

## Resumen

---

Las nanotecnologías se definen como la creación y utilización de materiales, instrumentos y sistemas que se refieren a la materia en el orden de 1 a 100 nanómetros, es decir, el de los átomos, moléculas y estructuras supramoleculares. Un nanómetro (nm) es una unidad de medida que corresponde a una mil millonésima de metro ( $10^{-9}$  de metro).

Las nanotecnologías, hablando con propiedad, son revolucionarias. En efecto, a nivel nanométrico los materiales y los sistemas pueden demostrar características completamente nuevas que modifican sensiblemente las propiedades, así como los fenómenos y procesos físicos, químicos y biológicos que se tratan. Las modificaciones son tan fundamentales que las propiedades de la materia a nivel nanométrico no se pueden deducir de las de la materia sólida a mayor escala. Las nanotecnologías plantean un desafío científico inmenso. Los investigadores deben poder controlar y manipular la materia, caracterizarla y entender la manera de explotar sus propiedades para construir nuevas nanoestructuras útiles.

Se puede entonces prever que las nanotecnologías constituirán una verdadera revolución tecnológica, ya que permitirán al hombre controlar la materia a nivel del átomo. El Consejo de la Ciencia y de la Tecnología busca por el presente aviso determinar la posición que Quebec debe adoptar para participar plenamente en esta revolución.

Un examen de los grandes campos de investigación de nanotecnologías en el mundo permite formular cierto número de comprobaciones :

- Las posibilidades de aplicaciones de los nanomateriales son prácticamente infinitas. Ningún sector industrial se escapará de la influencia de los nuevos materiales. El campo es todavía muy joven, aunque se hayan intensificado las investigaciones sobre el asunto en los dos últimos años, principalmente en el sector prometedor de los nanotubos de carbono.
- En electrónica, y más particularmente en el campo de los computadores, la litografía convencional se encontrará pronto con un obstáculo insuperable. A más tardar en 2015, sólo un cambio de paradigma en la manera de fabricar los semiconductores permitirá continuar con la miniaturización de los componentes de computadoras. Sin embargo, las investigaciones realizadas en nanoelectrónica dentro de las empresas, laboratorios públicos y centros universitarios permitirán descubrir nuevas tecnologías susceptibles de reemplazar las actuales.

- En biotecnología, los nanomateriales y las nanotecnologías ya han permitido acelerar la investigación. Las fronteras entre campos son más imprecisas, principalmente entre la materia orgánica y la inorgánica. Los microaparatos, por ejemplo los MEMS, asocian las células o nanopartículas de seres vivientes y una materia inorgánica como microchips de silicio. Asistimos a la convergencia de tecnologías que en otro tiempo eran completamente diferentes, en particular la electrónica y la biotecnología.
- La instrumentación, principalmente los nuevos microscopios, son esenciales para el desarrollo de las nanotecnologías. Si ella ha alcanzado cierta madurez, se necesitan aún nuevas investigaciones para concebir los instrumentos adaptados a las condiciones específicas de experimentación.
- Por último, las simulaciones por computador son indispensables para las nanotecnologías; ellas necesitan computadores extremadamente potentes, así como nuevos softwares de simulación.

El aviso traza también una breve descripción de investigaciones llevadas a cabo en los Estados Unidos, Europa y el Japón. Numerosas comprobaciones se despejan :

- En los Estados Unidos, se nota un aumento extremadamente importante del financiamiento gubernamental para las nanotecnologías, un sector que se ha convertido en altamente prioritario para el gobierno estadounidense. El financiamiento de la investigación para las nanotecnologías proviene sin duda alguna de fuentes gubernamentales muy diversificadas, de organismos de subvenciones, como la *National Science Foundation* (NSF) y el *National Institute of Health* (NIH), pero también de los ministerios, principalmente el de la Defensa. Varias universidades estadounidenses cuentan con un financiamiento abundante proveniente, además del gobierno central, de fundaciones privadas, de sus propios fondos de dotación o aún de los Estados mismos, a veces. Estos fondos permiten la construcción de centros importantes y muy bien equipados.
- Asistimos a una convergencia fenomenal entre las diferentes ciencias. Prácticamente todos los centros de investigación estadounidenses agrupan físicos, químicos, biólogos, matemáticos e informáticos, y están establecidos intencionalmente cerca de los departamentos universitarios para favorecer el máximo de interacciones entre profesores investigadores y estudiantes.

- Los campos de investigación son muy diversificados tanto en Europa como en el Japón, mientras que la calidad de la investigación se iguala a menudo, incluso a veces superior a la de los Estados Unidos. Todos los centros de investigación cuentan con el equipo más adelantado. Además, están bien dotados de recursos humanos (por ej.: en técnicos especializados) para sostener a los investigadores.
- Tanto en Europa como en el Japón, todavía no existe ningún centro de investigación dedicado exclusivamente a las nanotecnologías. La mayoría de las investigaciones se llevan a cabo en los centros especializados, ya sea en los materiales, en la electrónica, en razón de la complementariedad necesaria entre las pericias requeridas y entre las necesidades de equipo. Aún en los Estados Unidos, sigue siendo raro la creación de centros dedicados exclusivamente a las nanotecnologías.

Cuando los Estados Unidos, la mayoría de los países de Europa y el Japón han hecho de las nanotecnologías un campo de investigación prioritario, Canadá y Quebec tienen un gran atraso.

En Canadá, sólo dos institutos de investigación del Consejo Nacional de Investigaciones de Canadá (CNRC) son actualmente activos en nanotecnologías. Sin embargo, parece que el CNRC se dispone a establecer un instituto especializado en nanotecnologías en Alberta. Las universidades quebequenses deben acelerar sus investigaciones en los próximos años si se quiere evitar un retraso muy importante de Quebec. El anuncio de la creación de Nano-Québec, en el marco del proyecto presentado a VRG, constituye un momento central susceptible a apoyar a corto plazo las universidades para intensificar la investigación en nanotecnologías. Nano-Québec también ofrecerá la ventaja de favorecer la concertación y la puesta en red de los principales investigadores quebequenses. Sin embargo, Quebec es vulnerable y requiere que los dos niveles gubernamentales consientan invertir recursos financieros importantes.

Los intereses para Quebec son cruciales y consisten sobre todo en asegurar su participación en el desarrollo del cuerpo científico, en constituir una masa crítica de investigadores de alto calibre en todas las disciplinas que afectan las nanotecnologías, en maximizar las sinergias entre los investigadores y centros de investigación correspondientes, en procurar a estos investigadores el equipo necesario para llevar a buen término sus trabajos y, por último, en atraer los estudiantes y en formar una mano de obra de calibre internacional para alimentar la cantera de investigadores y alcanzar la masa crítica deseada. Estos intereses resultan mucho más exigentes que lo que están íntimamente relacionados y no permiten término medio, la importancia de las infraestructuras requeridas es muy grande.

Ahora bien, Quebec ya puede contar con triunfos preciosos :

- 1) Quebec cuenta con unos sesentas investigadores trabajando en nanotecnologías en varias universidades quebequenses, lo que equivale a una treinta personas de dedicación exclusiva.

- 2) El Consejo de Administración de Valorización e Investigación de Quebec decidió en abril de 2001 asegurar hasta 2004 la cobertura de los costos de operación y de mantenimiento del equipo adquirido recientemente, el financiamiento de pasantes postdoctorales, así como la puesta en red de los investigadores a nivel de Quebec e internacional.
- 3) Las cinco universidades afectadas se comprometieron en definir un programa de investigación común, dentro de un organismo de gestión y en contratar a 54 profesores adicionales. Tal acuerdo es una prueba importante de éxito con miras a un desarrollo rápido y armonioso del sector.

### **Recomendaciones**

El Consejo de la Ciencia y de la Tecnología recomienda la constitución de una masa crítica de investigadores dentro de una red integrada verdaderamente de investigación a nivel de Quebec, la adquisición de infraestructuras físicas y la colaboración necesarias del gobierno federal en la realización de esta vasta obra.

Para asegurar el despliegue de este sector es esencial la constitución de una masa crítica mínima de investigadores permanentes, que estarán rodeados de investigadores asociados, invitados, pasantes postdoctorales y estudiantes. Si se realiza el compromiso aceptado por las universidades, éste debería cumplir con los exigencias fijadas.

---

### **Recomendación 1**

**Que las universidades y los gobiernos tomen todas las disposiciones necesarias para contratar y favorecer la contratación de 54 profesores investigadores especializados en nanotecnologías, previstos en el plan sometido a VRQ.**

---

Las nanotecnologías que por esencia son interdisciplinarias, los investigadores y sus equipos deben trabajar en red, en el mismo interior de las universidades y entre universidades, así como con los laboratorios gubernamentales. El establecimiento de tal red necesita la creación de un organismo de coordinación, de planificación y de seguimiento, aprovechando un apoyo administrativo permanente. La creación de Nano-Québec satisface esta exigencia. Ella ofrece también la triple ventaja de dar una visibilidad internacional a las investigaciones que se realizarán, maximizar las interacciones con los centros del resto de Canadá y del extranjero, así como atraer estudiantes, pasantes e invitados, al seno de la red.

---

### **Recomendación 2**

**Que los directores de los diferentes departamentos, los decanos y los responsables de la investigación en las universidades desplieguen los medios necesarios para favorecer las interacciones entre los investigadores y los estudiantes, en el campo de las nanotecnologías.**

---

Nano-Québec será el organismo indicado, con el apoyo de sus miembros, para hacer la promoción de la red ante las autoridades gubernamentales quebequenses y canadienses. Nano-Québec tendrá principalmente por misión estructurar las investigaciones que se llevarán a cabo en Quebec alrededor de una programación común, favorecer los contactos de diferentes investigadores involucrados dentro de las universidades y de los laboratorios gubernamentales, asegurar sus vínculos con las redes extranjeras más eficientes, así como promover las investigaciones en nanotecnologías dirigidas al medio industrial, a los jóvenes y al público en general.

---

### **Recomendación 3**

---

**Que las universidades y el gobierno de Quebec apoyen concretamente la creación de Nano-Québec.**

---

El Consejo afirma que es fundamental y urgente que Quebec se dote de un instituto interuniversitario de calibre internacional en el sector de las nanotecnologías, incluyendo un polo central en Montreal y dos antenas, una en Quebec y otra en Sherbrooke. Para lograr tal empresa, este instituto deberá poder contar con las condiciones comparables a las de los institutos de igual naturaleza. Por otro lado, el Consejo sugiere que las infraestructuras adquiridas también sean puestas al servicio del sector de las microtecnologías. En efecto, varias técnicas de microtecnologías, ya sea en el campo de la electrónica o en el de las MEMS, necesitan el mismo tipo de equipo que las nanotecnologías.

Nano-Québec podrá administrar el instituto.

La construcción de tal instituto deberá costar cerca de 100 millones de dólares, un tercio en la edificación y el terreno y dos tercios en equipos. El instituto tendrá así el tamaño de los centros estadounidenses mejor cotizados. Las consultas llevadas a cabo en Quebec en el marco del presente aviso confirman la precisión del monto.

El gobierno quebequense debe ser socio central en la creación del instituto. Pero la importancia de las inversiones consideradas necesitará una participación financiera sustancial del gobierno federal.

---

### **Recomendación 4**

---

**Que el ministro delegado de la Investigación, de la Ciencia y de la Tecnología sea responsable del establecimiento, de aquí a tres años, de un centro mayor especializado en nanotecnologías y en microtecnologías en Quebec.**

---

Las universidades no serán las únicas que se interpelarán sobre la aventura. Todos los países que no marquen el paso en nanotecnologías contribuirán con sus laboratorios públicos. Canadá no puede ser una excepción.

Parece que el Consejo Nacional de Investigación de Canadá (CNRC) tomó la iniciativa para establecer un instituto dedicado a las nanotecnologías, en Edmonton, Alberta, pero este esfuerzo no puede ser suficiente en Quebec, por razón al mismo tiempo de lejanía geográfica y especialización científica del instituto de Alberta. Los laboratorios del CNRC en Quebec deben proseguir las investigaciones en nanotecnologías.

Además, el gobierno canadiense debería lanzar uno o varios programas específicos del tipo de Génome Canadá.

---

### **Recomendación 5**

---

**Que el ministro delegado de la Investigación, de la Ciencia y de la Tecnología lleve a cabo las gestiones necesarias que el gobierno canadiense contribuya sustancialmente en el desarrollo de las nanotecnologías en Quebec.**

---