sont les centres de recherche en fabrication haute performance (chercheur principal à l'École Polytechnique), sur les propriétés des interfaces et la catalyse (chercheur principal à l'Université Laval) et en énergie, plasma et électrochimie (chercheur principal à l'Université de Sherbrooke).

Cette dernière université a été pendant dix ans à la tête du réseau d'excellence Béton Canada. Sa faculté de génie a de ce fait acquis une expertise internationalement reconnue dans les bétons haute performance. Plusieurs ouvrages routiers en périphérie de la ville de l'Estrie ont servi de banc d'essai. C'est aussi dans cette région que les premières entreprises de fabrication d'éléments en béton HP ont vu le jour.

Enfin, on ne sera pas surpris d'apprendre que l'Université du Québec à Chicoutimi est le chef de file de la recherche sur l'aluminium. Le Centre québécois de recherche et de développement de l'aluminium (CQRDA) y loge, de même que deux chaires industrielles, l'une relative à la solidification et à la métallurgie de l'aluminium (CISMA), et l'autre, aux technologies avancées des métaux légers pour les applications automobiles (TAMLA). Les installations de l'IMI au Saguenay sont au service du précieux métal. Notons également que l'UQAC détient une expertise unique en matériaux dégivrants et antigivre.

L'effort canadien : un soutien financier diversifié

Au Canada, aucun programme ne prévoit expressément des fonds pour la recherche fondamentale en science des matériaux. Les subventions empruntent d'autres voies. Par exemple, en génie civil, 29 % des octrois de recherche vont à des projets sur les matériaux. Sur les 24 centres de recherche du Conseil national de recherches du Canada, disséminés de l'Atlantique au Pacifique, un seul est dédié aux matériaux, soit l'Institut des matériaux industriels (IMI), qui a des installations à Boucherville et Saguenay. Toutefois, plusieurs autres centres contribuent à l'avancement de la science des matériaux, comme en fait foi le tableau ci-dessous.

La science des matériaux au Canada		
L'Institut national de nanotechnologie	Edmonton	Nanomatériaux
L'Institut de recherche en construction	Ottawa	Mise au point de matériaux innovateurs
L'Institut des sciences des microstructures	Ottawa	Matériaux avancés pour les télécommunications et la photonique
L'Institut Steacie des sciences moléculaires	Ottawa	Matériaux fonctionnels et de transition ; spectroscopie moléculaire ; interfaces moléculaires.
L'Institut des technologies	London	Utilisation de nouveaux matériaux de fabrication intégrée
L'Institut de technologie de l'information	Ottawa	Utilisation du laser pulsé pour le dépôt de couches minces
L'Institut d'innovation en piles à combustible	Vancouver	Usure des matériaux des piles

Les groupes de recherche, laboratoires et autres regroupements consacrés aux sciences ou au génie des matériaux et à leurs applications sont légion dans les universités canadiennes. Le gouvernement fédéral finance, par l'intermédiaire d'organismes subventionnaires nationaux, des chaires de recherche et des réseaux d'excellence qui amènent les chercheurs de partout au Canada dont les intérêts se recoupent à travailler en collaboration.

Il y a des chaires de recherche dans toutes les universités canadiennes, dont plusieurs en science ou génie des matériaux. Leurs fonds proviennent en grande partie du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG). L'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) finance de son côté neuf programmes de subventions, dont deux ont un impact direct en science des matériaux, soit ceux sur les nanoélectrons et les quantas. Des chercheurs du Québec dirigent ces deux programmes : Peter Grütter, un physicien de l'Université McGill qui est aussi le directeur scientifique de la plateforme d'innovation en nanosciences et nanotechnologies appelée NanoPic du Conseil, et Louis Taillefer, le titulaire de la Chaire de recherche en matériaux quantiques de l'Université de Sherbrooke.

Le Canada finance présentement 21 réseaux d'excellence subventionnés. Deux sont directement reliés aux matériaux avancés. Le réseau AUTO 21 regroupe 205 chercheurs, dont 49 du Québec. Parmi les thèmes à l'étude, mentionnons les matériaux et leur fabrication, les composites polymériques et les aciers de nouvelle génération. Le réseau ISIS porte sur les matériaux intelligents faits de polymères renforcés de fibres auxquels des systèmes de détection sont intégrés. C'est un petit réseau qui inclut quelques chercheurs québécois seulement.

Depuis 1997, la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) a investi près de un demi-milliard de dollars au Québec (495 490 000 \$). Cette somme a largement contribué à la mise à niveau des équipements scientifiques à la disposition des chercheurs.

Le soutien fédéral à la recherche et à l'innovation en matière de matériaux emprunte divers autres canaux. Mentionnons CANMET, un réseau relevant du ministère des Ressources naturelles du Canada, et l'Agence spatiale canadienne, qui encadre des expériences en microgravité auxquelles participent notamment des chercheurs de l'Université McGill et de l'INRS-Énergie et Matériaux.

Montérégie, la croissance par l'innovation

L'industrie de la première transformation est une industrie mature en Montérégie et sa croissance passe maintenant par l'innovation technologique. Ce constat incite la région à pousser la recherche dans ce domaine pour devenir, dans le cadre du projet Accord, un « leader » dans le créneau « technologie de la transformation des métaux ferreux et nouveaux matériaux associés ». Les nanomatériaux font partie des innovations technologiques prometteuses puisqu'ils permettent de créer des alliages aux propriétés supérieures.

Le projet Accord (Action concertée de coopération régionale de développement) a été développé conjointement par la Société générale de financement (SGF) et le ministère du Développement économique et régional et de la Recherche (MDERR). Il vise à construire un système productif régional compétitif sur les plans nord-américain et mondial, par l'identification et le développement, dans chacune des régions, de créneaux d'excellence qui pourront devenir leur image de marque.



Le défi de la Montérégie consiste à consolider le secteur de la première transformation tout en développant les autres phases de la transformation. Pour le relever et devenir un leader, la région bénéficie de la présence de nombreux centres de recherche spécialisés privés et publics, dont l'Institut des matériaux industriels, à Boucherville.

La région se voit aussi comme un « associé déterminant » dans le créneau des technologies avancées pour le matériel terrestre. Contrairement au secteur traditionnel du transport terrestre, ce créneau mise beaucoup sur la recherche, le développement et l'intégration de nouvelles technologies dans des applications concrètes. Son développement est favorisé par la présence sur le territoire de centres de recherche publics ainsi que par la participation active des entreprises à l'intégration des nouvelles technologies.

Les Laurentides, à fond dans le transport en commun

Dans le cadre du projet Accord, la région souhaite explorer le « créneau émergent » du transport terrestre avancé. Elle a déjà une position enviable dans ce créneau qui offre un fort potentiel de croissance à long terme.

Pour réussir, les Laurentides ont, à l'intérieur du Cégep de Saint-Jérôme, une carte maîtresse : l'Institut du transport avancé au Québec (ITAQ), un organisme qui veut participer à « l'émergence de nouvelles technologies du transport terrestre offrant une meilleure efficacité énergétique, une valorisation des énergies renouvelables, et ce dans une perspective générale de promotion du développement durable et de l'amélioration de la qualité de vie ». L'ITAQ travaille avec des entreprises nationales et internationales et leur fournit des services de R-D, de développement de produit, de transfert de technologie, de veilles technologique et stratégique et de formation adaptée.

Les perceptions



Les éléments de stratégie



Une grappe de savoir

Les matériaux de pointe forment, comme les biotechnologies ou les nanotechnologies, une grappe de savoir, un champ technologique clé, bien structuré, transectoriel, qui, bien que se situant en amont de l'ensemble des secteurs, a un effet habilitant sur les différentes industries sectorielles.

En règle générale, un nouveau matériau appelle un nouveau procédé et si le matériau est de pointe, la fabrication l'est aussi. C'est parfois l'inverse. Un nouveau procédé ennoblit un matériau existant en lui apportant une valeur ajoutée. Il existe une relation très étroite entre le matériau et sa fabrication. Les deux vont de pair. En soi, un matériau n'est rien. C'est le fait de le transformer qui lui donne sa place et sa valeur, à tel point que le procédé est souvent l'élément déterminant du choix. Ce sont donc les applications qui confèrent son intérêt à un matériau et aux technologies qui lui sont associées.

La définition que donne l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) du matériau de pointe (*advanced materials*) reflète cette interaction étroite : « Un matériau de pointe est un matériau qui a été commercialisé sur les marchés importants il y a 25 ans ou moins. » Un matériau cesse par conséquent d'être sur la liste de l'organisation uniquement lorsqu'il a fait l'objet d'une utilisation massive pour la fabrication de produits de grande consommation.

Accélérer le transfert technologique

Le Québec – la région métropolitaine de Montréal en tête – représente une force en matière de recherche, puisqu'on y trouve la plus grande concentration de savoir sur les matériaux au Canada. La transmission de ce savoir à l'industrie s'effectue malheureusement au compte-gouttes.

Il y a présentement un déséquilibre entre la force dans le domaine de la recherche et la force industrielle, de sorte que l'industrie ne tire pas pleinement partie des travaux des chercheurs. Il y aurait plusieurs raisons à cela : la majorité des entreprises sont de petite taille et manquent de moyens ; l'activité industrielle locale est trop limitée ; la recherche n'est pas suffisamment adaptée aux besoins de l'industrie.

La faiblesse de la culture d'innovation est également mise en cause. Le niveau de recherche industrielle est insuffisant. La peur du risque influence la décision et l'on préfère importer une technologie éprouvée plutôt que d'innover. Il faut dire que, dans certains secteurs comme l'aéronautique ou l'automobile, les exigences et le temps requis pour faire certifier une composante rendent les ingénieurs prudents.

La nécessité d'accélérer le rythme de transfert technologique fait l'unanimité. Un accroissement de la masse critique d'entreprises créerait une nouvelle dynamique à travers toute la chaîne de création/valorisation/commercialisation. Des catalyseurs tels que Valorisation-Recherche Québec, les sociétés de valorisation universitaires et les centres de transfert ont un rôle important à jouer à cet égard. Ils doivent donc être davantage soutenus.

Malgré la fragilité de sa base industrielle, le Québec peut néanmoins aspirer à profiter de la croissance que devraient connaître plusieurs segments de marché établis ou en émergence au cours de la prochaine décennie.



S'attaquer prioritairement au problème du financement

La filière des matériaux de pointe fait face aux mêmes difficultés de financement que les autres secteurs en émergence. Plus on s'éloigne de la recherche, plus l'argent se fait rare. Les chercheurs peuvent s'adresser à plus d'interlocuteurs qu'il y a dix ans et plusieurs fonds subventionnaires ont même vu leurs crédits augmenter au cours des dernières années. Un dialogue s'est installé au fil du temps entre les gestionnaires de ces fonds et le milieu de la recherche en ce qui concerne les orientations à privilégier.

C'est une toute autre histoire lors du passage de la recherche au développement, dont le financement ne relève plus des fonds subventionnaires. Le secteur privé se dérobe lorsqu'il faut miser sur un potentiel encore hypothétique ou lorsqu'il faut augmenter de façon importante la mise de fonds pour soutenir les efforts de commercialisation. L'incertitude règne actuellement quant à la mise en place d'incitatifs pour le convaincre d'investir et, à défaut, quant à la disponibilité de fonds publics en vue d'assurer une chaîne de financement continue.

De l'avis général, le financement est un problème majeur qui pourrait mettre en péril l'expertise déjà acquise et le développement d'une grappe « matériaux de pointe ». Il est urgent que les détenteurs de capital, privé ou public, jouent pleinement leur rôle, en accord avec les milieux de la recherche et des affaires, si on veut que l'innovation sorte enfin des laboratoires et se rende à l'utilisateur final.

Augmenter la masse critique d'entreprises

Sans une masse critique d'entreprises, la filière des matériaux de pointe demeurera virtuelle, d'où la nécessité d'instaurer des conditions favorables à la création d'entreprises et, au premier chef, une activité économique intense.

Les grands projets forcent la rencontre des expertises les plus diverses et obligent à tendre les énergies vers l'atteinte d'objectifs communs. Ils peuvent être initiés soit par le public, soit par le privé. Les défis associés à la réalisation de grands barrages, d'une mission lunaire, d'un TGV ou de la voiture du futur par exemple mobilisent tous les acteurs du développement. À une échelle plus modeste, l'entente signée avec GM pour compenser la fermeture de l'usine de Boisbriand, qui permet aux entreprises québécoises d'être informées des intentions du géant de l'automobile, a un effet d'entraînement positif.

En somme, la meilleure stratégie consiste à s'intéresser à toutes les initiatives innovatrices et structurantes ayant un impact sur la demande de matériaux de pointe, ici, au Canada et ailleurs dans le monde, car c'est sur le terrain, dans l'action lors de la réalisation d'applications, que s'amorcera la dynamique d'échanges qui ultimement stimulera la recherche, accroîtra la réceptivité à l'innovation, suscitera la création d'entreprises et favorisera la mise en place d'infrastructures et de services spécialisés.

Maîtriser les outils et les expertises fondamentales

Les matériaux de pointe, tels que mentionnés d'entrée de jeu, forment une grappe de savoir composé de trois expertises fondamentales composent : la conception de nouveaux matériaux, la modélisation-simulation et le diagnostic.

La conception de nouveaux matériaux repose dans un premier temps sur la connaissance des matériaux dans leur microstructure et maintenant dans leur nanostructure. Dans un deuxième temps, elle



découle de la capacité de les contrôler, c'est-à-dire de les traiter, de les assembler et de les mélanger pour obtenir les caractéristiques qui permettent une performance donnée en termes de dureté, de durabilité, d'élasticité, de fatigue, etc.

La maîtrise des outils de modélisation/simulation numériques est également essentielle. Une première modélisation s'effectue à l'échelle structurale et chimique ; une seconde concerne les procédés de mise en forme et les produits qui sortent de la chaîne. Ces modélisations identifient les correctifs à apporter afin d'atteindre les objectifs de performance structurale et fonctionnelle qui satisferont les besoins des utilisateurs et des consommateurs.

Le diagnostic est l'instrument du contrôle de la qualité. Il permet de voir à l'intérieur des matériaux, de procéder à une analyse fine des procédés, de façon à s'assurer que le produit est en tous points conforme aux caractéristiques requises.

L'univers des matériaux de pointe comporte donc une part importante d'instrumentation sophistiquée qui a sa place, non seulement dans les laboratoires de recherche, mais aussi dans les usines qui fabriquent des composantes ou des produits à partir de matériaux de pointe.

Appliquer le concept de grappe aux matériaux de pointe

Le champ technologique que représentent les matériaux de pointe est présentement mal irrigué en raison d'une dynamique relationnelle déficiente. L'approche « grappe » contribuera à combler cette lacune.

Une grappe braque les projecteurs sur le corpus de connaissances nécessaires à l'étude et à l'usage des matériaux de pointe. Elle fait ressortir les problématiques sectorielles et intersectorielles communes. Elle favorise la circulation et la diffusion de l'information entre les chercheurs, les industriels, les financiers, les intervenants économiques et les dirigeants politiques. Elle facilite la convergence des actions et l'émergence d'une dynamique relationnelle susceptible de créer globalement plus de développement et de constituer un facteur d'attraction, aussi bien pour les chercheurs que pour les industriels. Elle crée un pôle d'excellence et de rayonnement qui positionnera avantageusement le Québec à l'échelle nationale et internationale.

La naissance d'une grappe repose sur une vision à long terme partagée par tous les acteurs concernés. Sa mise en œuvre nécessite des ressources importantes. Celles-ci ne seront disponibles que s'il existe une solide volonté politique de considérer les matériaux de pointe comme une initiative nationale prioritaire, ce que leur contribution au développement de l'ensemble des secteurs industriels justifie pleinement.

Les actifs relationnels



Le défi de la concertation

La commercialisation à l'échelle mondiale des matériaux et de la fabrication de pointe posent d'énormes défis. Les relever nécessite un effort concerté et collectif sur plusieurs fronts.

Optimiser les réseaux de recherche

Dans la communauté scientifique, les réseaux et regroupements ont la cote. Il faut dire que, depuis quelques années, les organismes subventionnaires encouragent la collaboration entre les chercheurs et favorisent les regroupements interuniversitaires, d'autant plus que la nature des infrastructures expérimentales requises pour effectuer une recherche de pointe dépasse largement la capacité d'un seul chercheur, ce qui rend leur utilisation conjointe incontournable.

Cependant, la concertation au sein de ces réseaux n'est pas toujours optimale à cause des vieux réflexes individualistes profondément ancrés. De plus, l'argent manque souvent pour assurer une coordination vraiment efficace et dynamique. En dépit de leurs faiblesses, ces réseaux sont utiles et génèrent une meilleure recherche.

La recherche sur les matériaux de pointe a franchi une étape importante avec la création du Regroupement québécois sur les matériaux de pointe qui réunit une soixantaine de chercheurs, ce qui ne représente qu'une partie de tous les chercheurs intéressés aux matériaux de pointe, puisqu'ils proviennent essentiellement des trois centres de recherche fondateurs : le Groupe de recherche en physique et technologie des couches minces de l'Université de Montréal, le Centre de recherche en physique des matériaux de l'Université McGill et le Centre de recherche sur les propriétés électroniques des matériaux avancés de l'Université de Sherbrooke. Le recrutement à l'extérieur de ce noyau de base est commencé.

Resserrer les liens entre les chercheurs et les industriels

Les relations entre les chercheurs et les industriels s'établissent généralement sur une base individuelle. La grande entreprise a davantage les moyens de financer des travaux de recherche. Elle a aussi tendance à vouloir contrôler une part de la propriété intellectuelle plus grande que celle que les chercheurs sont prêts à lui céder. Cet appétit freine la collaboration.

Les PME de leur côté ont de plus en plus besoin des infrastructures de recherche publiques afin de caractériser les matériaux et de modéliser leurs comportements. Certaines PME innovantes développent des liens privilégiés et originaux avec des institutions universitaires. À titre d'exemple, mentionnons le Groupe Lavergne, un fabricant de mélanges et d'alliages de polymères thermoplastiques d'ingénierie, qui accueille en ses murs un laboratoire de l'École Polytechnique.

Les relations collectives passent principalement par les regroupements de recherche, qui sont tenus bien souvent d'avoir des partenaires industriels. Les partenariats forcés ne tiennent pas toujours et la moitié d'entre eux n'existent finalement que sur papier. Le bilan est néanmoins positif, puisque l'autre moitié des partenariats débouche sur des alliances solides à long terme.



Le secteur du transport fait figure de pionnier. L'aéronautique s'est donné un Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec (CRIAQ). À l'échelle canadienne, l'Initiative canadienne de recherche sur les matériaux légers réunit des industriels, trois laboratoires du gouvernement fédéral et quatre universités. Les participants du Québec sont Alcan et Noranda, l'Institut des matériaux industriels de Boucherville et l'Université McGill.

Des regroupements d'entreprises existent dans la plupart des secteurs d'activités. Excepté dans le domaine du transport, très peu de ces regroupements se forment autour d'une thématique particulière, comme les matériaux de pointe, et y associent les chercheurs. À noter toutefois, la présence de l'Association canadienne pour les structures et matériaux composites, dont la direction est montréalaise. Les réseaux intersectoriels sont encore plus rares.

Pousser davantage la coopération interentreprises

La coopération interentreprises reste limitée. La nécessité de protéger ses avantages compétitifs est invoquée pour refuser de s'asseoir avec des concurrents. C'est aller à contre-courant de la tendance mondiale. On assiste en effet à une augmentation notable des alliances entre compétiteurs, ce qui a donné naissance au néologisme « coopétition » (coopération-compétition).

L'Institut des matériaux industriels réussit à asseoir à la même table des entreprises concurrentes grâce à des groupes d'intérêt formés autour de problématiques particulières, comme l'ingénierie des surfaces ou les mousses polymères. Le Carrefour d'innovation en matériaux industriels (CIMI) accueille de son côté une douzaine d'entreprises. La multiplication des échanges et la coopération font partie des objectifs poursuivis en vue de soutenir la commercialisation des produits, des procédés et des plate-formes technologiques des différents locataires.

Rapprocher donneurs d'ordre et fournisseurs

Constat surprenant, les donneurs d'ordre ne travaillent pas étroitement avec leurs fournisseurs, malgré la synergie qui doit exister entre le design industriel, l'ingénierie des matériaux, l'ingénierie des procédés et l'ingénierie des produits.

La coopération, lorsqu'elle existe, est technologique et non commerciale, dans le sens où le donneur d'ordre n'investit pas dans la R-D et les essais qu'effectuent ses fournisseurs pour répondre à son cahier des charges ou obtenir la certification d'un matériau. Il arrive qu'un donneur d'ordre prenne certains essais à son compte lorsqu'il peut les réaliser dans ses propres installations.

Par ailleurs, le désir des grands donneurs d'ordre de réduire le nombre de leurs fournisseurs est pour ces derniers une invitation à se regrouper et à former des consortiums qui auront un impact structurant.

Les voies d'avenir



Les segments prometteurs

Ce sont les applications qui définissent les différents marchés. Tous les efforts de commercialisation resteront vains si les matériaux et les technologies proposés ne correspondent pas aux besoins des utilisateurs.

Prenons le marché des transports, qui est à la recherche de matériaux plus légers et dont la quête a pris un caractère d'urgence avec la flambée récente des prix du pétrole. Il ne suffira pas que le matériau soit plus léger, il faudra aussi qu'il soit fort, durable, de fabrication et d'entretien facile et récupérable en tout ou en partie, afin de répondre aux exigences des consommateurs et des producteurs sur le plan de la sécurité, de la fiabilité et du confort. Afin d'abaisser leurs coûts, les constructeurs cherchent à réduire le nombre de pièces à assembler. L'avenir est donc aux pièces de plus grandes dimensions, composées si nécessaire de plusieurs matériaux, ce qui exigera la mise au point de nouvelles technologies.

Chaque secteur a ses attentes et celles-ci sont en constante évolution, d'où l'importance d'être à l'affût et en situation de veille permanente. Certaines tendances, dont il est essentiel de tenir compte comme on le verra plus loin (voir encadré p. 42), s'affirment de façon générale quel que soit le secteur. Mais, avant de parler de productivité, voici quelques segments prometteurs.

Miser sur les mousses et les poudres métalliques

Malgré l'acquisition de caractéristiques nouvelles comme la haute résistance et l'acier, le métal, roi du siècle dernier, se heurte à la concurrence de l'aluminium et du magnésium dans plusieurs usages. Le Québec est bien positionné pour livrer bataille. Les mousses d'aluminium notamment offrent d'excellentes perspectives, compte tenu de l'effort de R-D en cours et de la présence d'importants donneurs d'ordre dans les domaines des infrastructures urbaines et industrielles (municipalités, compagnies minières, papetières) et du transport aérien, ferroviaire et automobile.

Du côté du magnésium, l'espoir renaît. Le Québec, qui détenait au début des années 1990 une position enviable dans le domaine des alliages de magnésium, avait par la suite été doublé par d'autres pays, dont l'Australie et Israël. Puis, les fermetures successives de l'usine Magnola, du Centre de technologie Noranda et de la Société de développement du magnésium (SDM) ont porté un dur coup à cette industrie naissante. On envisage maintenant la réouverture de l'usine Magnola. Les prix sont en hausse et la Chine est de moins en moins capable d'approvisionner les autres pays, car elle fait face à une demande interne très forte et n'a pas les sources d'énergie suffisantes pour augmenter sa production.

Les poudres métalliques, autres que celles d'aluminium ou de magnésium (titane, cuivre, fer et autres métaux frittés), sont aussi un marché où le Québec est en bonne position, tant sur le plan industriel que sur celui de la recherche. La métallurgie des poudres permet de fabriquer des produits finis en limitant le nombre d'étapes et même d'obtenir des matériaux ayant des propriétés uniques. On peut, par exemple, produire à partir de poudre des matériaux poreux qui ont une grande capacité d'absorption et de filtration (bruit, chaleur, air, eau). Les secteurs du transport, de l'outillage et de l'usinage, de l'énergie et du biomédical (implants, prothèses) offrent d'intéressants débouchés.



S'appuyer sur la force de la plasturgie

Le Québec est le leader canadien et un joueur de ligue majeure à l'échelle mondiale en matière de composites plastiques (haute performance et grande diffusion). Plusieurs groupes de recherche sont passés maîtres dans la mise au point de nouveaux composites et dans l'optimisation des procédés. Les chercheurs de l'IMI, par exemple, ont développé des méthodes permettant d'obtenir des profilés structuraux ou des pièces moulées présentant une plus grande rigidité et une meilleure résistance à la fatigue et aux chocs. Le Fonds québécois de recherche sur la nature et les technologies a accrédité, en mai 2004, un nouveau centre de recherche, le Centre de recherche sur les polymères et composites, qui réunit toutes les universités québécoises et est dirigé depuis l'École Polytechnique.

La base industrielle est également solide. Une multitude de transformateurs, utilisant des technologies de pointe, gravitent autour de grands donneurs d'ordre, dont plusieurs œuvrent dans le domaine du transport. Les fabricants d'équipements de sport et de produits récréatifs sont aussi de grands utilisateurs de composites. Notons enfin la présence d'une expertise dans l'utilisation des composites polymères, un matériau non corrosif pouvant servir à contenir et à entreposer les liquides dangereux.

Le Québec tire aussi très bien son épingle du jeu pour ce qui est des thermoplastiques. C'est une bonne nouvelle, étant donné qu'il s'agit d'un matériau de plus en plus recherché en raison de la réduction appréciable des coûts de soudure qu'il entraîne.

Trois types de polymères en émergence pourraient représenter des occasions pour le Québec : les polymères conducteurs pour la fabrication de piles à combustibles, les polymères photoniques destinés à l'industrie des télécommunications et les mousses polymères, plus particulièrement celles qui utilisent des agents gonflants sûrs, non toxiques et compatibles avec l'environnement. Les producteurs de panneaux isolants et d'emballages alimentaires représentent ici des marchés potentiels importants.

Être à l'affût de possibles transferts sectoriels

Les revêtements céramiques ont donné naissance à une solide industrie de fabrication et de mise en forme, qui a été stimulée par la présence de débouchés dans divers secteurs, dont les pâtes et papiers, l'aéronautique, l'énergie (turbines), la métallurgie et les équipements de sport. Plusieurs entreprises ont profité dans ce cas-ci du transfert de nouvelles technologies mises au point dans l'un des nombreux laboratoires de recherche sur les matériaux que compte le Québec.

Depuis le milieu du siècle dernier, le Québec construit énormément d'infrastructures : barrages et centrales hydroélectriques, réseau autoroutier, ponts, écoles, cégeps, centres hospitaliers, musées, salles de spectacles, etc. Des tonnes de béton ont été coulées et continuent de l'être. Le béton a fait l'objet de nombreuses recherches, souvent rendues nécessaires par la rigueur du climat québécois. Les bétons de dernière génération sont à haute performance, autoplaçants, autonettoyants, conducteurs, écologiques, etc. Les maillons de la chaîne chercheurs, producteurs de matières premières, transformateurs et utilisateurs sont solidement attachés et l'industrie est en mesure de satisfaire les besoins des marchés.

Les poudres et matériaux magnétiques seront à l'origine du développement de deux importants marchés : les systèmes d'enregistrement, de lecture et de stockage de données et les moteurs et systèmes électriques par le biais d'alternateurs plus performants. C'est sur ce deuxième marché que le Québec pourrait réussir à percer.



Le tour d'horizon qui précède identifie les marchés les plus susceptibles d'être rapidement intéressants pour les industriels locaux. D'autres classes de matériaux retiennent déjà l'attention des chercheurs et pourraient aussi s'avérer des voies de développement importantes. C'est le cas notamment des biopolymères, vu la disponibilité de la matière première et la force du secteur de la plasturgie, et des matériaux supraconducteurs, entre autres dans le domaine de l'énergie.

Adopter des stratégies ciblées

Le marché des matériaux de pointe est vaste, diversifié et il recèle une multitude d'occasions d'affaires ; à l'industrie de savoir les saisir en adoptant des stratégies ciblées.

À l'évidence, le Québec ne possède pas la base industrielle pour s'imposer sur les marchés de masse qu'occupent les pays à forte densité de population comme la Chine et l'Inde, où la main-d'œuvre est disponible en quantité et à bas salaire. En revanche, les marchés de niche et les productions de petites séries sont à la portée des entreprises québécoises. Ce sont ces créneaux qu'il faut viser.

Il y a deux façons pour une entreprise de vendre un nouveau matériau et la technologie qui lui est associée : s'adresser à des fournisseurs des grands donneurs d'ordre ou frapper directement à la porte de ces derniers pour qu'ils l'inscrivent à leur cahier des charges. La deuxième approche est souvent la plus efficace, à la condition de trouver la bonne porte d'entrée, ce qui est loin d'être toujours évident.

Peu importe la voie empruntée, le changement proposé doit ajouter de la valeur au produit fabriqué ou au procédé utilisé. Cet excellent argument de vente restera cependant sans effet si le coût final apparaît prohibitif. Il faut donc documenter soigneusement les réductions de coût, les gains de productivité et les retombées environnementales ou sociales imputables, à court, moyen ou long terme, à l'introduction du matériau et de sa technologie.

Le marché interne étant trop restreint, les entreprises québécoises sont condamnées à exporter pour assurer leur croissance. Les programmes de soutien à l'exportation revêtent donc une importance cruciale. Ceux-ci doivent cependant dépasser le cadre des foires commerciales et prévoir un réel accompagnement des entrepreneurs en terre étrangère.

Tendances

Le grand décloisonnement : développement de l'approche multimatériaux et multiprocédés

- Les clients recherchent des produits à valeur ajoutée et non pas des matériaux en particulier.
- Déplacement de l'importance du matériau vers l'ingénierie intégrée (solution optimale coût-performance-facilité de fabrication dans une perspective de cycle de vie complet du produit).
- Tendence vers le développement de produits à plus forte valeur ajoutée (produit intégré, module vs pièce).
- Avec les évolutions technologiques, substitution de plus en plus facile entre plusieurs matériaux (par exemple acier, magnésium et plastiques dans l'industrie automobile).
- Solution optimale signifie parfois combinaison de matériaux et de procédés optimisant les géométries et les propriétés physiques.

Source : J.-F. Audet Courtier Stratège – IC2 Technologies – KPMG - 29 avril 2004



Annexes



Unités de recherche universitaires sur le territoire de la CMM

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 : développement de matériaux en couches minces pour les industries de la microélectronique et de l'optoélectronique

Chaire de recherche industrielle CRSNG en plasmas basse pression

Centre de recherche appliquée sur les polymères (CRASP) : composites à matrice polymère, circuits électriques à mémoire de forme

Centre de caractérisation microscopique des matériaux : composites à matrice métallique, métallurgie des poudres, revêtements, nouvelles méthodes de caractérisation

Groupe de recherche en biomécanique et biomatériaux (GRBB) : alliages à mémoire de forme, céramiques, polymères biodégradables, traitement et analyse de surface, amélioration de la résistance à la corrosion et de la biocompatibilité

Groupe d'études et de modélisation sur les matériaux et les méthodes de fabrication

Laboratoire de fabrication intelligente des composites

Laboratoire pour l'analyse des surfaces et des matériaux

Laboratoire d'électrochimie et de matériaux énergétiques

Laboratoire de recherche en biomatériaux

Université de Montréal

Chaire de recherche du Canada en biomatériaux polymériques : transport et largage de médicaments.

Chaire de recherche du Canada en matériaux supramoléculaires : conception et construction de matériaux sur mesure

Chaire de recherche du Canada sur les nanostructures et interfaces conductrices d'électricité : mise au point de nouveaux matériaux pour l'industrie électronique

Laboratoire international sur les matériaux électroactifs (avec le CNRS, de France)

Groupe de physique numérique des matériaux

Groupe de physique des plasmas

École Polytechnique et Université de Montréal

Centre des technologies de fabrication de pointe appliquées à l'aérospatiale (en construction)

Groupe de recherche en physique et technologie des couches minces.

Université McGill

Chaire de recherche du Canada sur les matériaux composites avancés

Chaire de recherche du Canada sur la mécanique des matériaux

Chaire de recherche du Canada sur le traitement non thermal au plasma (*non-thermal plasma processing*)

Chaire de recherche du Canada sur les colloïdes dans les matériaux avancés

Institut des matériaux avancés : étude des propriétés chimiques, mécaniques, électriques, magnétiques des différentes formes de matière

Centre de recherche en physique des matériaux (CPM) : matériaux métastables, matériaux de transition, multimatériaux, étude des quantas et des photons, imagerie microscopique, etc.

Centre de recherche sur les matériaux et alliages pour l'aérospatiale

Centre de recherche sur les polymères (Polymer McGill)

Centre de recherche en technologie des plasmas

Centre de recherche en transformation des métaux

Groupe de recherche sur les biomatériaux

Groupe de recherche sur les matériaux et les dispositifs électroniques

École de technologie supérieure

Chaire de recherche en matériaux et équipements de protection en santé et sécurité au travail : matériaux résistants à des agresseurs chimiques ou mécaniques et à des températures extrêmes

Laboratoire sur les alliages à mémoire et les systèmes intelligents (LAMSI) : conception et développement de composites en alliages à mémoire de forme

Laboratoire universitaire sur les chaussées à revêtement bitumineux (LUCREB)

Concordia

Centre de recherche sur les composites

Centre d'étude sur le bâtiment (département de génie civil)

Laboratoire des matériaux inorganiques

Institut canadien de recherche en télécommunications (centre d'excellence)

INRS – Énergie, matériaux et télécommunications

Chaire de recherche du Canada en photonique ultra-rapide appliquée aux matériaux et aux systèmes

Laboratoire en science et applications des plasmas

Les entreprises innovantes actives

Nom	Sous-secteur	Localisation
<i>Entreprises de fabrication</i>		
Biosyntech	Biomatériaux	Laval
Bitumar	Asphalte polymérisé	Montréal
5 N Plus	Métaux purifiés	Montréal
Cie américaine de fer...	Recyclage et fabrication	Montréal
Corp. can. poudres métal.	Poudres métalliques	Saint-Laurent
Demix	Bétons avancés	Longueuil
Domfer	Poudres métalliques	Lasalle
GMB International	Thermoplastiques	Varenes
Lafarge	Bétons avancés	Montréal
Metalliage	Ferrotitane	Saint-Hubert
Montreal Carbide	Poudres métalliques et céramiques	Longueuil
Unibéton	Bétons avancés	Territoire de la CMM
<i>Laboratoires et recherche</i>		
Ags Taron Technologies	Mousses d'aluminium	Boucherville (CIMI)
Arian Sazeh	Thermoplastiques	Boucherville (IMI) *
Biorthex	Biomatériaux	Boucherville (CIMI)
Bodycote	Laboratoire d'essais	Pointe-Claire
Coesi	Matériaux intelligents	Montréal
Imfine	Lubrifiants magnétiques	Boucherville (CIMI)
Hydro-Terra	Magnésium par électrolyse	Montréal
Kaizen	Matériaux composites	Boucherville (CIMI)
Kromascience	Instrumentation laser	Boucherville (CIMI)
Maetta Sciences	Poudres métalliques et céramiques	Boucherville (CIMI)
Megatech simulations	Mise en forme	Boucherville (CIMI)
Metafoam.com	Mousses métalliques	Boucherville (CIMI)
PharmaLaser	Spectroscopie au laser	Boucherville (CIMI)
Nexia technologies	Bio-filaments	Vaudreuil-Dorion
Plasmionique	Système de traitement par plasma	Varenes
Pultrision Technique	Matériaux isolants spéc.	St-Bruno
Synthesarc	Revêtements céramiques	Boucherville (CIMI)
Terralium	Poudre organique luminescente	Boucherville (CIMI)

Entreprises utilisatrices

Alphacasting	Pièces de titane	Saint-Laurent
Amphenol Air-LB	Connexions	Saint-Hubert
Camoplast	Thermoplastiques	Terrebonne
Composites VCI	Conception et fabrication de pièces	Mirabel
ECI Compos. et filiales	Composites à haut rendement	Boisbriand
Filotech électrodes	Poudres métalliques	Delson
Groupe Canam Manac	Métallurgie	Boucherville
Groupe Lavergne	Recyclage de polymères	Anjou
GSM VCI	Composites HP	St-Laurent
Héroux-Devtek	Aciers haute résistance	Longueuil
Ingersoll-Rand	Aciers haute résistance	Montréal
Marquez Transtec	Thermoformage et composites HP	Montréal
Messier-Dowty	Aciers haute résistance	Mirabel
MTC Suspension	Aciers haute résistance	Chambly
MXT	Fibres électromagnétiques	Montréal
Plasmatec	Poudres métalliques	Montréal
Performag	Alliages de magnésium	Montréal
Polymos	Résines expansées	Vaudreuil
Robert Mitchell Industriel	Alliages de magnésium	St-Laurent
SDM Trimag	Pièces de magnésium	Boisbriand
Soudatec	Soudage haute précision	Lachine
Vac-Aero International	Revêtements céramiques	Boucherville

Entreprises de nanotechnologies

BioMatera	Nanomatériaux	CIMI, Boucherville
Cerestech	Nanomatériaux	École Polytechnique
CNT Plasma	Nanotubes de carbone	Montréal (UQAM)
Fermag	Nanomatériaux	Montréal
Formmat	Nanomatériaux	Montréal
Groupe Minutia	Nanomatériaux	Boucherville (CIMI)*
Hera Hydrogen	Nanomatériaux	Longueuil
IatroQuest	Nanomatériaux	Verdun
Pyrogenesis	Nanomatériaux (plasma)	Montréal
Sinlab	Nanomatériaux	Boisbriand

* Le chercheur (et son entreprise) a son bureau à l'Institut même. Un déménagement au CIMI est envisagé.

Sources d'information

Études et analyses

Stratégie de développement et identification d'occasions d'affaires pour le Québec dans le secteur des matériaux avancés. Audet, Jean-François, courtier Stratège ; KPMG ; IC2 technologies. Étude réalisée pour le MDERR, la SGF, Investissement Québec et Hydro-Québec, automne 2003.

CRIAQ, document de présentation.

The Year in Science, Discover, janvier 2004.

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. Automne 2003.

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

Dossier sur le génie biomédical, Papineau, Jean-Marc, *Plan* janvier-février 2001.

Cahier spécial Innovation, collectif *La Tribune*, Sherbrooke 2003.

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

Événements

Colloque sur les matériaux avancés, 29 avril 2004, Institut des matériaux industriels.

Sites Internet visités

Agence Science Presse – www.sciencepresse.qc.ca

Canadian Smart Materials and Structures Group – www.cansmart.com

Conseil de l'enveloppe du bâtiment du Québec – www.cebq.org

Conseil national de recherches du Canada – www.nrc-cnrc.gc.ca et renvois aux institutions du réseau.

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie – www.nserc.ca

Cybersciences.com

Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies – www.fqrnt.gouv.qc.ca

Institut canadien de recherches avancées, Nanoelectronics Program – www.ciar.ca

Material with Novel Electronic Properties, Université de Genève – www.manep.ch

Materials Today – www.materialtoday.com

Ministère du Développement économique régional et de la Recherche – www.mderr.gouv.qc.ca

Radio-Canada, émissions Découverte et Les années lumière – www.radio-Canada.ca

Réseau Plasma Québec – www.plasmaquebec.ca

Strategis.ic.gc.ca

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)

Pierre-Jules Lavigne, 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, chercheur, 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.

Blaise Labrecque, agent de commercialisation, Institut des matériaux industriels.

André Bazergui, associé principal d'Innovitech et ancien directeur de l'École Polytechnique de Montréal.

Claude Attendu, directeur régional adjoint, responsable du programme d'aide à la recherche industrielle (PARI) du CNRC

Émile Beauchamp, responsable matériaux de pointe, Industrie Canada

Louis-Michel Caron, vice-président projets spéciaux, directeur général, Valotech, alliances stratégiques

Blaise Champagne, directeur général, Institut des matériaux industriels (IMI)

Alain Cloutier, conseiller technologique, MDERR

Robert William Cochrane, responsable du Regroupement québécois sur les matériaux de pointe, membre du Groupe de recherche en physique et technologie des couches minces (CGM) et chercheur au département de physique de l'Université de Montréal

Michel Dumoulin, directeur Conception des matériaux de pointe, Institut des matériaux industriels (IMI)

Dr Hoa, directeur du Centre des composites de l'Université Concordia et président de l'Association canadienne pour les structures et matériaux

Jean-Luc Lavergne, président-fondateur, Groupe Lavergne (polymères recyclés)

Jacques J. Martel, directeur principal, IREQ

Carlos Trindade, gestionnaire des technologies stratégiques, Bombardier Aéronautique

Crédits

Direction éditoriale	Michel Lefèvre
Recherche et rédaction	Jeanne Morazain
Aide à la recherche	Jean-Philippe Meloche Charles-Albert Ramsay Julie Ranger
Révision linguistique	Frédéric Simmonot Dominique Chichera
Graphisme	Dominic Duffaud Bruno Tessier

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