

## Les nanosciences et nanotechnologies en Ile-de-France

Les nanotechnologies font l'objet d'un débat public national organisé par la Commission nationale du débat public (CNDP) qui a invité les CESR à s'exprimer sur un sujet d'importance pour la société civile. Lors de son Bureau du 2 décembre 2009, le CESR d'Ile-de-France a ainsi validé la constitution d'un groupe de travail chargé de préparer une contribution écrite destinée à être portée à la connaissance des organisateurs du débat. C'est l'objet de la présente note qui comporte des pistes de réflexion (présentées en italique dans le texte par souci de clarté).

A l'heure actuelle, les nanosciences et nanotechnologies (c'est à dessein que nous traiterons des deux questions car science et technologie sont inséparables) constituent avant tout un formidable enjeu de connaissances et de recherches. Les applications, même si elles sont réelles dans certains domaines (comme l'électronique, la cosmétique, la mécanique, les peintures...), ne représentent qu'une petite partie de l'impact possible des nanosciences et nanotechnologies et de la place qu'elles pourraient prendre dans l'avenir, en particulier dans les domaines de l'information et celui du médical. 8,6 milliards de dollars ont été investis en 2004 dans les nanotechnologies, ce qui représentait une augmentation de 10% par rapport à 2003. Dans le monde entier, tous les pays développés centrent une grande partie de leurs recherches sur les nanosciences et nanotechnologies. Cela se traduit par l'émergence de programmes de financement spécifiques, nationaux, européens et internationaux mais aussi par des efforts de structuration de ce secteur de recherche.

Les nanotechnologies engendrent une course aux publications scientifiques et aux brevets où les grands pays investisseurs ne sont pas forcément les premiers. Par exemple, dans le secteur des nanotubes de carbone, les Etats-Unis n'ont déposé que 17% des brevets mondiaux, contre 29% pour le Japon et 31% pour la Corée du Sud.

De nombreuses publications, en premier lieu scientifiques, mais aussi de caractère général<sup>1</sup> portent sur les nanotechnologies.

S'il semble inutile de s'attarder dans cette contribution du CESR sur les données du problème en termes scientifiques et technologiques, il apparaît nécessaire de la centrer sur les aspects spécifiques à l'Ile-de-France où se concentre une partie importante de la recherche nationale dans ce domaine (près de 50% de l'effort de recherche nationale).

*Si les nanosciences et nanotechnologies ouvrent de nouvelles perspectives scientifiques et permettent le développement d'applications novatrices, leur élaboration, comme leur utilisation, rendent nécessaires l'établissement de normes, en particulier sanitaires, ainsi que de règles éthiques.*

### LE CHAMP D'ÉTUDE DES NANOSCIENCES ET NANOTECHNOLOGIES

Les nanosciences et nanotechnologies s'intéressent, sous toutes leurs formes (théories, productions, identifications, études des

propriétés), à des objets moléculaires dont la taille se situe aux environs du nanomètre (1 à 100 nm). Le nanomètre est égal à  $10^{-9}$  m. Les nanotechnologies renvoient plutôt à la mise en forme de tels objets et à leur utilisation.

Du point de vue des nanosciences il ne saurait y avoir d'autre limite que celle que la recherche est capable de pousser à ses extrêmes. Ce qui n'empêche pas, évidemment, de créer les conditions permettant aux scientifiques de mener leurs recherches dans des conditions de sécurité en rapport avec les objets traités et les appareillages utilisés pour les identifier, étudier leurs propriétés et les produire.

Du point de vue des nanotechnologies, leur production à l'échelle industrielle, leur diffusion dans le public, comme leur recyclage en fin de vie, posent des problèmes qu'il convient d'identifier et de maîtriser pour

assurer la sécurité des salariés et, plus largement, de tous ceux qui travaillent dans ce secteur ainsi que des utilisateurs concernés. Ces deux questions font l'objet, dans la présente note, d'un paragraphe complémentaire consacré à la mise en œuvre des nanosciences et nanotechnologies.

### REGION ILE-DE-FRANCE : LE CONTEXTE ET LES ENJEUX ECONOMIQUES ET SOCIAUX

#### LE CONTEXTE

La région Ile-de-France représente le premier pôle français dans le domaine des nanosciences et nanotechnologies.

La communauté scientifique, qu'il s'agisse des physiciens, des chimistes, des biologistes, ou encore des sociologues, est organisée au sein d'un réseau pluridisciplinaire,

<sup>1</sup>La CNDP : [www.debatpublic-nano.org](http://www.debatpublic-nano.org)

Le CNRS : [www.cnrs.fr/comitenational/doc/rapport/2004/lesateliers/023-046-Chap2-Nanosciences.pdf](http://www.cnrs.fr/comitenational/doc/rapport/2004/lesateliers/023-046-Chap2-Nanosciences.pdf)

Les universités, notamment l'Institut des Nano Sciences de Paris : [www.insp.upmc.fr](http://www.insp.upmc.fr)

L'avis sur les nanotechnologies présenté par Alain Obadia lors de la séance des 24 et 25 juin 2008 du Conseil économique social et environnemental (CESE).

Le CEA : [www.cea.fr/le\\_cea/actualites/plan\\_national\\_pour\\_les\\_nanotechnologies-20048](http://www.cea.fr/le_cea/actualites/plan_national_pour_les_nanotechnologies-20048)

le Centre de compétence nanosciences Ile-de-France (C'NANO)<sup>2</sup> qui regroupe 84 laboratoires et institutions de recherche, deux centrales nationales de technologie, 211 équipes de recherche, 7 universités et 6 grandes écoles. Cet ensemble concerne environ 1800 chercheurs, enseignants chercheurs, doctorants et post-doctorants.

Les financements proviennent des établissements publics à caractère scientifique et technologique (EPST), des établissements publics industriels et commerciaux (EPIC), des universités, de l'Agence nationale de la recherche (ANR) et du 7ème programme cadre de recherche et de développement (PCRD) lancé par l'Union européenne.<sup>3</sup>

Par comparaison, la recherche en nanosciences et nanotechnologies en France compte 5.300 chercheurs repartis en 243 laboratoires. Cela illustre bien le poids de l'Ile-de-France dans ce dispositif. Elle dispose, de surcroît, de grands instruments de mesures, en particulier du synchrotron « SOLEIL »<sup>4</sup> permettant une offre spécifique pour l'étude des matériaux. C'est notamment le cas sur le site de Orsay-Saclay-Palaiseau.

Le plan Nano-INNOV<sup>5</sup>, mis en place par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche en mai 2009, prévoyait d'y consacrer 70 millions d'Euros en 2009 dont 46 millions pour la construction d'un centre d'intégration sur le site de Saclay sous la maîtrise d'œuvre du Commissariat à l'énergie atomique (CEA).<sup>6</sup>

Tous ces éléments soulignent le rôle important que joue la région en matière de recherche et de développement. Sans qu'il soit possible pour l'instant d'en mesurer les effets concrets, le plan de relance, comme le grand emprunt, projettent de consacrer à ce domaine des financements et des capitalisations de fondations de recherche.

Les nanosciences et nanotechnologies représentent, par essence, des thèmes

« transversaux » ou de « convergence » entre physique, chimie et biologie. Cette interdisciplinarité est un avantage mais peut engendrer des difficultés. Cependant, compte tenu des enjeux et des développements potentiels, cette convergence doit être encore confortée, tant en ce qui concerne la formation que la recherche :

- en matière de formation, il n'est pas facile de trouver un bon équilibre entre une formation pluridisciplinaire et une formation spécialisée dans un seul domaine ;

- au niveau de la recherche, malgré l'existence de Centre de compétence nanosciences (C'NANO), il n'y a pas en région Ile-de-France de réelle initiative de recherche « transversale ». L'état des lieux montre à la fois une faiblesse dans la valorisation de la recherche académique et dans son transfert vers le tissu industriel.

*Si le CESR considère que les nanotechnologies aident à maintenir et à développer l'emploi dans les technologies de pointe à forte valeur ajoutée, il estime que la Région doit, au même titre que les autres acteurs concernés (les universités, les instituts de recherche publics et privées, les entreprises...), s'impliquer, au niveau de ses responsabilités, dans les formations liées à ces nouvelles technologies.*

## LES ENJEUX ÉCONOMIQUES ET SOCIAUX

Les nanotechnologies représentent un enjeu économique important. Les chiffres mondiaux et européens sont connus, mais nous n'avons pas de données particulières chiffrées concernant la région. La France est quasiment absente dans le domaine de l'instrumentation spécifique dédié aux nanosciences et nanotechnologies.

Il convient de faire ici le point sur les deux grands domaines d'applications que sont,

d'une part les technologies de l'information et la communication et, d'autre part, le bio-médical.

Concernant les technologies de l'information et de la communication, la situation n'est pas satisfaisante, ni en France ni en Europe. Au cours des 20 dernières années, la diminution des activités de recherche et développement menées par de grands acteurs industriels de l'Ile de France comme Thomson-CSF, le Centre national d'études des télécommunications (CNET), IBM, ou encore Alcatel, pose un sérieux problème dans le domaine des technologies de l'information et de la communication.

L'expérience montre que le virage pris vers les nanotechnologies dans le domaine de l'imagerie médicale est positif. Il a, par exemple, permis la préservation de la société francilienne « Guerbet »<sup>7</sup> qui sans cela n'existerait plus aujourd'hui.

*C'est probablement l'une des raisons pour laquelle le gouvernement a lancé son projet d'Opération d'Intérêt National (OIN) sur le plateau de Saclay, afin d'essayer de redynamiser l'activité industrielle, notamment dans ce domaine. Le CESR insiste sur le fait que la réussite d'un tel projet est grandement liée à la capacité des décideurs à disposer d'une approche partagée. Celle-ci doit permettre, en s'appuyant sur l'existant, de franchir un pas significatif dans le renforcement de nos possibilités scientifiques et technologiques.*

Rappelant que se trouve en Ile-de-France la plus forte concentration de scientifiques du pays et qu'ils disposent dans notre région des moyens techniques les plus importants, le CESR encourage le financement des recherches dans ce domaine.

S'il est souhaitable que chaque discipline ait une meilleure connaissance des nanotechnologies, il est primordial qu'une vision cohérente, issue de ces différentes disciplines, permette à chacun de mieux comprendre et tirer les conséquences de ces technologies

L'Avis sur les nanotechnologies présenté par Alain Obadia lors de la séance des 24 et 25 juin 2008 du Conseil économique social et environnemental (CESE).

Le CEA : [www.cea.fr/le\\_cea/actualites/plan\\_national\\_pour\\_les\\_nanotechnologies-20048](http://www.cea.fr/le_cea/actualites/plan_national_pour_les_nanotechnologies-20048)

<sup>2</sup>[www.cnanoif.org](http://www.cnanoif.org)

<sup>3</sup>Programme de la Commission européenne destiné à élaborer des schémas de financements à l'attention des universités, des instituts de Recherche, des PME et des industries. Les activités financées sont les suivantes : recherche, développement technologique, démonstration, gestion et utilisation des connaissances dans le but d'innovation, dissémination, formation, management.

<sup>4</sup>Situé à Gif-Sur-Yvette, dans l'Essonne, le synchrotron « SOLEIL » peut se résumer, de manière simplifiée, en une forte source de lumière, sous la forme d'une « lampe » de 150 m de diamètre, qui produit de l'infra-rouge, des UV et des rayons X pour explorer la matière au niveau atomique. Concrètement, il s'agit d'une « immense piste de course » circulaire de 354 m de périmètre à l'intérieur de laquelle on accélère à la vitesse de la lumière des électrons. Chaque fois que ces particules de matière chargées électriquement tournent, elles émettent un rayonnement lumineux appelé « rayonnement synchrotron ». A l'ère de la génomique et des nanotechnologies, il est nécessaire d'explorer la matière vivante (cellule, virus, bactéries...) ou inerte (éléments chimiques, matériaux divers...) à l'échelle de l'atome. C'est cela que des installations telles que « SOLEIL » rendent possible en éclairant la matière avec une lumière extrêmement brillante.

<sup>5</sup>Le plan Nano-INNOV vise à permettre à l'industrie française « de réussir le virage des nanotechnologies » (ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche) qui repose, entre autres, sur la création de centres d'intégration des nanotechnologies à Grenoble, Saclay et Toulouse. 70 M€ seront consacrés à ce plan dès 2009.

<sup>6</sup>Si la construction du site est bien engagée au titre du plan de relance, le financement pérenne demeure quant à lui incertain.

<sup>7</sup>Cette entreprise présente dans le monde entier, intervient dans le domaine de la santé publique. Sa mission est de « contribuer aux progrès du diagnostic des pathologies majeures (cancers, maladies cardiovasculaires, inflammatoires et neuro-dégénératives), en proposant des solutions d'imagerie innovantes et efficaces, pour une meilleure prise en charge des patients, partout dans le monde ». Elle compte 170 collaborateurs et travaille en réseau avec une centaine de partenaires scientifiques dans le monde, publics et privés, dans toutes les disciplines. Engagée dans plus de 100 partenariats R&D, cette entreprise consacre 10% de son chiffre d'affaires à des investissements dans ce domaine.

qui peuvent en première approche sembler contradictoires, voire porteuses de risques.

*Sur la base d'une meilleure vulgarisation, d'une meilleure information et d'une meilleure connaissance des phénomènes rencontrés, le CESR forme le souhait de voir notre pays, et en particulier notre région investir pour :*

- développer les technologies et nouveaux produits grâce à une meilleure connaissance des nanosciences ;
- disposer des moyens permettant de se préserver des effets indésirables qui pourraient être liés à ces nouveaux produits ou nouveaux processus.

### INCIDENCES DES NANOPARTICULES SUR LA SANTÉ ET L'ENVIRONNEMENT

Les nanosciences et nanotechnologies recouvrent un champ vaste et diversifié de recherches et d'applications. La diffusion dans le public de matériaux de taille nanométrique pose, comme pour tout nouveau produit, des questions d'identification et de maîtrise des risques liés à l'usage.

Il faut ici distinguer deux problèmes : d'une part celui des salariés et, plus largement de tous ceux qui travaillent dans le domaine de la recherche et de la production de nano objets et, d'autre part, celui des consommateurs de produits contenant des nano objets.

Si l'un des dangers identifiés des nano objets est lié à leur état de dispersion, il est nécessaire de définir la nature des précautions majeures à prendre pour éviter tout risque d'intoxication en cas d'inhalation, d'ingestion, ou encore de contacts cutanés ou avec les yeux.

Ces problèmes maîtrisables exigent une mise en conformité systématique des lieux d'expérimentation et de production sur la base d'une connaissance claire des pathologies induites par la manipulation de telles substances. Compte tenu des effets d'accumulation à long terme, un suivi médical régulier doit être effectué. La durée d'un tel contrôle est variable et peut parfois être permanente. *Le CESR estime que cela implique d'avoir recours à des emplois pérennes permettant de travailler avec des salariés formés aux règles de sécurité et à la nécessité de les respecter. C'est ainsi que*

*l'on contribuera, en amont, à entourer l'utilisation des produits intégrant des nanotechnologies de toutes les garanties de sécurité pour le grand public.*

*Au niveau de la production, le CESR fait sienne la recommandation du CESE, dans son Avis de juin 2008 sur « les nanotechnologies » (rapporteur M. Alain OBADIA) : « dans les sites réunissant des salariés d'entreprises différentes, sous-traitantes notamment, les compétences et l'organisation des Comités d'hygiène de sécurité et des conditions de travail (CHSCT) devraient être élargies en s'inspirant des CHSCT de site, pour que tous les salariés bénéficient des mesures de précaution et de prévention nécessaires » (extrait).*

Il faut cependant noter qu'à l'heure actuelle aucun de ces CHSCT élargis ne fonctionne en France. Il s'agit d'instances sans réels moyens et que la loi ne rend obligatoires que pour les sites classés « SEVESO AS »<sup>8</sup>.

Si du fait de leurs dimensions et des quantités produites, les nano objets utilisés dans les biens de consommation échappent à l'effet de seuil contenu dans le programme européen « REACH »<sup>9</sup> (celui ci s'applique aux substances produites ou importées à plus d'une tonne par an), *le CESR souhaite qu'une norme de risque chimique soit adaptée à ces substances.*

*Par ailleurs, le CESR souhaite que la Région participe au développement actif d'un secteur spécifique d'étude des risques, mais aussi des processus de contrôle des garanties de qualité et de sécurité dans la conception et la fabrication des produits intégrant des nanotechnologies. Ce secteur pourrait être financé obligatoirement par une partie des crédits alloués à la recherche et à la production des nano objets, selon un pourcentage restant à déterminer.*

L'Ile-de-France est l'une des régions parmi les mieux positionnées en matière de recherche-développement. *Elle doit donc être innovante dans le domaine de la sécurité et se donner les capacités de se distinguer en portant une part importante de sa recherche dans des programmes de gestion des risques et en développant son expertise.*

*Il est aussi nécessaire de diffuser une information aisément compréhensible auprès du public, et notamment des jeunes. Pour faire connaître les avancées des connaissances en matière de nanoparticules, de*

« nanophénomènes » et de nanotechnologies, le système éducatif a naturellement un rôle essentiel à jouer, ainsi que les médias. L'objectif n'est pas tant de défendre le monde du nanomètre que de permettre à tous de mieux comprendre et appréhender le monde qui nous entoure, qui interagit avec nous et dans lequel nous vivons.

### CONCLUSION

Les nouvelles connaissances concernant la matière et ses propriétés, ainsi que leur mise en œuvre dans des produits, suscitent toujours des interrogations et des polémiques. Les nanotechnologies n'échappent pas à cette règle.

C'est pourquoi le CESR, à travers cette contribution au débat public, a voulu apporter son éclairage et suggérer des pistes de réflexion permettant à la recherche de se développer dans un climat serein propice au travail scientifique.

Une meilleure connaissance des interactions présentes à l'échelle du nanomètre ne peut nuire et doit donc être encouragée. Pour ce qui est de l'utilisation des découvertes qui peuvent, ou pourront être réalisées grâce à une meilleure connaissance de l'échelle nanométrique (et peut-être un jour à celle du picomètre)<sup>10</sup>, il est nécessaire d'aller de l'avant sans se départir de l'élémentaire prudence devant accompagner la diffusion de toute nouveauté.

*Le CESR souhaite que le débat national sur les nanotechnologies permette l'émergence d'un « état de l'art » sur cette vaste question, condition nécessaire à une bonne compréhension du sujet ainsi qu'à une évaluation de ses enjeux.*

<sup>8</sup>Un site classé « SEVESO AS » est une installation industrielle classée en « autorisation avec servitudes » dont l'activité (en particulier les quantités de produits stockés) présente un risque important pour les populations alentours, en cas d'accident grave.

<sup>9</sup>Il s'agit d'une réglementation chimique européenne du 1er juin 2007 ayant pour objectif d'offrir au public une meilleure protection vis-à-vis des substances chimiques produites. « REACH » signifie en Français « Enregistrement, Evaluation et Autorisation des Substances Chimiques ».

<sup>10</sup>Un picomètre (symbole : pm) est une unité de longueur du système métrique.

# Les nanotechnologies représentent un secteur porteur en matière de création d'emplois et d'attractivité.

## AUSSI LE CESR ESTIME QUE LA RÉGION DOIT :

- favoriser une meilleure information du public, et notamment des jeunes, sur les nanotechnologies (y compris sur leurs risques), celle-ci étant un préalable nécessaire au développement des innovations dans ce domaine tout en contribuant à garantir la sécurité des utilisateurs ;
- aider au développement des formations en matière de nouvelles technologies, dans les universités, les instituts de recherche, les entreprises etc. ;
- soutenir des projets comme ceux menés à Saclay dans le cadre de l'OIN, en favorisant notamment la coordination entre les différents acteurs.

## LE CESR ESTIME AUSSI QUE DES PRÉCAUTIONS DOIVENT ÊTRE PRISES POUR ENTOURER LE DÉVELOPPEMENT DES NANOTECHNOLOGIES DE TOUTES LES GARANTIES NÉCESSAIRES, NOTAMMENT EN MATIÈRE DE SÉCURITÉ.

Pour cela, il convient :

- d'établir des normes, en particulier sanitaires, ainsi que des règles éthiques ;
- de recourir à des emplois pérennes permettant de s'entourer de salariés formés et rompus au respect des procédures en matière d'hygiène et de sécurité ;
- de renforcer et d'élargir, dans les sites réunissant des salariés d'entreprises différentes, les compétences des Comités

d'hygiène de sécurité (CHSCT), cette proposition étant déjà portée par le CESE ;

- de développer un secteur spécifique d'étude des risques et des processus permettant d'entourer de garanties de qualité et de sécurité, la conception-fabrication des produits intégrant des nanotechnologies; ce secteur pourrait être financé à hauteur de 10% des crédits alloués à la recherche et à la production des nano objets.

cesr