

Recommandations communes

1 ■ Prendre l'initiative d'un grand programme

Pour donner au pays les meilleures chances d'aborder en bonne position les défis technologiques futurs, l'Académie des sciences et l'Académie des technologies considèrent qu'un ambitieux projet national de recherche¹ sur les nanotechnologies est nécessaire. Il s'agirait d'un vaste programme destiné à mettre en place les infrastructures indispensables au niveau local et régional, encourager la recherche fondamentale dans le domaine des nanosciences et l'exploration de nouveaux concepts en nanotechnologies, favoriser la recherche exploratoire en vue d'applications ciblées et de la valorisation des innovations, et définir des objectifs stratégiques.

Recommandation 1 : lancer un programme majeur, interministériel, destiné à doter le tissu de recherches français d'une organisation et de moyens propres à assurer au pays une position de premier plan dans le domaine des nanotechnologies et de leur mise en œuvre au plan industriel.

1. Par « projet national de recherche », on entend ici une décision de politique de recherche majeure, interministérielle, visant à amener la recherche française en nanosciences et nanotechnologies, ainsi que les infrastructures nécessaires, au même niveau que dans les pays comparables. L'enjeu consiste à faire évoluer les travaux d'un nombre substantiel d'équipes de recherches vers des thématiques orientées vers la création de connaissances ou d'applications à fort *potentiel économique* et permettant de répondre aux attentes des entreprises et à des *demandes de la société*. Les actions actuelles du ministère de la Recherche, tout à fait bienvenues, ne sont pas du tout au niveau souhaitable.

2 ■ Organiser la diversité

Pour assurer la cohérence d'une grande initiative « Nanotechnologies », une structure doit coordonner le programme entre les nombreuses institutions opérationnelles concernées, et dans certains cas attribuer directement certaines aides, en particulier pour les projets à forte composante interdisciplinaire, ou pour mettre en œuvre des moyens de fabrication. Cette instance, « l'Agence Nationale des Nanosciences et Nanotechnologies », devrait être créée pour une durée limitée, afin de mettre en place les moyens humains, matériels et organisationnels pendant la phase de lancement des nanotechnologies en France. Une telle instance devrait naturellement organiser une réflexion stratégique sur les évolutions du domaine, et publier régulièrement les objectifs identifiés et la stratégie mise en place pour les atteindre.

Recommandation 2 : créer une structure chargée de coordonner l'initiative nanosciences/nanotechnologies, et d'organiser une réflexion stratégique sur les objectifs à poursuivre ; évaluer régulièrement l'action de cette structure et ses procédures.

3 ■ Apprendre à travailler ensemble

Pour que la recherche française s'engage résolument dans le domaine des nanotechnologies, il faut assouplir les structures actuelles et favoriser les regroupements des chercheurs et des équipes atteignant des masses critiques². Le caractère interdisciplinaire des nanotechnologies impose d'inciter les acteurs de la recherche à se regrouper au-delà des clivages traditionnels, et d'adopter des modes d'organisation nouveaux au sein et entre les institutions.

2. Certains domaines d'applications – en particulier lorsqu'on arrive au stade préindustriel – nécessitent la formation de consortiums dotés d'une *masse critique* et des acteurs de *disciplines variées* dont certaines ne sont pas impliquées naturellement dans le domaine (par exemple des mécaniciens pour résoudre certains aspects technologiques rencontrés dans les dispositifs de stockage magnétique). À cet égard, on peut remarquer qu'aux États-Unis, la taille caractéristique des équipes engagées dans le domaine des nanotechnologies, souvent dirigées par des jeunes professeurs de la classe d'âge 35-45 ans, est d'une vingtaine de personnes (seniors, post-doctorants, thésards), ce qui permet de mener de véritables projets technologiques. En Europe, le laboratoire de chaire attaché à la durée du mandat d'un professeur est souvent la règle. Ces professeurs ont plutôt 40-50 ans, et disposent parfois d'équipes encore plus importantes, constituées par montée en puissance à partir du « package » de départ du professeur. Celui-ci aura le plus souvent été recruté en compétition avec d'autres institutions prestigieuses. En France, ceci n'est pas transposable, et il faudra trouver de nouveaux modes d'organisation pour arriver au même résultat.

Recommandation 3 : favoriser les regroupements d'équipes interdisciplinaires et interorganismes au sein d'instituts fédératifs, dotés de crédits spécifiques et identifiables par des partenaires industriels : favoriser la création de groupements entre organismes et partenaires locaux pour gérer des infrastructures pour la nanotechnologie et leur personnel technique.

4 ■ Mettre à niveau et généraliser les infrastructures indispensables

Pour permettre à la recherche française de trouver sa place dans la recherche européenne et auprès des industriels, au niveau scientifique et technologique qui doit être le sien, il faut disposer de moyens comparables à ceux des partenaires/concurrents. Les besoins en infrastructures nouvelles concernent en priorité des centres délocalisés de taille intermédiaire pouvant offrir aux équipes s'impliquant dans le domaine l'accès facile à un atelier de nano ou de microfabrication adapté à leurs besoins.

Recommandation 4 : lancer un plan d'équipements des universités et des établissements d'enseignement supérieur en équipements mi-lourds pour les nanotechnologies (infrastructures de niveau 2 ou 3).

5 ■ Investir à bon escient

Pour permettre aux acteurs de la recherche nationale d'être compétitifs dans le domaine, il est essentiel de dégager les financements contractuels qui font défaut actuellement. L'aide doit être conduite de manière diversifiée, sous forme d'appels d'offres demandant aux laboratoires de s'associer (entre eux ou avec des industriels) pour attaquer tel ou tel « point dur », ou d'appels à propositions moins précisément ciblés, pour laisser émerger des projets originaux et innovants. Par ailleurs, une politique efficace de valorisation dans le domaine doit permettre aux « jeunes pousses » (*start-up*) de bénéficier d'un accès facile aux ateliers de micro et nanofabrication pour amorcer leurs activités (réalisations de démonstrateurs, prototypage).

Recommandation 5 : attribuer les crédits pour les projets et les infrastructures sur une base compétitive et contractuelle³ ; affecter

3. Des procédures compétitives (appels d'offres) incitent les acteurs à se regrouper et à afficher des projets cohérents (on ne peut pas raisonnablement tout faire partout). Une part de redondance pour les infrastructures est inévitable pour être efficace.

une part significative des crédits contractuels au financement de projets ouverts (c'est-à-dire avec un objectif à l'initiative des proposants), de manière à bénéficier de l'inventivité des acteurs de la recherche et de la technologie ; faire de la valorisation un critère d'attribution des infrastructures (en particulier pour favoriser l'émergence et mettre en place des procédures d'accueil pour les jeunes pousses).

6 ■ Avoir une politique de moyens humains et de formation ciblée

Un des défis principaux, lorsque l'on veut lancer des nouveaux sujets, est celui des moyens humains. Les nanosciences et nanotechnologies doivent pouvoir être dotées en personnels permanents et en doctorants. Pour les personnels, les nombreux départs à la retraite dans les années à venir doivent donner lieu à un redéploiement thématique dont l'agence serait responsable. Pour les doctorants, l'agence devrait aussi percevoir des moyens (allocations de recherche et bourses CIFRE) et les redistribuer, afin d'avoir un impact sur la formation, comme c'est le cas dans les actions contractuelles à l'étranger.

La recherche en nanosciences et nanotechnologies requiert souvent une approche transdisciplinaire. Cela ne signifie pas que la formation souhaitée soit généraliste, mais que les étudiants, doctorants et chercheurs aient des connaissances suffisantes dans d'autres disciplines que la leur pour pouvoir dialoguer et coopérer avec d'autres spécialistes. Il est donc souhaitable d'introduire en deuxième cycle des modules généralistes sur les autres disciplines et sur les nanosciences et nanotechnologies. En école doctorale, il faudra mettre sur pied les modules transdisciplinaires (par exemple biologie moléculaire pour physiciens, techniques de mesure pour biologistes, biopuces pour physiciens, physique des composants électroniques pour chimistes, microfabrication pour biologistes, etc.).

Enfin, la formation en masse aux outils technologiques est essentielle, et accuse un retard certain dans notre pays. Il faut en particulier que les centrales technologiques de 1^{er}, 2^e et 3^e niveaux assument ce rôle.

Recommandation 6 : créer les enseignements de 2^e et 3^e cycle permettant de sensibiliser et former aux nanosciences et nanotechnologies. Mener une politique de moyens humains. Former aux outils modernes d'élaboration et de mesure.

7 ■ Voir plus loin

Pour mener une politique cohérente, l'effort de prospective doit être continu, de façon à pouvoir orienter le programme et l'adapter en permanence aux sujets émergeant dans le domaine, qui est extrêmement mouvant. Il faut aussi confronter les savoir-faire continûment améliorés par les industriels — pour la miniaturisation par exemple —, aux nouveaux concepts et procédés issus de la recherche — l'auto-assemblage par exemple —. Pour permettre des interactions constructives entre les différents acteurs et assurer la pertinence des objectifs retenus, il semble essentiel d'impliquer des industriels dans la définition des objectifs stratégiques du programme⁴. L'effort prospectif doit donc associer scientifiques, technologues, représentants des ministères et industriels.

Recommandation 7 : impliquer les industriels dans l'élaboration des objectifs stratégiques et dans leur actualisation.

4. L'organisation mise en place par les industriels des semiconducteurs (MEDEA, successeur de JESSI), qui définit les axes d'actions européennes, constitue un point de comparaison intéressant. Dans ce cas, les industriels du domaine ont mis des moyens et défini des objectifs, ce qui a produit un impact positif dans le secteur.

