

**Le financement
des nanotechnologies
et des nanosciences**

**L'effort des pouvoirs publics
en France**

Comparaisons internationales

*rapport à monsieur le ministre
de la jeunesse, de l'éducation
nationale et de la recherche*

*à madame la ministre déléguée
à la recherche et aux nouvelles
technologies*

N° 2004-002

Janvier 2004

MINISTERE DE LA JEUNESSE, DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA RECHERCHE

*Inspection générale de l'administration
de l'éducation nationale et de la recherche*

Le financement des nanotechnologies et des nanosciences

L'effort des pouvoirs publics en France

Comparaisons internationales

JANVIER 2004

Alain BILLON

*Inspecteur général de l'administration
de l'éducation nationale et de la recherche*

Jean-Loup DUPONT

*Inspecteur général de l'administration
de l'éducation nationale et de la recherche*

Gérard GHYS

*Chargé de mission à l'Inspection générale
de l'éducation nationale et de la recherche*

S O M M A I R E

Introduction	1
1. Les éléments d'information et de réflexion disponibles à l'échelon national.....	3
1.1. La définition du domaine	3
1.2. Les études récentes et les premières estimations globales	6
1.2.1. <i>Le rapport de l'Académie des Technologies (rapport Weisbuch - novembre 2002).....</i>	<i>6</i>
1.2.2. <i>Le rapport de l'OPECST (rapport Saunier - 22 janvier 2003).....</i>	<i>7</i>
1.2.3. <i>Une enquête rapide avait été menée par la direction de la technologie au printemps 2003.....</i>	<i>8</i>
2. Les moyens de la recherche en micro et nanotechnologies et leur financement	10
2.1. Les moyens mis en œuvre par le ministère chargé de la Recherche et des Nouvelles Technologies.....	10
2.2. Les moyens attribués par les autres ministères.....	11
2.2.1. <i>Le financement de la recherche en nanotechnologies par le ministère de la Défense</i>	<i>12</i>
2.2.2. <i>Le financement de la recherche en nanotechnologies par le ministère de l'Industrie</i>	<i>12</i>
2.3. Les moyens affectés par les établissements publics.....	13
2.3.1. <i>Les micro et nanotechnologies au CNRS et dans les universités</i>	<i>14</i>
▪ <i>Le niveau global.....</i>	<i>15</i>
▪ <i>L'IEMN.....</i>	<i>16</i>
▪ <i>L'IEF</i>	<i>17</i>
▪ <i>Le LAAS (Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes).....</i>	<i>18</i>
2.3.2. <i>Les micro et nanotechnologies au CEA.....</i>	<i>19</i>
▪ <i>Le budget du CEA dans le domaine des micro et nanotechnologies</i>	<i>20</i>
2.3.3. <i>Les micro et nanotechnologies à l'INSERM.....</i>	<i>23</i>
2.3.4. <i>L'ANVAR et les micro- nanotechnologies.....</i>	<i>24</i>
2.4. Les financements mis en œuvre par les collectivités territoriales	25
2.4.1. <i>Les financements dans le cadre des Contrats de Plan Etat-Régions (CPER).....</i>	<i>25</i>

2.4.2. Les financements hors CPER	26
3. Les résultats de l'enquête à l'échelon national.....	27
3.1. La méthodologie adoptée	27
3.2. Le chiffrage global.....	28
3.3. Les commentaires.....	33
4. Comparaisons internationales	35
4.1. Les Etats-Unis.....	35
4.2. Le Japon.....	38
4.3. L'Union Européenne et ses Etats membres	39
4.3.1. <i>Plusieurs pays européens ont développé des programmes ambitieux en matière de nanotechnologies.</i>	39
▪ L'Allemagne	40
▪ Le Royaume-Uni.....	41
▪ Les Pays-Bas	42
▪ La Suisse, partenaire européen.....	43
4.3.2. <i>Le 6ème PCRD et la place de l'Union Européenne dans le domaine des nanotechnologies</i>	44
4.4. Autres pays	46
4.4.1. Israël.....	46
4.4.2. Canada	46
4.4.3. Corée du Sud	47
4.4.4. Taïwan	47
4.4.5. Chine.....	47
Conclusion.....	49
Recommandations	51
Annexes	53

Introduction

Les exercices de chiffrage du financement des nanotechnologies et des nanosciences se sont multipliés en 2003, avec des résultats très variables, parvenant parfois à des ordres de grandeur très éloignés. Il en résulte une confusion d'autant plus grande que la délimitation du champ de l'étude fait l'objet d'un débat au sein même de la communauté scientifique concernée. Les incertitudes qui planent sur les chiffres annoncés jusqu'à présent gênent la visibilité de l'effort public à l'échelon national et rendent délicate toute comparaison avec les autres pays.

Par lettre de mission du 24 juillet 2003, complétée par lettre du 5 décembre 2003¹, l'IGAENR a reçu pour instruction de "mesurer précisément l'effort financier national de soutien à la recherche publique dans le domaine des nanotechnologies". Cette étude poursuit donc un but limité à l'évaluation quantitative des financements publics. Elle n'a notamment pour objet, ni de procéder à une évaluation qualitative du dispositif national – une telle évaluation serait du ressort d'experts scientifiques – ni d'analyser la stratégie retenue et la cohérence des moyens et des objectifs.

Les auteurs de la présente étude ont ainsi essentiellement cherché à recenser, en les situant dans leur contexte opérationnel, **toutes les formes et toutes les sources de financement d'origine publique** consacrées à la « recherche et développements » (R&D) dans le domaine des nanotechnologies et des nanosciences² tel que défini ci-après, quels que soient leurs destinataires.

Les moyens en crédits et en personnels dédiés au domaine considéré sont mis en œuvre par l'Etat (ministère de la Recherche et des Nouvelles Technologies, ministère de l'Industrie, ministère de la Défense), soit directement sous forme d'interventions financières bénéficiant aux opérateurs publics et privés, soit indirectement sous la forme des subventions structurelles allouées aux opérateurs publics de recherche, qui sont pour l'essentiel le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) et les universités. Au plan local certaines régions financent ces opérateurs, principalement dans le cadre des contrats de plan Etat-régions.

¹ Lettres jointes en annexe 0a et 0b.

² Si les lettres de mission n'en font pas expressément mention, il apparaît évident que les « nanosciences » entrent dans le champ de la présente étude au même titre que les nanotechnologies : la différence d'approche scientifique qui peut conduire à distinguer ces deux notions dans d'autres circonstances, ne justifie pas ici un traitement distinct.

La forme des interventions directes de l'Etat est diversifiée. Au rang de celles-ci, on trouve notamment plusieurs procédures d'incitation sur appels à projets financés à partir du Fonds de la recherche et de la technologie (FRT) et du Fonds national de la science (FNS). Certaines de ces procédures sont spécialement dédiées aux nanotechnologies (ainsi l'ACI nanosciences, le réseau des micro et des nanotechnologies, et, depuis, 2003 les grandes centrales...), d'autres sont ouvertes à tous types d'activité et peuvent éventuellement concerner les nanotechnologies (par exemple le concours de création d'entreprises de haute technologie, le soutien aux incubateurs...). Dans le cadre des principaux établissements de recherche (CEA, CNRS) les nanotechnologies et les nanosciences sont développées par des départements ou des directions déterminés.

Il est relativement aisé de faire l'inventaire des sources et des formes de financement. Les enquêteurs n'ont pas eu de peine à identifier les interlocuteurs compétents et à mobiliser leur attention. La mesure précise des crédits et des moyens mis en œuvre se heurte toutefois à une série de difficultés et d'obstacles en partie insurmontables en l'état des systèmes d'information.

Les principales difficultés rencontrées – qui ont nécessité dans plusieurs cas un retraitement ou une estimation forfaitaire des données recueillies – ont ainsi porté sur la définition du domaine de recherche propre aux nanotechnologies, les sources d'information parfois peu fiables et incomplètes, l'absence de prévisions réelles pour les années 2004 et 2005, la distinction des crédits selon leur nature et leur destination, leur affichage en TTC ou en HT selon l'approche que l'on retient. Le § 3.1. *infra* expose dans une note méthodologique générale ces difficultés ainsi que les solutions adoptées par la mission de l'IGAENR.

Quoiqu'il en soit, la présente étude permet de présenter un point relativement complet comme on le verra dans les développements ci-après.

Comme il était demandé dans la lettre de mission, l'IGAENR s'est enfin efforcée de procéder à des comparaisons internationales, avec toutes les précautions que cette approche requiert, notamment en matière de définition des concepts, tant scientifiques que financiers et budgétaires.

1. Les éléments d'information et de réflexion disponibles à l'échelon national

1.1. La définition du domaine

La lettre de mission précise qu'il s'agit de mesurer l'effort financier national dans le domaine des nanotechnologies, « en distinguant ce domaine, dans la mesure du possible, de celui des microtechnologies et de la microélectronique ».

Au premier abord, le terme "nanotechnologie" ne semble pas poser de problèmes. Si l'on se réfère à la définition qui en est donnée par les spécialistes³ et aux nombreuses utilisations qui en sont faites de manière courante (dans la définition de programmes scientifiques nationaux ou européens, dans la qualification des financements, dans l'intitulé des laboratoires ou des projets...), les nanotechnologies ont une identité distincte des microtechnologies.

A y regarder de plus près, il apparaît cependant qu'une distinction entre les "nanotechnologies" et les "microtechnologies" ne corresponde pas toujours à la réalité de la structure de la recherche et de la démarche scientifique suivie par les laboratoires, et qu'il est souvent très difficile, voire impossible, d'isoler les financements et les dépenses propres au domaine strictement nanotechnologique.

En fait, le périmètre du domaine peut s'apprécier, comme il est devenu usuel de le faire dans la communauté scientifique, dans la zone de recouvrement d'une approche descendante qui part de l'échelle micrométrique et tend à rejoindre l'échelle nanométrique, et d'une approche montante qui part de l'échelle moléculaire pour aller vers des objets fabriqués de taille extrêmement réduite.

La démarche descendante, qui a dans un premier temps représenté l'essentiel des recherches et des réalisations consiste, rappelons-le brièvement, à rechercher une miniaturisation de plus en plus poussée, visant à produire des objets chaque fois plus petits, plus légers, moins chers, tout en améliorant leurs performances en termes de rapidité et d'efficacité.

³ Soit la recherche portant sur des objets de moins de 100 nanomètres dans l'une au moins de leurs trois dimensions.

C'est particulièrement le cas d'objets universellement répandus car indispensables au stockage, à la circulation et au traitement de l'information : les transistors. C'est ainsi que, *"depuis 30 ans, la fabrication des composants micro-électroniques est de plus en plus performante : tous les 18 mois, le nombre des transistors sur la surface d'une puce double et les dimensions des grilles de transistors diminuent par un facteur 1,3. On fabrique ainsi aujourd'hui des microprocesseurs de 1cm² de surface contenant 50 millions de transistors"*⁴. Cette tendance est connue sous le nom de "loi de Moore".

Cependant, la «loi de Moore», jusqu'ici toujours vérifiée, semble devoir trouver ses limites. En effet, dans la filière C-MOS silicium, la miniaturisation poussée à son extrême, conduit à des problèmes d'ordre technologique de plus en plus difficiles à résoudre, et qui pourraient s'avérer insurmontables. De plus, cette miniaturisation soulève des problèmes d'ordre économique, liés à la sophistication croissante des procédés de fabrication, qui exige des investissements de plus en plus considérables.

Il n'empêche que ce sont les technologies utilisées dans le domaine de l'électronique qui, pour une large part, ont ouvert la voie aux nanosciences. Elles ont, en effet, permis la réalisation de nano-objets présentant des propriétés nouvelles : celles-ci découlent spécifiquement de cette taille nanométrique. La caractéristique de ces nano-objets est que leurs propriétés ne peuvent plus être expliquées par une simple loi d'échelle, valable pour des tailles de l'ordre du micromètre : des lois nouvelles doivent être mises en jeu. Ceci se traduit par l'apparition de nouveaux concepts de composants, impliquant la recherche et la mise en œuvre d'autres procédés de nanofabrication.

Cette approche des nanosciences selon la voie descendante est complémentaire de celle utilisée dans la voie montante. Cette dernière consiste à construire des nano-objets (nanocomposants, nanosystèmes...) à partir des éléments chimiques de base, les atomes et les molécules.

De ce fait, il ne semble pas justifié de chercher une frontière qui ferait des nanotechnologies et des microtechnologies deux domaines nettement délimités et sans rapport l'un avec l'autre :

- d'une part, l'approche descendante vise aujourd'hui la fabrication d'objets qui sont à la limite supérieure de la dimension nanométrique (par exemple la surface d'un transistor par photolithographie, dont la finesse relève de la centaine de nanomètres) ;

⁴ Brochure du Ministère délégué à la recherche et aux nouvelles technologies : "A la découverte du nanomonde". Octobre 2003.

- d'autre part, l'approche montante a pour objectif de fabriquer des objets (ou des systèmes) dont la taille est, actuellement, en moyenne de 1 micromètre carré et qui sont destinés à fonctionner de manière autonome, ou qui ont vocation à être intégrés, dans des systèmes plus complexes, à partir des techniques de micro- ou nanofabrication (exemple des biopuces ou des nanotubes).

Ainsi *"les nanosystèmes cohabitent-ils désormais, et probablement pour longtemps, avec les microsystèmes"*⁵, cette "cohabitation" se réalisant également bien souvent au sein des mêmes laboratoires, voire des mêmes équipes de recherche.

Comme le souligne un directeur de département scientifique du CNRS, fortement concerné par ce domaine : *"Les deux voies présentent des synergies de plus en plus fortes. Les équipements avancés de la voie descendante fournissent une partie des équipements nécessaires à la voie montante et en retour consomment de nouveaux dispositifs issus de la voie montante. La voie descendante fournit les contraintes liées à l'assemblage des nano-objets et à la mise sur pied de procédés technologiques complexes, la voie montante fournit la science pour la compréhension et la modélisation des phénomènes à l'œuvre dans les procédés aux dimensions nanométriques de la voie descendante"*⁶.

On retiendra donc que la "démarche nano" peut se définir plus par l'objectif poursuivi (recherche d'une maîtrise des technologies concernant la fabrication et l'utilisation d'objets et de systèmes de dimensions nanométriques), que par la dimension physique actuelle atteinte par les objets sur lesquels travaillent les chercheurs, dès lors que le but est de descendre aussi loin que possible en dessous du micron. En ce sens, le critère communément retenu, consistant à limiter le domaine des nanotechnologies aux objets inférieurs à 100 nanomètres⁷, les dimensions supérieures relevant de la micro, n'est pas convaincant.

Autrement dit, **il ne semble pas pertinent**, eu égard à l'organisation et à la dynamique actuelle de la recherche dans ce domaine - **de chercher systématiquement à distinguer de façon tranchée le domaine des nanotechnologies de celui des microtechnologies**, le premier étant à la fois le prolongement naturel et le complément du second. Les microsystèmes, en particulier, permettront, bien souvent, d'assurer la continuité nécessaire entre le monde des objets de dimension usuelle dans lequel nous vivons et celui des nano-objets.

⁵ MNRT, id.

⁶ In document de contribution du CNRS au présent rapport.

⁷ Cf. ci-dessous § 1.2.1. sur le rapport de l'Académie des Technologies.

Cela a conduit l'IGAENR à étudier le financement de l'ensemble du domaine "micro-nanotechnologies" en essayant, chaque fois que cela s'avère possible, d'isoler ce qui relève du domaine strictement nanotechnologique, mais sans exclure des volets où les microtechnologies s'engagent dans une voie qui tend à les rapprocher du « nanomonde ».

1.2. Les études récentes et les premières estimations globales

1.2.1. Le rapport de l'Académie des Technologies (rapport Weisbuch - novembre 2002)

Dans le cadre de l'Académie des technologies, un groupe de travail animé par M. Claude WEISBUCH a produit un rapport intitulé « Les nanotechnologies : enjeux et conditions de réussite d'un projet national de recherche ». Ce rapport, en date du 24 novembre 2002, a été adopté par l'Académie des technologies en décembre de la même année. Selon une information figurant sur le site internet de l'Académie des technologies, ce rapport devait être incorporé dans un rapport commun avec l'Académie des sciences. Il ne semble pas qu'à ce jour ce projet ait été concrétisé.

Le rapport de l'Académie des technologies, à la différence du rapport de l'OPECST (cf. ci-dessous § 1.2.2.), se place dans une perspective pluridisciplinaire et dans l'approche dite « montante » évoquée ci-dessus. On y trouve en effet la définition suivante :

« Les nanotechnologies constituent un champ de recherches et de développements technologiques impliquant la fabrication de structures, de dispositifs et de systèmes à partir de procédés permettant de structurer la matière au niveau atomique, moléculaire ou supra moléculaire, à des échelles caractéristiques comprises *approximativement* entre 1 et 100 nanomètres ».

La distinction que l'Académie opère entre les nanotechnologies et les nanosciences relève sans surprise de la distinction communément admise entre la technologie – orientée vers la conception d'objets économiques – et la science, orientée vers la production de concepts et d'objets de laboratoire. Il n'est pas sans intérêt de noter que, selon les académiciens, « les enjeux, le mode d'organisation de la recherche, le rôle de l'Etat et des autres acteurs seront différents entre nanosciences et nanotechnologies ».

En ce qui concerne les financements mis en œuvre par les pouvoirs publics en France, rares sont dans le rapport les éléments qui ne se prêtent pas à une synthèse chiffrée. Il n'en contient pas moins

(paragraphe 2.7. "Un défi pour la France") quelques remarques sur la spécificité du dispositif français :

- la recherche française dans le domaine des nanosciences est d'un bon niveau ;
- la part de la recherche contractualisée est très faible dans notre pays (avec le plus bas taux de financement sur projet en Europe, la France est trois fois au-dessous de la moyenne européenne) ; ce point est mis en relation avec la nécessité de renforcer le potentiel de la recherche universitaire, dont l'Académie observe le manque d'infrastructures pour la micro et la nanofabrication.

1.2.2. Le rapport de l'OPECST (rapport Saunier - 22 janvier 2003)

Dans le cadre de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, M. Claude SAUNIER, sénateur, a présenté un rapport sur l'évolution du secteur des semi-conducteurs et de ses liens avec les micro et nanotechnologies.

Ce rapport traite essentiellement, comme son intitulé l'indique, de la « filière silicium » et de la micro-électronique. Les aspects émergents des nanosciences dans les domaines de la chimie, de la physique et de la biologie n'y sont pratiquement pas abordés. Il est par conséquent à situer dans l'approche descendante évoquée plus haut.

Après une description du marché de cette filière dans le monde, il compare l'investissement national français à celui des principaux pays étrangers. S'attachant notamment à comparer les positions respectives de l'Allemagne et de la France, l'auteur du rapport introduit un biais qui mérite d'être relevé. Dans un tableau (p. 105) illustrant la montée en puissance des moyens financiers consacrés par l'Allemagne au domaine «micro – nano », M. SAUNIER dresse en effet pour ce pays un recensement qui apparaît relativement complet des crédits sur programmes (toutefois hors frais de personnels des organismes de recherche, comme on peut le déduire des tableaux présentés). On y trouve les diverses rubriques qui décrivent les spécialités de l'approche descendante et de l'approche montante dans une perspective plus large que celle du reste du rapport, c'est à dire dépassant le cadre strict de la filière silicium.

Déclarant « comparer ce qui est comparable », M. SAUNIER rapproche une somme de 153 millions d'euros (153 M€) pour l'Allemagne en 2001 (60 millions au titre des ministère de la recherche et de l'économie, auxquels s'ajoutent 93 millions de la Max Planck et la Fraunhofer⁸) de divers éléments de l'effort public français, dont la somme donne un total de 50 M€⁹ en 2003 :

⁸ La Max Planck Gesellschaft, organisation sans but lucratif, est financée à 95 % par des fonds publics provenant de l'Etat fédéral et des Länder (dans une proportion 50-50) ; les ressources de la Fraunhofer

- 100 M€ sur trois ans des centrales technologiques, soit 33 M€/an ;
- 5 M€ par an pendant 5 ans pour la relance des programmes incitatifs ;
- 12 M€ pour le réseau national des micro et nanotechnologies (RMNT).

Ne sont ainsi prises en compte pour la France que les enveloppes inscrites sur un seul chapitre du ministère délégué à la recherche et aux nouvelles technologies : le Fonds de la recherche et de la technologie (chapitre 66.04 – FRT).

1.2.3. Une enquête rapide avait été menée par la direction de la technologie au printemps 2003

Le discours prononcé par la ministre déléguée à la recherche et aux nouvelles technologies pour l'ouverture du colloque « Nanotechnologies » organisé au Sénat, le 23 janvier 2003, se conclut de la manière suivante :

« Si l'on récapitule ces diverses actions et les budgets consacrés aux nanotechnologies sur 2003 on arrive à 50 millions d'euros pour notre ministère aux diverses étapes de la chaîne, ***sans compter les fonds d'autres ministères et les fonds des organismes*** ».

La fin de cette phrase n'a manifestement pas été bien entendue. C'est ainsi par exemple qu'on relève dans un numéro du Courrier de l'ANVAR (n° 137 mars 2003) consacré aux « technologies de l'infiniment petit » la reprise de ce chiffre de 50 M€ et des divers éléments qu'il recouvre. Notons que ces éléments ne sont pas les mêmes que ceux du rapport Saunier : aux 30 millions annuels du nouveau programme des centrales technologiques, s'ajoutent 8 M€ au titre du réseau national des micro et nanotechnologies (RMNT) et 12 M€ au titre du programme nanosciences de la direction de la recherche. Ce dernier chiffre n'est pas explicité mais il se décompose lui-même en 7,7 millions du Fonds national de la science (chapitre 66-05) et 4,3 millions apportés par le CNRS et le CEA (dotations 2003).

A la demande du cabinet de la Recherche, le directeur du département des technologies de l'information et de la communication au sein de la direction de la Technologie, a lancé une enquête rapide par mail au printemps 2003. Cette enquête regroupe des éléments de chiffrage sur les financements provenant du ministère de la recherche, du ministère de l'industrie, du CEA et du

Gesellschaft proviennent pour 35 % de subventions publiques (Etat fédéral : 90 – Länder : 10), pour 35 % de l'industrie (principalement sous forme de contrats) et pour 30 % de financements sur projets (principalement d'origine publique).

⁹ Afin de respecter la cohérence avec leur inscription au budget de l'Etat et leur mode de notification aux bénéficiaires, les sommes figurant dans cette page et les suivantes sont indiquées **TTC**; elles seront traduites HT dans le tableau de synthèse pour être agrégées avec les données du CNRS et du CEA (chapitre 3).

CNRS. Les chiffres communiqués par le CNRS couvrent le champ des unités mixtes, donc celui des universités. Ces données sont plus complètes que celles évoquées précédemment puisqu'elles rassemblent la majeure partie des crédits d'intervention des ministères de la recherche et de l'industrie et les moyens, dépenses de personnel incluses, des deux principaux organismes de recherche concernés (CNRS et CEA).

Cette enquête aboutit à deux chiffrages :

- le premier porte sur l'ensemble micro et nanotechnologies, ce qui conduit à une enveloppe de 460 M€ en 2002 et de 550 M€ en 2003 ;
- le second, dérivé du premier, concerne les nanotechnologies seulement, ce qui donne une enveloppe de 290 M€ en 2002 et de 360 M€ en 2003.

Ces évaluations qui agrègent des données TTC et des données HT sont incomplètes (il y manque notamment le financement des contrats de plan par l'Etat et les régions, ainsi que des éléments portant sur d'autres structures) et certains éléments qui la composent doivent être mis à jour. Elles n'en constituent pas moins une référence utile pour la présente étude.

Pour mémoire, l'Observatoire des micro- et nanotechnologies (OMNT), contacté par la mission de l'IGAENR, a fait valoir qu'il n'est pas en mesure de fournir des données financières, son objet unique étant d'assurer une fonction de veille interdisciplinaire, scientifique et technologique, dans le domaine considéré.

2. Les moyens de la recherche en micro et nanotechnologies et leur financement

Seront exposées ici, par origine, les sources et les formes de financement du domaine étudié, ainsi que – lorsque cela s'avère particulièrement nécessaire – la méthodologie spécifique employée par la mission de l'IGAENR pour la collecte et le traitement analytique des données recueillies.

Par ailleurs, une présentation de la méthodologie générale employée, des problèmes particuliers et difficultés rencontrées figure en début de la 3^e partie relative à la synthèse des résultats chiffrés.

2.1. Les moyens mis en œuvre par le ministère chargé de la Recherche et des Nouvelles Technologies

Les crédits d'intervention auxquels le ministère de la recherche peut recourir pour apporter directement des moyens au domaine considéré peuvent en premier lieu être prélevés sur le Fonds de la recherche et de la technologie (chapitre 66-04, article 10, FRT) et sur le Fonds national de la science (chapitre 66-05, article 10, FNS). Il faut également considérer les soutiens alloués aux doctorants sous forme d'allocations de recherche (chapitre 43-80, article 10) et de CIFRE (chapitre 43-80, article 50).

En ce qui concerne le FRT, les lignes de programme spécifiques au domaine des nanotechnologies sont celles du réseau des micro et nano technologies (RMNT) et, depuis 2003, des centrales technologiques. En ce qui concerne le FNS il s'agit de l'enveloppe dédiée à l'ACI nanosciences. Le FRT et le FNS contribuent par ailleurs au financement des contrats de plan Etat - régions (CPER).

D'autres rubriques du FRT et du FNS pourraient éventuellement être prises en compte, dans le domaine des biotechnologies notamment, ainsi que dans le cadre des procédures Eurêka, de soutien des incubateurs et d'incitation à la création d'entreprises de haute technologie. S'agissant d'opérations ponctuelles, liées de façon aléatoire à l'émergence de projets, les subventions auxquelles elles peuvent donner lieu ne sont pas retenues dans la présente étude. Elles semblent du reste ne porter que sur un petit nombre de projets et sur des sommes relativement faibles en ce qui concerne les nanotechnologies.

A ces dotations de la section « Recherche et nouvelles technologies » du budget du MJENR s'ajoutent celles de la section « Enseignement supérieur », c'est à dire celles de la recherche universitaire (chapitre 66-71 essentiellement). Les moyens de la recherche universitaire sont mobilisés principalement dans le cadre des contrats passés par l'Etat avec les universités et le CNRS ; le chapitre 66-71 contribue par ailleurs, concurremment avec le FRT et le FNS, au financement de certaines opérations inscrites aux CPER.

L'effort consenti par l'Etat sous forme d'exemption fiscale apparaît encore négligeable ; c'est ce que confirme une exploration de la base de données des entreprises bénéficiant du crédit d'impôt recherche, à laquelle la direction de la technologie a procédé à la demande de l'IGAENR. Toutefois, avec le développement des sites industriels spécifiques tels que Crolles II à Grenoble, le crédit d'impôt recherche devrait connaître un fort accroissement dans les années à venir, selon l'estimation de la DIGITIP du ministère de l'Industrie (cf. § 2.2.2 ci-dessous).

Enfin, la liste des entreprises ayant bénéficié au cours de ces dernières années d'un soutien financier au titre du RMNT (18 M€ attribués à 53 bénéficiaires entre 1999 et 2003, cf. détail en annexe 4) donne un aperçu de la diversité et du niveau de l'effort de l'Etat en direction des entreprises privées dans ce domaine des nanotechnologies¹⁰.

2.2. Les moyens attribués par les autres ministères

La mission de l'IGAENR porte sur le financement de l'Etat, ce qui élargit les investigations aux deux ministères concernés de manière significative par la recherche sur les nanotechnologies : le ministère de la Défense et le ministère de l'Industrie.

Cette étude par ailleurs se situe à un moment où une initiative de la ministre déléguée à la Recherche et aux Nouvelles Technologies, a été lancée en direction du ministre de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, du ministre de la Santé, de la Famille et des Personnes Handicapées, et de la ministre déléguée à l'Industrie, dans le but d'assurer une meilleure coordination des actions des différents ministères intervenant dans le domaine des nanosciences et des nanotechnologies.

¹⁰ Ce point nécessiterait une analyse complémentaire approfondie, notamment pour étudier et mesurer le rôle réel direct des universités et organismes de recherche publics dans le développement des nanotechnologies dans le tissu économique.

Les renseignements obtenus restent cependant extrêmement globaux, pour des raisons propres à chacun des ministères sollicités¹¹.

2.2.1. Le financement de la recherche en nanotechnologies par le ministère de la Défense

La Direction Générale pour l'Armement (DGA), par son département « composants », mène essentiellement des actions de deux types :

- passation de marchés dans le cadre de "plans d'études amont", qui ne concernent aujourd'hui que des technologies matures et critiques pour la défense nationale ou à très fort potentiel de rupture : la DGA consacre à ces actions 80 millions d'euros sur les années 2003-2006, soit environ 20 M€TTC par an en moyenne ;
- octroi de bourses de thèse qui peuvent viser des sujets situés plus en amont tels que les micro et nanotechnologies : la DGA consacre actuellement environ 0,5 M€ au soutien de thèses en cours sur des thèmes relevant de ce domaine, pour une durée moyenne de 17 mois par action, soit environ 0,35 M€ par an.

On peut donc considérer que la DGA consacre approximativement 20,35 M€ par an au soutien de la recherche en micro et nanotechnologies au cours de la période 2003-2006 ; il n'est pas possible de distinguer les deux domaines en ce qui concerne cette somme.

2.2.2. Le financement de la recherche en nanotechnologies par le ministère de l'Industrie

Au-delà de la R&D portant sur des thèmes intitulés "nanotechnologies", la direction générale de l'industrie, des technologies de l'information et des postes (DIGITIP), considère que le domaine des nanotechnologies, vu sous l'angle des réalités industrielles en termes d'investissements, de produits innovants, de marchés potentiels ou de contribution à la croissance de l'économie, est constitué, pour l'essentiel, de celui des composants électroniques. De ce fait, le chiffre retenu ici concerne à la fois les micro et nanotechnologies.

¹¹ Lettres de la ministre déléguée à la Recherche et aux Nouvelles Technologies en date du 17 juin 2003.

La stratégie du ministère de l'Industrie vise à pérenniser les sites industriels ayant atteint ou susceptibles d'atteindre une taille critique et concentrant, dans une même zone géographique, des moyens complémentaires dans le domaine des micro-nanotechnologies : centres de recherche publics et privés d'excellence, entreprises technologiques leaders (de pointe ou en position de "leadership"), tissu de PME réactif et centres de formation. L'objectif à terme est de faire des produits industriels très avancés, en lien étroit avec la recherche, en particulier en tirant parti des productions des laboratoires publics. La démarche de ce type la plus significative est celle qui a permis de soutenir l'opération "Crolles II" à Grenoble ou la consolidation du site d'ALTIS à Corbeil-Essonnes.

Dans cette logique, l'aide est accordée pour 90 % à des entreprises, pour l'essentiel des entreprises de taille importante, seules quelques "start-up" issues de laboratoires publics en ayant bénéficié.

Le soutien apporté dans le domaine des composants électroniques par le MINEFI, en termes financiers, est de 92 M€ en 2001, 116 M€ en 2002 et devrait s'élever à 140 M€ en 2003. Ces chiffres s'entendent TTC. A ces sommes s'ajoutent, par des dispositifs d'incitation fiscale, des sommes relatives au bénéfice du crédit d'impôt recherche pour un montant estimé au cours des 5 prochaines années par la DIGITIP à 149 M€ (dont 90 pour le seul site de Crolles II), soit environ 30 M€ par an. Ce dernier montant, qui ne correspond pas à des crédits budgétaires, n'est pas compris dans le tableau récapitulatif figurant au § 3.2. ci-dessous.

A noter que, en complément du soutien financier, la DIGITIP apporte également son expérience en matière de montage des dossiers : relations avec les industriels, expertise technique, notification communautaire, négociation avec les collectivités territoriales, mobilisation des échelons déconcentrés de l'Etat, soutien technique et administratif.

2.3. Les moyens affectés par les établissements publics

Il était clair dès le départ que le recensement des moyens publics consacrés aux nanotechnologies et aux nanosciences devait se concentrer sur les principaux opérateurs dans ce domaine, à savoir le CNRS et le CEA. Le caractère émergent et pluridisciplinaire de ces domaines a toutefois conduit la mission à interroger d'autres établissements, parmi les principaux acteurs potentiels : si rien de significatif ne peut être mentionné concernant l'INRA, l'INRIA et le CNES, les moyens que l'INSERM et l'ANVAR y consacrent valent d'être pris en compte.

2.3.1. *Les micro et nanotechnologies au CNRS et dans les universités*

Depuis plusieurs années le CNRS est actif dans ce domaine. Le contrat d'objectif 2002-2005 passé avec l'Etat le 21 mars 2002 inscrit les nanotechnologies parmi les cinq grands axes prioritaires retenus pour l'établissement et présentés sous la rubrique « construire l'interdisciplinarité ». Interdisciplinaires, les nanotechnologies le sont assurément en associant des laboratoires relevant principalement des départements « Sciences physiques et mathématiques » (SPM), « Sciences et techniques de l'information et de la communication » (STIC) et « Sciences chimiques » (SC), mais aussi des départements « Sciences de la vie » (SDV) pour les applications biologiques et « Sciences pour l'ingénieur » (SPI) pour le développement des procédés. Une action concertée "nanosciences et nanotechnologies" associe le ministère de la recherche, le CEA et le CNRS.

Depuis 2002 également, quatre laboratoires du CNRS¹² constituent avec le CEA-LETI un réseau dans le cadre des "Grandes centrales technologiques" mises en place par le ministère, autour desquelles s'organisent la coordination et la complémentarité en matière de recherche de base. Résolument engagé dans cette voie, le CNRS oriente ses recherches autour de quelques grands axes stratégiques :

- favoriser l'innovation autour de nouveaux concepts s'appuyant sur les nano-objets ;
- travailler à la réduction des dimensions des procédés technologiques existants ;
- imaginer les nouvelles architectures d'assemblage s'appuyant sur les nano-objets ;
- se doter des moyens d'observation et de réalisation ;
- appliquer les connaissances scientifiques et technologiques à de nouveaux champs.

Cette orientation stratégique forte du CNRS nécessite un engagement très important de moyens, en termes de personnel notamment : au total, en 2003, ce sont 4360 personnes, dont près de 3500 chercheurs, enseignants-chercheurs, contractuels et doctorants qui travaillent dans ce domaine. Les forces se répartissent ainsi entre les départements qui apportent à cette activité une contribution majoritaire :

Effectifs	SPM	STIC	SC	Total
Chercheurs CNRS	425	205	220	850
Ens.- chercheurs	450	610	190	1250
ITARF	435	355	90	880
Doctorants et CDD	350	880	150	1380
Effectif total	1660	2050	650	4360

¹² L'EMN, de l'IEF, le LAAS et le LPN.

Afin d'approfondir et d'affiner sa connaissance des modes de fonctionnement et de gestion financière de ces laboratoires, la mission de l'IGAENR a rencontré sur place les dirigeants de trois des quatre "Grandes centrales" du CNRS. Ont ainsi été visités l'IEMN à Lille, l'IEF à Orsay et le LAAS à Toulouse. Un rapide compte-rendu de chacune de ces visites figure ci-dessous.

Il convient auparavant d'exposer comment, au niveau global du CNRS, ont été recueillies et traitées les données figurant dans le tableau de synthèse des financements publics du § 3.2.

▪ Le niveau global

La collecte des données concernant la recherche sur les micro et nanotechnologies dans l'ensemble des universités – à l'exception de celles qui sont incluses dans le cadre des financements "Etat" – n'étant pas réalisable au niveau des établissements dans le délai imparti pour cette étude, la mission de l'IGAENR a choisi d'appréhender ces données par le biais du CNRS, partant de l'hypothèse, confirmée par les responsables scientifiques, que la quasi-totalité des laboratoires concernés par cette recherche étaient des unités mixtes de recherche (UMR). Ainsi ont été dénombrés les personnels (quel que soit leur statut et leur établissement d'origine : chercheurs, enseignants-chercheurs, doctorants, contractuels ou ITA), en équivalent temps plein, travaillant dans ce domaine tant au sein des UMR qu'au sein des unités propres du CNRS.

Par ailleurs, le CNRS ne disposant pas au niveau global d'un système de comptabilité analytique permettant de dégager les opérations spécifiques aux micro et nanotechnologies, il n'était pas possible d'adopter la même approche que celle utilisée pour le CEA, donnant directement les masses financières selon leur origine et leur affectation. Aussi a-t-il été choisi de se baser sur le "coût complet du chercheur environné", une technique d'évaluation des coûts de la recherche et des résultats couramment reconnue et utilisée par le CNRS dans ses rapports avec ses partenaires, en particulier avec la Commission européenne dans le cadre des contrats de recherche. Ces coûts ont été appliqués aux chercheurs et ITA concernés, toutes origines confondues.

Afin de retranscrire ces coûts en termes d'origine de financement, diverses hypothèses et retraitements – indiqués par le CNRS – des données ainsi établies ont permis ensuite d'éliminer les double-comptes et d'obtenir des montants financiers significatifs :

- les salaires des chercheurs, enseignants-chercheurs¹³ et ITA fonctionnaires, donc financés en totalité par l'Etat sont inclus ici, car non retenus au niveau des financements Etat ;
- les salaires des doctorants ont été considérés comme financés pour 1/3 par des fonds publics (bourses) et pour 2/3 par des contrats industriels ; ils sont dans les deux cas exclus du décompte

¹³ Le salaire des enseignants-chercheurs est décompté ici pour 2/3.

au niveau CNRS, les bourses étant intégrées au financement Etat et les contrats industriels constituant des financements privés ;

- les salaires des contractuels sont financés par des contrats (industriels, UE...) ; ils sont donc exclus du décompte pour la même raison ;
- les "overheads (frais généraux) techniques" sont considérés comme financés à hauteur de 60 % par le public et inclus comme tels au niveau CNRS, les 40 % restant étant financés sur contrats ;
- les "overheads de gestion" (ou frais généraux liés à l'administration) sont considérés comme financés à 100 % par le public, dont on peut estimer que 20 % sont inclus globalement dans les crédits identifiés au niveau de l'Etat et 80 % à retenir ici au niveau du CNRS.

De plus, comme il est indiqué plus haut, il n'est ni possible ni pertinent de distinguer dans tous les cas les nanosciences et nanotechnologies du domaine de la microtechnologie, aussi ne trouve-t-on dans les données du CNRS qu'un secteur très limité qui relève sans ambiguïté des "nanosciences et nano-objets" au sens strict. Les trois autres grands secteurs : "Micro-nano, technologies pour le traitement de l'information et le vivant", "Matériaux nano-structurés innovants" et "Composants" ont été regroupés au sein d'une seule rubrique intitulée "Micro-nano indifférentiables". A ce sujet, le CNRS a insisté sur la difficulté d'une classification des ressources consacrées spécifiquement aux nanotechnologies d'une part et aux microtechnologies d'autre part, *'du fait de la dynamique des recherches qui fait bouger les frontières, de l'ouverture de nouveaux territoires et de la mutualisation des technologies entre les différentes applications'*¹⁴.

Les chiffrages ci-dessus ont été calculés à partir des données de 2003. Le CNRS ne pouvant dans le délai imparti, ni effectuer la même étude pour les années 2001 et 2002, ni fournir une projection pour les années 2004 et 2005, une simple projection a été réalisée, sur la base 2003 en appliquant un coefficient d'évolution du nombre de personnes (chercheurs, enseignants-chercheurs, ITA, doctorants et contractuels) qui a été estimé par le CNRS à 2 % par an sur toute la période. Aucune modification n'a été apportée aux coûts de chaque catégorie, en considérant que les coûts de l'année 2003 représentaient une valeur moyenne réaliste. En ce qui concerne les crédits de frais généraux, ceux de 2003 et de 2001 sont approximativement au même niveau, ceux de 2002 étant de 10 % supérieurs. Pour 2004 et 2005 l'hypothèse de la reconduction des montants de 2003 a été retenue¹⁵.

▪ L'IEMN

L'Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologies est une unité mixte implantée à Lille sur le campus de Villeneuve d'Ascq qui comporte également trois antennes , à Lille et à

¹⁴ In document de contribution du CNRS au présent rapport.

¹⁵ Le détail des calculs pour le CNRS figure en annexe 3.

Valenciennes. Il réunit des moyens qui sont mis en commun par l'université des sciences et technologies de Lille 1 (USTL), le CNRS, l'université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis et l'Institut Supérieur d'Electronique du Nord (ISEN), un laboratoire de recherche à statut privé.

Son activité scientifique s'inscrit dans quatre départements du CNRS (STIC, SPM, SPI et SDV) et concerne un éventail multidisciplinaire large, qui va de la physique à l'instrumentation en passant par les microtechnologies (microélectronique, microsystèmes) et les nanotechnologies (nanoélectronique, nanosystèmes, interface avec la biologie et la chimie). Dans ce cadre, ses activités portent sur la modélisation/simulation, les matériaux, la technologie/fabrication, la caractérisation et l'instrumentation/systèmes.

Fort d'un personnel de 400 personnes parmi lesquelles 75 chercheurs permanents, 77 non permanents et 28 ingénieurs et techniciens travaillent dans le domaine des micro et nanotechnologies, d'un budget annuel de l'ordre de 15 millions d'euros¹⁶ en incluant les salaires, d'un matériel en partie récent – dont 80 % est dédié aux micro-nanotechnologies – et de 1600 m² de salles blanches, l'IEMN constitue un élément solide du réseau des Grandes centrales technologiques récemment mis en place.

Disposant de collaborations scientifiques nombreuses en Europe et dans le monde entier (USA, Russie, Japon, Chine), l'IEMN est par ailleurs fortement impliqué dans la création de deux instituts de recherche interdisciplinaires¹⁷ qui viendront compléter le dispositif local dont il constitue le pilier et qui lui permettra notamment de mettre 400 m² de bureaux supplémentaires à la disposition des chercheurs.

▪ L'IEF

L'Institut d'Electronique fondamentale est une UMR CNRS/Université de Paris Sud implantée à Orsay. Il regroupe 35 chercheurs CNRS, 53 enseignants-chercheurs, 35 ITA et accueille en permanence environ 70 doctorants et post-doctorants.

L'IEF compte 5 groupes de recherche dont seuls le MMS (magnétisme, micro et nano-structures) et le PTP (physique et technologie des procédés) sont entièrement consacrés aux nanotechnologies. Par ailleurs, deux opérations transversales – très majoritairement dédiées aux micro- et nanotechnologies – s'articulent à une centrale de technologie, le CEETAM (centre d'études et

¹⁶ Budget financé à plus de 80 % par des crédits publics : ETAT (MEN, DR, DT) 40 %, CNRS 33 %, FEDER 5 % et région 4 %.

¹⁷ Il s'agit d'une part de l'institut de recherche en composants logiciels et matériels pour l'information et la communication avancée (IRCICA) et d'autre part de l'institut de recherche interdisciplinaire (IRI).

d'enseignement des techniques avancées de la microélectronique), qui a reçu un soutien financier significatif de la part de la région dans le cadre du programme "MINERVE" (0,77 millions d'euros sur un total de 11,7 millions).

En termes de forces en personnel, l'activité de l'IEF montre un glissement significatif des microtechnologies vers les nanotechnologies, dans un contexte de forte augmentation (après une pause en 2003) de son activité générale, notamment du fonctionnement qui résulte des investissements importants à réaliser en 2004 et 2005 :

	2001	2002	2003	2004	2005
Personnel	4,0	4,7	5,5	5,6	5,7
Fonctionnement	0,9	1,1	0,8	2,0	2,5
Investissement	1,1	3,8	2,6	5,9	4,4
TOTAL	6	9,6	8,9	13,5	12,6
Dont personnel "Micro"	2,0	2,1	2,2	2,2	2,2
Dont personnel "Nano"	2,0	2,6	3,3	3,4	3,4

▪ **Le LAAS (Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes)**

Implanté sur le complexe scientifique de Rangueil à Toulouse, où il a été créé en 1967, le LAAS est un centre de recherche de notoriété internationale dans les domaines de l'automatique, de l'informatique et de la microélectronique. Ce laboratoire propre du CNRS, lié par convention aux universités, rassemble en 2003 un peu plus de 500 personnes (412 personnels chercheurs, dont 93 enseignants-chercheurs et 150 doctorants, et 106 ITA). Son activité s'organise actuellement autour de quatre pôles thématiques :

- MINAS : micro et nanosystèmes ;
- MOCOSY : modélisation, optimisation et conduite des systèmes ;
- ROSA : robots et systèmes autonomes ;
- SINC : systèmes informatiques critiques.

Avec un effectif de 150 personnes (dont 33 chercheurs et 34 enseignants-chercheurs) le pôle MINAS compte pour un peu moins du tiers du budget opérationnel (hors salaires) du LAAS (2,7 millions d'euros sur un total de 9,3 millions). En moyenne annuelle calculée sur quatre ans, les dépenses de fonctionnement représentent 45 % et l'équipement 55 % de ce budget. Il dispose actuellement d'une surface dédiée à la technologie de 1000 m², dont 500 m² de salles blanches.

Dans un bâtiment dont la première pierre a été posée le 28 octobre 2003, la centrale de technologie du LAAS disposera à partir de 2005 de 700 m² de salles blanches supplémentaires. Compte tenu

de la saturation des locaux actuels, cette capacité nouvelle était nécessaire pour doter la plate-forme des équipements spécifiquement dédiés au développement des recherches dans le champ nanométrique.

Comme en d'autres lieux, il n'est pas évident de départager les activités micro et les activités purement nano. Partant de la microélectronique, l'activité du LAAS dans le domaine des nanotechnologies se situe souvent dans l'approche « descendante » évoquée ci-dessus. Elle représente une part croissante mais encore minoritaire du total. Le poids budgétaire annuel de la partie nanotechnologies représente environ 30 % du budget opérationnel du pôle MINAS pour la période 2001-2003. Compte tenu des investissements programmés, cette proportion devrait atteindre 50 % dans la période 2004-2005.

Riche d'une tradition de partenariat particulièrement intense et variée avec les centres de recherche publics, notamment universitaires, et les milieux industriels concernés ou potentiellement concernés, le LAAS apparaît particulièrement bien placé pour jouer le double rôle que le ministère de la recherche attend d'une centrale technologique, à savoir le rôle de pôle d'activité et le rôle de tête de réseau offrant l'accès de son plateau technique aux équipes relevant d'autres structures du secteur public. Les équipements dont le LAAS disposera prochainement dans le cadre de ce programme contribueront à maintenir et renforcer son attractivité auprès des doctorants et des post-doctorants.

2.3.2. Les micro et nanotechnologies au CEA

Si la Direction de la Recherche Technologique (DRT) concentre l'essentiel des actions et des ressources du Commissariat à l'Energie Atomique en matière de nanotechnologies, son action s'appuie en amont sur les activités de la Direction de la Recherche Fondamentale sur la Matière Condensée (DRFMC), elle-même constituant l'interface indispensable avec les laboratoires du CNRS et des universités.

Compte tenu de l'importance du laboratoire grenoblois LETI (laboratoire d'électronique et de technologie de l'information) dans ce domaine, il sera nécessaire de développer rapidement son activité, en particulier pour ce qui concerne le pôle MINATEC, qui devrait représenter à son achèvement le 1^{er} centre européen pour les micro et nanotechnologies, et l'un des tout premiers au niveau mondial.

▪ **Le budget du CEA dans le domaine des micro et nanotechnologies**

➤ *Les dépenses*

Au niveau global¹⁸, le budget en dépenses du CEA dans le domaine des micro et nanotechnologies - mesuré en coûts complets, **incluant les frais de personnel et l'ensemble des dépenses directes et indirectes** - se présente ainsi :

BUDGET CEA MICRONANOTECHNOLOGIES ET NANOSCIENCES							
<i>LES DEPENSES (en M€HT)</i>							
Domaine d'activité	2001 <i>réalisé</i>	2002 <i>réalisé</i>	2003 <i>révisé</i>	2004 <i>initial</i>	2005 <i>prévu</i>	Total période	Moyenne annuelle
Micro :	117,8	131,8	126,3	122,4	133,7	631,9	126,4
- Dont microélectronique	64,4	68,2	54,8	47,3	54,6	289,3	57,9
- Dont microtechnologies	53,4	63,6	71,4	75,1	79,1	342,6	68,5
Nano :	24,2	28,0	44,4	75,8	100,9	273,3	54,7
- Dont nanoélectronique	0	0	16,8	47,9	72,6	137,3	27,5
- Dont nanosciences	24,2	28,0	27,6	27,9	28,3	136,0	27,2
Micro-nano dominante nano (RTB)	0	0	11,9	16,0	24,4	52,3	10,5
Micro-nano indifférenciées :	10,3	11,7	20,8	21,5	11,8	75,9	15,2
- Dont management MINATEC	3,8	2,9	14,2	13,4	5,0	39,3	7,9
- Dont salles blanches	6,5	8,8	6,6	8,1	6,8	36,6	7,3
TOTAL MICRO + NANO	152,3	171,5	203,4	235,6	270,6	1033,4	206,7
- dont personnel	66,6	81,5	89,9	99,5	107,8	445,3	89,1
- dont fonctionnement	50,4	59,9	68,4	71,3	114,9	364,9	73,0
- dont investissement	35,3	30,1	45,0	64,8	47,9	223,2	44,6

NB : L'arrondi des sommes inscrites peut provoquer des écarts dans les additions

C'est donc en moyenne une somme de 206,7 M€par an, toutes sources de financement confondues, que le CEA consacre ou va consacrer aux micro et nanotechnologies entre 2001 et 2005. A noter en particulier que ce montant est de 203,4 M€pour l'année 2003.

Même si l'on doit considérer avec beaucoup de réserve les données concernant l'année 2005 qui ne constituent qu'une prévision, on peut observer notamment :

- la montée en puissance des nanosciences et nanotechnologies, notamment avec le projet "Nanotec 300", dont les dépenses s'accroissent d'un facteur supérieur à 4 entre 2001 et 2005 (24,2 M€en 2001 à 100,9 M€en 2005), supérieur même à 5 si l'on inclut la recherche technologique de base (RTB) qui commence à intervenir à partir de 2003,

¹⁸ Observation : s'agissant de données budgétaires partielles extraites du budget global de l'établissement, les dépenses et les recettes ne sont pas équilibrées.

année qui marque un engagement fort du CEA dans ce domaine, engagement qui devrait connaître à nouveau une accélération en 2005 ;

- la relative stagnation des dépenses en microtechnologies et microélectronique, due en fait à la diminution des dépenses d'investissement dans le domaine de la microélectronique (de 21,4 à 1,7 M€ au cours de la période) ;
- la très forte progression des dépenses globales de fonctionnement entre 2004 et 2005 (+61,4 %), conséquence logique des investissements réalisés dans les années précédentes.

Cette stratégie de forte implantation du CEA dans le domaine des micro-nanotechnologies se traduit par un accroissement des charges de personnels (+ 61,7 % au cours de la période, le total des effectifs passant de 730 à 1045 personnes), qui se porte naturellement en priorité sur les nanos (+ 79,2 % en termes d'effectifs, ou même + 90,4 % si l'on inclut la RTB), et s'appuie logiquement sur un redéploiement, à opérer en 2005, d'une cinquantaine de postes consacrés à la microélectronique¹⁹.

➤ *Les ressources*

Le financement de ces dépenses est retracé dans le tableau suivant qui distingue les ressources selon leur origine :

BUDGET CEA MICRO-NANOTECHNOLOGIES ET NANOSCIENCES											
LES FINANCEMENTS (en M€ HT)											
ORIGINE DU FINANCEMENT	2001 réalisé	% du total	2002 réalisé	2003 révisé	% du total	2004 initial	2005 prévu	% du total	Total 01- 05	Moy. annu.	% du total
1.Etablissement (autofinanc.)	87,4	56,8	100,9	106,3	52,4	126,5	137,4	50,8	558,6	111,7	54
2.Etat : ministères	14,8	9,6	20,9	30,1	14,9	32,6	42,0	15,5	140,4	28,1	13,5
3.Etat : EPST, universités...	0,9	0,6	1,5	0	-	1,2	1,4	0,5	5,0	1,0	0,5
4.Collectivités territoriales	0,2	0,2	0,1	8,9	4,4	13,3	20,8	7,7	43,3	8,7	4
Structures européennes (CE, Euratom, CERN)	3,6	2,3	3,6	5,1	2,5	6,3	6,8	2,5	25,5	5,1	2
Industriels	46,9	30,5	47,5	52,4	25,8	55,6	62,2	23,0	264,6	52,9	26
TOTAL	153,8	100	174,5	202,7	100	235,6	270,6	100	1037,3	207,4	100
<i>Dont financements publics : 1+2+3+4 (hors CE)</i>	<i>103,3</i>	<i>67,2</i>	<i>123,4</i>	<i>145,2</i>	<i>71,6</i>	<i>173,7</i>	<i>201,6</i>	<i>74,5</i>	<i>747,2</i>	<i>149,4</i>	<i>72</i>
Dont autofinancement. et CT (1+4)	87,6	57,0	101,0	115,2	56,8	139,8	158,2	58,4	601,9	120,4	58,1

NB : L'arrondi des sommes inscrites peut provoquer des écarts dans les additions.

¹⁹ Dont les effectifs devraient passer de 236 en 2004 à 180 en 2005.

Sous réserve de la réalisation des financements prévus en 2005, ce tableau permet de faire plusieurs constatations :

- l'accroissement important des dépenses (+ 67 % sur la période, cf. tableau précédent) est financé pour une part significative par l'augmentation des crédits ministériels : bien que de proportions encore relativement modestes dans le total du financement (13,5 % en moyenne), ils pourraient passer de 14,8M€ en 2001 à 42M€ en 2005, soit une augmentation de 184 % ;
- le total des financements publics nationaux (c'est à dire hors CE mais en comptant les contributions des organismes nationaux) double quasiment (+ 95 %), pour représenter 74,5 % des financements en 2005, l'effort le plus important étant réalisé par le CEA lui-même qui affecte par autofinancement des sommes considérables à ces opérations, à hauteur de 54 % du total en moyenne sur la période ; par ailleurs, l'engagement des Collectivités territoriales auprès du CEA accompagne celui de l'Etat, notamment au titre de la Convention Nanoélectronique 2008 ;
- malgré une augmentation significative de son montant, la part relative des financements industriels diminue dans le total (de 30 à 26 %) ;
- enfin, les financements d'origine européenne, bien que restant de niveau très modeste (2 % du total en moyenne), montrent un accroissement significatif (de 3,6 à 6,8M€ soit +88,9 %), comparable à celui des financements publics nationaux.

L'engagement public dans le financement de la recherche au CEA-LETI en micro et nanotechnologies connaît ainsi un très fort accroissement durant cette période 2001-2003, que vient conforter une politique de redéploiement de personnels en faveur de ces dernières.

➤ *Le LETI et le programme MINATEC*

Désigné par le ministère de la recherche comme "grande centrale technologique", partie intégrante du réseau national dans le domaine des micro et nanotechnologies, le laboratoire grenoblois LETI constitue une "unité de programme" au sein de la Direction de la Recherche Technologique (DRT du CEA).

Le LETI représente le laboratoire public le plus important en France travaillant dans ce domaine : un effectif de 1200 personnes - dont 830 salariés CEA -, un budget annuel propre de 130M€ en 2003, hors coûts de soutien opérationnel du Centre et du Siège, dont 88 M€ (68 %) financés par des ressources externes (contrats et partenaires industriels) qui ont doublé en 5 ans²⁰.

²⁰ Source : documents généraux de présentation du LETI

L'objectif du "Pôle d'innovations MINATEC", initiative locale grenobloise, est de "concentrer les moyens technologiques et les compétences scientifiques" afin de "constituer un centre d'excellence et de référence en Europe". Se situant en aval de la recherche mais dans une dynamique de collaboration étroite avec elle, il a pour finalité la valorisation industrielle de l'innovation dans le domaine des micro et nanotechnologies²¹. Bien que ne se situant pas dans le domaine strict de la recherche en nanotechnologies, il est à noter que les investissements, en immobilier et en matériels, s'élèvent à 170M€ financés à 46,5 % par les collectivités territoriales (la maîtrise d'ouvrage étant assurée par le Conseil Général de l'Isère), 19 % par le CEA et 8 % par le ministère délégué à la Recherche et aux Nouvelles Technologies.

2.3.3. Les micro et nanotechnologies à l'INSERM

Le croisement des nanotechnologies et des sciences du vivant a donné naissance aux nanobiotechnologies. Il était donc nécessaire de regarder du côté de l'INSERM. Dans ce domaine l'INSERM se présente moins comme un producteur pur de connaissances que comme un utilisateur. En dépit de cette différence d'approche, il apparaît justifié de prendre en compte les moyens que l'INSERM consacre aux nanotechnologies, tant il est vrai qu'utiliser celles-ci pour faire avancer la science dans le domaine biomédical est aussi une façon de contribuer à leur développement.

Pour les besoins de la présente étude, le pôle de veille stratégique de l'INSERM a fait une monographie très complète et très précise couvrant l'année 2002. Les moyens directement engagés par l'INSERM cette année-là s'élèvent à 6,5 millions d'euros, hors actions incitatives. A cette somme qui représente un socle relativement stable, qui constitue 1,9 % du budget de l'INSERM en 2002 et qui devrait progresser dans les années à venir, s'ajoute un montant annuellement variable de cofinancements engagés par l'INSERM dans des projets sélectionnés par appels d'offres dans le cadre du programme STIC-Santé-INSERM et de l'Action Thématique Concertée "Biothérapies" de l'INSERM.

Il est intéressant de noter ici les principaux éléments de la méthode de chiffrage retenue par l'INSERM :

Identification des thématiques

Champ de recherche	Thématique	Nombre de laboratoires
Diagnostic		
Nanodétection	Transcriptomique	7

²¹ Id.

	Protéomique	1
	Biocapteurs	6
	Imagerie cellulaire et moléculaire	12
Microsystèmes biologiques	Lab-on chips ; cell-on chips	8
Thérapeutique		
Délivrance de médicaments, vectorisation, thérapie génique	Nanoencapsulation, nanoshères, nanovecteurs pour transfert de gènes, dendrimères	14
Médecine réparatrice et microchirurgie	Prothèses et nano-implants	4

Pour mesurer l'investissement de l'INSERM en personnels et en crédits, les 44 laboratoires concernés ont été classés selon leur degré d'implication (plus de 50 %, de 20 à 50 % , de 10 à 20, moins de 10 %).

La plupart des laboratoires de l'INSERM utilisent des puces à ADN. Dans l'état des lieux évoqué ci-dessus l'établissement a seulement retenu les cinq plateaux techniques et les plates-formes de transcriptomes rattachés à l'INSERM et ouverts à la communauté scientifique.

Remarques :

1. Des unités de l'INSERM sont engagées dans le projet Nanobio dont le CEA a donné l'impulsion à Grenoble.
2. Dans le cadre du 6^{ème} PCRDT et de sa thématique n°3 (Nanotechnology and nanosciences), le réseau d'excellence «Nano2life » porté par le CEA a été accepté ; trois unités de l'INSERM figurent parmi les partenaires du réseau.

2.3.4. L'ANVAR et les micro- nanotechnologies

Les nanotechnologies constituent dès à présent un créneau émergent pour les PME de haute technologie que l'ANVAR a vocation à soutenir, par subvention ou par aide remboursable. Sans être très importantes en montant, les interventions de l'ANVAR revêtent un intérêt particulier dans la mesure où on peut les considérer comme l'amorce d'un domaine d'activité appelé à se développer. Il serait toutefois hasardeux de faire des hypothèses sur le rythme de ce développement au vu des résultats des quatre années écoulées, l'année 2003 - bien qu'appréhendée à la date du 30 septembre - marquant un net retrait de l'intervention de l'agence, tant par le nombre d'aides accordées que par les montants concernés (dix fois moins élevé qu'en 2002)²² :

²² La recherche des dossiers entrant dans le champ de l'étude a été opérée par appel de mots clés, à l'aide du lexique suivant. Pour les nanotechnologies à part entière : *nanoparticules, nanoobjets, nanopoudres,*

TOTAL DES AIDES ACCORDEES (en millions d'euros)				
année	total des aides	nombre de dossiers	Dont	
			Org. publics	Entreprises
2000	3,6	33	6	27
2001	2,4	19	2	17
2002	3,3	28	1	27
2003	0,2	6	0	6
TOTAL	9,5	86	9	77

Au total, sur la période, l'aide de l'ANVAR dans le domaine des micro-nanotechnologies a bénéficié à 9 organismes publics et à 77 entreprises, dans le cadre des modes d'intervention habituels de l'agence :

- soutien des entreprises en démarrage et de très petite taille (41 ont de 0 à 10 salariés, 67 moins de 51 salariés, l'effectif moyen se situant à 23) et de création récente (la plus ancienne date de 1998) ;
- aides accordées essentiellement sous la forme d'avances remboursables : en 2002, les avances remboursables (3,1 M€) représentent 94 % du total des aides (3,3 M€).

2.4. Les financements mis en œuvre par les collectivités territoriales

2.4.1. Les financements dans le cadre des Contrats de Plan Etat-Régions (CPER)

Sur la base des données disponibles, le total des financements de l'Etat (66-04 FRT, 66-05 FNS et 66-71 recherche universitaire), s'élève pour le domaine des micro et nanotechnologies à environ 27,5 M€ pour l'ensemble de la durée des CPER 2000-2006²³.

La part des régions dans le financement de la recherche dans ce domaine est estimée à un effort financier comparable à celui de l'Etat (environ 24 M€²⁴), soit une moyenne proche de 3,5 M€ par an ; la contribution des régions a été nettement plus importante que celle de l'Etat en 2000 et 2001 et par conséquent elle sera plus faible en fin de période.

nanotubes, nanofils. Pour le domaine mixte, des « nano » vers les « micro » : *électronique moléculaire, nanoassemblages, matériaux nanostructurés, épitaxie* ; des « micro » vers les « nanos » : *micronanobiotechnologie, microfluidique, micropompe, biopuces, biocapteurs, nanocomposites.*

²³ Source : Direction de la Recherche. Montant des crédits délégués.

²⁴ Source : id.

2.4.2. Les financements hors CPER

Le recensement de ces financements, qui relèvent de la politique spécifique des collectivités territoriales, est rendu difficile du fait de l'éparpillement des projets de soutien à la recherche. En outre, il n'a pas été possible à la mission, compte tenu des délais, d'interroger directement les collectivités. Les montants ne peuvent donc être indiqués ici que de manière très approximative et incomplète.

Les éléments, très disparates, obtenus auprès des DRRT des régions éventuellement concernées permettent d'estimer ce financement de la recherche en nanotechnologies par les collectivités, hors CPER, à environ 2,2 M€ par an à partir de 2003, la région Centre ayant de plus consenti un effort relativement important au cours des années 2001 (2,8 M€) et 2002 (2,7 M€).

Les régions concernées sont les suivantes :

- Centre : 5,5 M€ pour les deux années 2001 et 2002 ; 1 M€ par an en moyenne à partir de 2003 ;
- Languedoc-Roussillon : données incomplètes, financement total (Région + Département de l'Hérault) estimé à 0,222 M€ en 2003 ;
- Midi-Pyrénées : 5 M€ au total sur la période attribués à un appel à projet sur les nanotechnologies ;
- Nord-Pas-de-Calais : 0,07 M€ pour la période 2000-2003 ;
- PACA : estimation très partielle, pour un montant non significatif (0,2 M€ sur 4 ans accordés en investissement par le conseil général du Var à l'antenne de Toulon du Laboratoire de Matériaux et Microélectronique de Provence (L2MP)).

Pour mémoire, il est rappelé que le montant des participations des collectivités territoriales au projet grenoblois "MINATEC" s'élève à 79,5 M€²⁵.

²⁵ Cf. § 2.3.2. ci-dessus.

3. Les résultats de l'enquête à l'échelon national

3.1. La méthodologie adoptée

Les résultats chiffrés de l'étude demandée à l'IGAENR sont rassemblés dans le tableau ci-dessous. Avant d'en commenter les résultats, il paraît souhaitable de faire un bref point d'ordre méthodologique pour en faciliter la lecture et la compréhension d'ensemble. On trouvera plus loin des commentaires spécifiques aux différentes rubriques analysées.

Les principales difficultés rencontrées sont les suivantes :

- Ainsi qu'il est exposé dans la première partie du présent rapport²⁶, la délimitation d'un domaine strictement nanotechnologique par rapport au domaine des microtechnologies est loin d'être évidente ; alors que les auteurs de la présente étude visaient au départ un schéma en trois volets (nano « pur », nano-micro à dominante nano et nano-micro à dominante micro), il leur est finalement apparu possible d'opérer seulement une distinction entre le domaine nanotechnologique à part entière (volet A) et un ensemble moins caractérisé (volet B). Le positionnement des chiffres retenus dans l'un ou l'autre volet dépend naturellement de l'information recueillie auprès des opérateurs (CEA, CNRS) et, en ce qui concerne les crédits mis en œuvre directement par l'Etat, de la procédure considérée. Alors que l'ACI nanoscience financée à partir du FNS est clairement et entièrement dédiée au domaine nanotechnologique (volet A) les interventions du FRT en faveur du réseau des micro et des nanotechnologies (RMNT) et des grandes centrales sont ventilées entre les deux volets, selon une clé partiellement forfaitaire (la répartition étant spécifiée pour 2003 par le département compétent du ministère de la recherche, la même clé de répartition est retenue pour les autres années).
- Il n'a pas toujours été possible de faire la part de la destination des crédits (au niveau du budget de l'Etat) ou de faire la part des dépenses (au niveau du budget des opérateurs) selon leur nature : personnel, fonctionnement, équipement. Dans ce cas il a été nécessaire de recourir à une évaluation forfaitaire.

²⁶ En particulier au §1.1.

- Les données recueillies et présentées dans les tableaux de synthèse rassemblent des éléments de financement valorisés TTC au niveau du budget de l'Etat et des éléments de dépenses valorisées HT dans les budgets et les comptes des établissements ; il en résulte un manque d'homogénéité de l'information brute et la nécessité de procéder à un retraitement des données ; le choix pour un chiffrage HT est sans doute le plus logique mais cela fait perdre un peu de lisibilité à certaines données budgétaires bien connues pour leur montant TTC. Il y a à cet égard matière à s'interroger sur la validité des comparaisons internationales, si l'on néglige de prendre en compte les biais liés à la fiscalité. Le passage d'une donnée budgétaire TTC à sa traduction hors-taxes a été opéré en faisant, dans un premier temps, la part du fonctionnement et de l'investissement des sommes mentionnées au tableau de synthèse puis, dans un deuxième temps, en divisant les sommes relatives au fonctionnement par 1,196.
- L'affichage et la mesure des données financières habituellement opérés par institution et par procédure, plutôt que par destination, rend malaisée une approche de cette seconde nature ; la future nomenclature impliquée par la LOLF devrait réduire cette difficulté à l'avenir mais, pour quelques années encore, toute approche transversale dans un domaine donné passe par des extractions plus ou moins complexes et arbitraires dans les bases de données existantes, lesquelles ne sont pas conçues pour ce type d'analyse.
- Les chiffres avancés pour les années 2004 et 2005 sont moins des prévisions que des estimations ou des extrapolations.
- Les sources d'information disponibles se sont parfois révélées insuffisantes pour une enquête relativement rapide : les financements publics mis en œuvre par les collectivités territoriales n'ont pu être appréhendés que partiellement, au titre de leur contribution aux contrats de plan Etat-régions. Au-delà de leurs engagement en contrat de plan, certaines régions et certaines collectivités territoriales ont mobilisé des moyens en faveur de la R&D dans les nanotechnologies. Dans la mesure où ils ont pu être recensés, même approximativement, ces financements ont été inclus dans les données présentées.

3.2. Le chiffrage global

Les financements mis en œuvre par les trois ministères (Recherche, Industrie, Défense) et par les quatre établissements publics (CNRS, CEA, INSERM, ANVAR) intervenant dans le champ observé sont rassemblées ci-après dans un tableau de synthèse couvrant la période 2001–2005.

Les données relatives aux années 2001, 2002 et 2003 ont été fournies par les experts contactés au sein de ces diverses institutions. Les montants mentionnés pour 2004 et 2005 sont des estimations prévisionnelles dont la mission de l'IGAENR a pris l'initiative²⁷ sur la base de l'observation de la dynamique induite par les actions financées antérieurement.

Enfin, afin de compléter les données figurant ci-dessous, les détails des calculs intermédiaires figurent en annexes 2 (pour le tableau de synthèse des financements) et 3 (pour la partie concernant le CNRS).

²⁷ A l'exception du CEA qui a fourni intégralement les données retenues ici.

TABLEAU DE SYNTHÈSE DES FINANCEMENTS PUBLICS

<i>Par origine de financement</i>	<i>en M€HT</i>								OBSERVATIONS <i>(hypothèses, estimations, projections)</i> Crédits d'équipement : pas de TVA collectée
	2001 réalisé	2002 réalisé	2003 anticipé	2004 prévision	2005 prévision	TOTAL HT	Moy. an.		
A) PROGRAMMES "NANO" A PART ENTIÈRE									
Etat (ministères) :									
FNS (ACI nanosciences) HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	2,2 2,4	6,3 6,9	7,1 7,7	7,3 8,0	7,3 8,0	27,6 33,0	5,5 6,6	Dont 50 % fonctionnement, 50 % investissement	
FRT (réseau de centrales) HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>			14,4 15,8	28,0 30,0	28,0 30,0	70,4 75,8	14,1 15,2	Dont 40 % fonctionnement, 60 % investissement	
Recherche universitaire HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	7,0 8,0	7,0 8,0	7,0 8,0	7,0 8,0	7,0 8,0	35,0 40,0	7,0 8,0	Hypothèse 50 % indifférentiable, dont 80 % fonctionnement et 20 % équipement	
Doctorants (alloc. Rech.) HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	2,0 2,4	4,2 5,0	9,1 10,9	14,5 17,3	17,6 21,0	47,4 56,6	9,5 11,3	Totalité en fonctionnement	
Ministère de l'Industrie HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	24,6 27,6	31,0 34,8	41,9 47,0	40,1 45,0	40,1 45,0	177,7 199,4	35,5 39,9	2/3 fonctionnement, 1/3 équipement	
Ministère de la Défense HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>			1,0 1,0	1,3 1,3	1,7 1,7	4,0 4,0	0,8 0,8	Totalité en équipement	
Etablissements de recherche :									
CNRS HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	67,8 81,1	70,5 84,3	70,5 84,3	71,9 86,0	73,3 87,7	354,0 423,4	70,8 84,7	Hypothèse accroissement des personnels de +2 % par an sur l'ensemble de la période	
CEA HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	13,9 16,1	16,5 19,0	25,1 29,0	45,0 51,9	59,0 68,1	159,5 184,1	31,9 36,8		
INSERM HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	6,5 5,4	7,0 5,9	7,5 6,3	8,5 7,1	9,0 7,5	38,5 32,2	7,7 6,4	Totalité en fonctionnement	
ANVAR HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	0,4 0,5	1,0 1,2	0,1 0,1	0,3 0,4	0,3 0,4	2,1 2,6	0,4 0,5		
Sous-total A1 (HT) <i>Pour mémoire montant TTC</i>	124,4 143,5	143,5 165,1	183,6 210,1	223,9 255,0	243,3 277,4	916,2 1051,1	183,2 210,2	(suite page suivante)	

Par origine de financement (suite)	en M€ HT							OBSERVATIONS (hypothèses, estimations, projections) Crédits d'équipement : pas de TVA collectée
	2001 réalisé	2002 réalisé	2003 anticipé	2004 prévision	2005 prévision	TOTAL HT	Moy. an.	
B) PROGRAMMES "NANO/MICRO" INDIFFERENTIABLES"								
Etat (ministères) :								
FRT (RMNT + divers...) HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	9,2 10,4	8,1 9,1	5,1 5,8	4,4 5,0	4,4 5,0	31,2 35,3	6,2 7,1	70 % fonctionnement, 30 % équipement
Recherche universitaire HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	7,0 8,0	7,0 8,0	7,0 8,0	7,0 8,0	7,0 8,0	35,0 40,0	7,0 8,0	
Doctorants (CIFRE) HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	0,9 1,1	1,1 1,3	1,3 1,5	1,4 1,7	1,5 1,8	6,2 7,4	1,2 1,5	Totalité en fonctionnement
Ministère de l'Industrie HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	57,0 64,4	71,9 81,2	82,3 93,0	79,7 90,0	79,7 90,0	370,6 418,6	74,1 83,7	2/3 fonctionnement, 1/3 équipement
Ministère de la Défense HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>			17,7 20,0	17,7 20,0	17,7 20,0	53,1 60,0	10,6 12,0	2/3 fonctionnement, 1/3 équipement
Etablissements de recherche :								
CNRS HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	147,4 176,3	153,4 183,5	153,3 183,3	155,8 186,3	158,2 189,2	768,1 918,6	153,6 183,7	Hypothèse accroissement des personnels de +2 % par an sur l'ensemble de la période
CEA HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	73,7 85,0	84,5 97,5	90,1 103,9	94,8 109,4	99,2 114,4	442,3 510,2	88,5 102,0	Financements publics hors UE, Etat, EPST et universités
ANVAR HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	1,9 2,3	2,2 2,6	0,2 0,2	1,0 1,2	1,0 1,2	6,3 7,5	1,3 1,5	
CPER :								
Etat CPER HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	7,0 7,0	6,2 6,2	4,3 4,3	3,5 3,5	1,1 1,1	22,1 22,1	4,4 4,4	Totalité en équipement
Coll. Loc. (CPER + hors) HT <i>Pour mémoire montant TTC</i>	17,4 17,4	8,8 8,8	6,7 6,7	5,3 5,3	3,4 3,4	41,6 41,6	8,3 8,3	Estimation (données incomplètes pour le hors CPER), totalité en équipement
Sous-total B (HT) <i>Pour mémoire montant TTC</i>	321,5 371,9	343,2 398,2	368,0 426,8	370,6 430,4	373,2 434,1	1776,5 2061,4	355,3 412,3	

TOTAL A+B (HT)	445,9	486,7	551,6	594,5	616,5	2692,7	538,5	
<i>Pour mémoire TOTAL TTC</i>	515,4	563,3	636,9	685,4	711,5	3112,5	622,5	

3.3. Les commentaires

La prise en compte, d'une part, de l'ensemble des opérateurs intervenant à un niveau significatif et, d'autre part, du total des moyens en personnels et en crédits que ces opérateurs consacrent aux nanotechnologies, conduit à un résultat sans commune mesure avec les 50 millions d'euros (TTC) dont la presse s'est faite l'écho au printemps 2003.

En 2003 le total des financements publics s'élève ainsi à près de 552 millions d'euros hors taxes (soit 637 millions TTC), frais de personnels inclus. Dans ce total, un tiers environ se rapporte au domaine nanotechnologique à part entière (volet A) et les deux autres tiers aux activités pour lesquelles il n'est pas possible de distinguer ce qui relève des nanotechnologies de ce qui se situe dans le champ de la microélectronique et des microtechnologies (volet B). A noter que la progression des crédits d'ensemble est de +24 % de 2001 à 2003.

Naturellement ce résultat ne doit pas être comparé sans précaution aux données disponibles pour les principaux pays tiers (voir chapitre 4). Les données concernant les pays étrangers sont en effet dans la plupart des cas relatifs à des actions incitatives nationales, qui se superposent sans doute en tout ou partie à des actions continues entreprises depuis plusieurs années par les laboratoires de recherche.

Les crédits d'intervention du FRT et du FNS spécifiquement consacrés aux nanotechnologies sont les plus aisés à identifier, dans la mesure où ces crédits font l'objet de lignes de programmation dédiées. L'ACI nanosciences financée sur le FNS est sans conteste du domaine nanotechnologique à part entière (volet A). Pour les lignes du FRT, on a pris le parti de ranger le réseau de centrales dans ce même volet A et de ranger le réseau des micro et nano technologies (RMNT) dans le volet B. En ce qui concerne les centrales technologiques, les deux premières subventions ont été attribuées au CNRS et au CEA en 2003, pour un montant total (15,8 M€ TTC) inférieur au montant initialement prévu (30 M€). La subvention du CNRS est entièrement destinée à des dépenses d'équipement ; celle du CEA se répartit entre fonctionnement (70 %) et équipement (30 %). L'hypothèse d'un financement à hauteur de 30 M€ en 2004 et en 2005 correspond à la poursuite du plan de financement initialement prévu, sans rattrapage.

Les deux autres chapitres d'intervention dont le ministère de la recherche dispose sont essentiellement ceux du financement de la recherche universitaire (chapitre 66-71 de la section Enseignement supérieur) et ceux de la "formation à et par la recherche" (chapitre 43-80).

Les crédits de la recherche universitaire alloués aux laboratoires actifs dans le domaine des nanotechnologies sont, comme l'ensemble des crédits de ce chapitre, mis en œuvre dans le cadre du volet «recherche» des contrats quadriennaux passés entre l'Etat, le CNRS et les universités. Le chiffrage du champ des nanotechnologies a été obtenu par interrogation de la base de données de la direction de la recherche, à partir d'une liste d'unités de recherche dressée spécialement à l'aide de mots-clefs définis sous regard d'expert scientifique, pour les besoins de la présente étude. La même liste a été utilisée pour les années 2001, 2002 et 2003, ce qui peut avoir un léger effet minorant sur le résultat de l'interrogation de la base de données pour 2001 et 2002 en raison des changements de dénomination. Le montant auquel conduit cette extraction est de l'ordre de 16 millions d'euros TTC par an. Il est constitué à 80 % de dépenses de fonctionnement et à 20 % de dépenses d'équipement. Il est ventilé ici à part égales dans les volets A et B de façon arbitraire. L'hypothèse de la poursuite de ce financement pour un même montant en 2004 et 2005 paraît la plus vraisemblable.

Les doctorants bénéficiant du soutien financier du ministère de la recherche sont des contractuels de droit public percevant une allocation de recherche versée par une université ou des contractuels de droit privé recrutés par une entreprise subventionnée dans le cadre des CIFRE (conventions industrielles de formation par la recherche).

- Les allocataires de recherche actifs dans le domaine des nanotechnologies ont été dénombrés en croisant le fichier des allocataires et celui des unités de recherche établi comme indiqué ci-dessus, à partir du radical "nano" et après affinement de la liste par un expert de la DR. Il est intéressant de relever la forte croissance des effectifs d'allocataires observée en 2002 et en 2003. Les flux annuels sont en effet les suivants : 59 en 2001, 164 en 2002, 334 en 2003²⁸. Cette croissance du vivier des chercheurs est évidemment un facteur essentiel dans le développement des nanotechnologies en France.
- Les bénéficiaires de CIFRE sont moins nombreux et si l'on observe une progression en 2002 par rapport à 2001 (39 contre 25 en flux annuel), les résultats provisoires de l'année 2003 ne permettent pas d'envisager une poursuite de cette progression.

C'est également de façon arbitraire que les montants consacrés aux allocations de recherche sont placés dans le volet A du tableau de synthèse et que ceux des CIFRE sont dans le volet B, les informations disponibles ne permettant pas une approche plus fine de la réalité.

²⁸ La durée normale du soutien dont bénéficient les allocataires de recherche étant de trois ans, ces flux annuels se traduisent, moyennant quelques hypothèses sur les années 1999, 2000 et 2004, 2005, par un stock qui évolue de la manière suivante : 130 en 2001, 263 en 2002, 557 en 2003, 848 en 2004 et 1034 en 2005.

4. Comparaisons internationales

Les données concordent pour faire apparaître deux pôles prédominants s'agissant des investissements dans le domaine des nanotechnologies : les Etats-Unis et le Japon. L'Europe arrive en troisième position. D'autres acteurs ne doivent cependant pas être négligés compte tenu de leur volontarisme et de leur potentiel de développement.

La distinction entre les investissements concernant les nanotechnologies et les microtechnologies est parfois aussi délicate à réaliser dans une comparaison internationale que dans la mesure de l'effort national. La mission s'est efforcée de clarifier cette question lorsque cela était possible.

On étudiera successivement les données relatives aux Etats-Unis, au Japon, à l'Union Européenne ainsi qu'à divers autres pays déployant une activité significative dans le domaine des nanotechnologies.

4.1. Les Etats-Unis

L'effort des Etats-Unis en matière de recherche et de développement dans le domaine des nanotechnologies est certes caractérisé par l'importance des volumes investis mais aussi par plusieurs éléments : la planification par objectif, la constante progression des crédits, la concentration des budgets sur certains secteurs ainsi que l'émergence du rôle propre de certains Etats.

Le montant du budget consacré en 2003 aux nanotechnologies est de 770 M\$. Les efforts de recherche dans ce domaine sont coordonnés sous le nom et dans le cadre de la National Nanotechnology Initiative (NNI), action lancée en 2000 et placée sous la responsabilité de l'Office of Science and Technology Policy, qui coordonne la politique fédérale de R&D et contribue à la préparation du budget. La NNI est multidisciplinaire et multi-agences. Pour la NNI, les nanotechnologies comprennent "toutes les opérations permettant de travailler à l'échelle atomique, moléculaire et supramoléculaire, dans une fourchette allant d'environ 1 nm à 100nm approximativement, dans le but de comprendre ou de créer des matériaux, des dispositifs ou des systèmes aux propriétés nouvelles résultant de la petite taille des structures qui les composent".

Parallèlement, on estime que la contribution du secteur privé américain est de l'ordre du double de l'investissement public.

La progression d'ensemble aura été forte de 2001 à 2004 puisque le budget 2001 était de 489 M\$, celui de 2002, de 698 M\$, celui de 2003, de 770 M\$ et que la demande pour 2004 est de 849 M\$. L'accroissement est ainsi de 43 % de 2001 à 2002, de 10 % de 2002 à 2003 et devrait être de 10 % également de 2003 à 2004.

Les deux tiers du budget 2004 doivent être affectés à la recherche universitaire.

La ventilation de ces budgets par agence est la suivante, en M\$ de crédits ouverts :

AGENCES	BUDGET 2001	BUDGET 2002	BUDGET 2003	DEMANDE 2004
NSF	150	204	221	249
DOD	123	224	243	222
DOE	88	89	133	197
HHS/NIH	40	59	65	70
DOC/NIST	40	77	66	62
NASA	22	35	33	31
EPA	5	6	5	5
DHS/TSA	0	2	2	2
USDA	1,5	1	1	1
DOJ	1,5	1	1	1
TOTAL	489	698	770	849

Source : Budget Authority / NNI /04 budget supplement / Maison Blanche / 2002-2004

Légende :

- NSF : National Science Foundation.
- DOD : Department of Defense.
- DOE : Department of Energy.
- HHS/NIH : Health and Human Services/ National Institutes of Health.
- DOC/NIST : Department of Commerce/ National Institute of Standards and Technology.
- NASA / National Aeronautics and Space Administration.
- EPA : Environmental Protection Agency.
- DHS/TSA : Department of Homeland Security / Transportation Security Administration.
- USDA : US Department of Agriculture.
- DOJ : Department of Justice.

Les différents budgets présentés ci-dessus n'incluent pas toujours l'ensemble des dépenses de personnel correspondant à ces activités.

On remarque le budget particulièrement élevé attribué à trois grands opérateurs : La NSF, le DOD et le DOE. Le DOE a mis en chantier cinq centres de recherche sur les nanotechnologies, à New York, Los Alamos, Oak Ridge, Berkeley et Argonne, dans l'Illinois. Ces centres incluent des salles "blanches", des laboratoires de fabrication et des équipements coûteux à usage partagé. D'importantes constructions neuves sont prévues dans chacun de ces centres (10 000 m² au sol, sur six étages, à Berkeley, par exemple).

Ces budgets sont affectés de façon à appuyer les grands axes de politique scientifique retenue mais les actions sont évaluées au titre du GPRA (Government Performance and Results Act), auquel la LOLF française ressemble beaucoup, et ne sont pas reconduites systématiquement. Ces évaluations annuelles sont également utilisées pour redéfinir, le cas échéant, les principaux défis, neuf au départ, affichés par le programme NNI ; trois défis ont été ajoutés en 2003, l'un d'eux concernant la fabrication industrielle à l'échelle nanométrique.

A ces défis s'ajoutent des objectifs opérationnels et une programmation de 2003 à 2007 et au-delà. Ainsi est-il programmé de doter la moitié des institutions de recherche académique d'infrastructures de recherche permettant de développer la R&D dans le domaine des nanotechnologies d'ici à 2005 et de construire dès à présent les cinq plates-formes dédiées aux nanotechnologies déjà évoquées.

Une structure de coordination et de veille semble particulièrement importante dans le dispositif américain : il s'agit de NSET (Nanoscale Science, Engineering and Technology Subcommittee), qui dépend du National Science and Technology Council. En effet, ce comité est en charge de la coordination des activités de recherche des différentes agences, en particulier dans le champ des priorités affichées.

Le NSET est aussi chargé, et cela n'est pas son moindre intérêt, d'effectuer un suivi mondial permanent des efforts nationaux dans le domaine des nanotechnologies afin d'en tirer le meilleur parti.

On doit ajouter aux financements fédéraux les efforts de certains Etats, qui, à partir de 2000, vont s'engager à hauteur d'un peu plus de 200 M\$ au total, pour une durée de un à quatre ans. L'implication la plus significative est celle de l'Etat de Californie avec 100 M\$ sur quatre ans (California Nanosystems Institute). L'Etat de New-York arrive ensuite avec un investissement de 50 M\$ (Center of Excellence in Nanoelectronics).

4.2. Le Japon

Le cas du Japon est particulièrement intéressant puisque ce pays, souvent décrit comme touché par une crise économique sans fin, est en tête des investissements publics en matière de nanotechnologies. Ces chiffres sont d'autant plus significatifs que le financement de l'Etat ne représente que 20 à 25 % de l'ensemble des investissements en recherche. Enfin, les crédits consacrés aux nanotechnologies ne prennent pas en compte les dépenses de personnel.

Les principaux éléments obtenus auprès de notre ambassade proviennent du Conseil Supérieur japonais pour la Politique Scientifique et Technologique.

En première approximation, les dépenses publiques évoluent de la façon suivante entre 2000 et 2004 :

- en 2000 : 262,4 M€(32,8 milliards de yens).
- en 2001 : 484,8 M€(60,6 milliards de yens), dont le tiers consacré aux nanomatériaux.
- en 2002 : 740 M€(92,5 milliards de yens). Il s'agit là d'une estimation due à l'incertitude sur les dépenses relevant exclusivement des nanotechnologies.
- en 2003 : les montants semblent de l'ordre de 1192,8 M€(149,1 milliards de yens) en tenant compte des programmes concernant en partie les nanotechnologies sans être fléchés comme tels.
- en 2004 : le budget demandé est en hausse de 11,3 % mais pourrait ne pas être atteint.

Ces données sont évaluées de façon identique par la représentation de la Commission Européenne à Tokyo.

L'accroissement des dépenses publiques consacrées aux nanotechnologies est donc considérable sur la période considérée : 85 % de 2000 à 2001, 53 % de 2001 à 2002 et 61 % de 2002 à 2003.

Le bureau de la NSF (National Science Foundation) à Tokyo évalue pour sa part le budget consacré aux nanotechnologies au Japon à 1192,8 M€(149,1 milliards de yens) également pour l'année 2003 et à 1081,6 M€(135,2 milliards de yens) en 2002.

Ces données confirment la volonté du Japon d'être en tête des investissements mondiaux dans ce domaine. Il faut observer que son investissement est du même ordre que celui des Etats-Unis dès 2001 et qu'il semble le dépasser fortement depuis lors. Un rapport du service pour la science et la technologie de l'ambassade de France à Tokyo souligne en mars 2002 l'avance de ce pays en particulier dans les domaines des nanotubes de carbone, des fullerènes, des dispositifs à un électron et des techniques de nanofabrication. Ce rapport apporte par ailleurs de nombreuses informations

intéressantes même si les données ne sont pas les plus récentes. On en trouvera des éléments ci-après.

Le nombre de brevets relatifs aux nanotechnologies déposés au Japon a augmenté de 50 % de 1998 à 2001, passant de 3900 à 6000, dont un tiers environ déposés par des sociétés étrangères, notamment l'Oréal, IBM et Procter & Gamble. Le Japan Patent Office a étudié par ailleurs les dépôts de brevets depuis 1990 dans le domaine des matériaux nanostructurés, au Japon, en Europe et aux Etats-Unis. Cette étude met en lumière la similitude des thèmes prioritaires développés par les entreprises de ces pays dans le domaine des matériaux nanostructurés et l'importance du nombre de brevets déposés dans le monde par les sociétés japonaises dans ce champ. Elle illustre l'importance des résultats obtenus et des moyens consacrés à la recherche dans ce domaine spécifique. La décision de faire des nanotechnologies un axe prioritaire de la recherche au Japon a été prise dans la foulée du lancement de la National Nanotechnology Initiative américaine. Le conseil pour la politique scientifique et technologique (CSTP), que préside le Premier ministre, a défini cinq axes prioritaires de recherche et vingt cinq thèmes de recherche en découlant. Ces projets sont financés par le MEXT (Ministère de l'éducation, de la culture, des sports, de la science et de la technologie) ainsi que, pour certaines catégories de projets, par le METI (Ministère de l'économie, du commerce et de l'industrie), et le MPHPT (Ministère du management public, de l'intérieur, des postes et des télécommunications). Une "feuille de route" à vingt ans a été établie. Le METI participe à la création d'un "Nanotechnology Research Institute".

L'avance du Japon ne se retrouve cependant pas dans le domaine des nanobiotechnologies.

Une certaine tradition de non concertation entre les différents acteurs de la recherche peut conduire à relativiser l'importance de l'effort entrepris, mais le CSTP a reçu précisément mission d'améliorer cet état de fait.

4.3. L'Union Européenne et ses Etats membres

4.3.1. Plusieurs pays européens ont développé des programmes ambitieux en matière de nanotechnologies.

On ne considérera pas dans cette partie le cas de la France, déjà développé dans le cœur de ce rapport, mais celui de ses partenaires et concurrents dans le domaine étudié.

- **L'Allemagne**

L'aide publique à la recherche dans le domaine des nanotechnologies a pris son essor au début des années 90 et a pris réellement une forme significative en 1998 lorsque le BMBF (ministère fédéral de la formation et de la recherche) a décidé de créer des centres de compétences en nanotechnologies. Dans un rapport de juin 2002 le BMBF a présenté l'organisation du soutien au développement des nanotechnologies en Allemagne

Les dépenses publiques se décomposent en soutien de projets de la part du BMBF, mais aussi en soutien du BMWA (ministère fédéral de l'économie et du travail), et en soutien institutionnel de la part de différents organismes de recherche, notamment la DFG (agence de moyens de la recherche allemande), les sociétés Max Planck et Fraunhofer, GMD-Fraunhofer regroupant 70 centres de recherche appliquée disséminés sur l'ensemble du territoire, la communauté Leibniz, regroupant 80 instituts de recherche fondamentale et appliquée, ou les centres de recherche Helmholtz, fédérant 16 organismes de recherche. Les parts respectives de financement étaient les suivantes en 2001 :

FINANCEMENT DES NANOTECHNOLOGIES	PART DE L'INDUSTRIE	DÉPENSES PUBLIQUES	TOTAL 2001 EN M €
Soutien du BMBF	42,5	54,1	96,6
Soutien du BMWA	2,0	6,0	8,0
Soutien institutionnel	19,7	93,0	112,7
ENSEMBLE	64,2	153,1	217,3

A ces sommes doivent être ajoutés les budgets mis à la disposition des universités par les Länder.

Pour l'année 2002, le soutien public aux nanotechnologies est estimé à 197,5 M€ dont 103 M€ de soutien institutionnel.

En 2001, les 93 M€ de soutien institutionnel se répartissaient de la façon suivante :

Soutien institutionnel	Part publique en M €
DFG	25,5
MAX-PLANCK	13,6
FRAUNHOFER	4,4
COMMUNAUTE LEIBNIZ	17,8
COMMUNAUTE HELMHOLTZ	26,0
AUTRES	5,7
TOTAL	93,0

Le soutien du BMBF en dépenses publiques devait évoluer de la façon suivante de 2001 à 2003 :

Soutien du BMBF	2001 (M€)	2002 (M€)	2003 (M€)
Soutien aux projets	52	86,7	110,6
Centres de compétence	2,1	1,8	1,5
TOTAL	54,1	88,5	112,1

Quant à la répartition des dépenses du BMBF par thème de recherche dans le domaine des nanotechnologies, de 2001 à 2003, elle s'établissait de la manière suivante :

Soutien par thème	2001 (M€)	2002 (M€)	2003 (M€)
Nanomatériaux	23,5	23,9	29,1
Technologies optiques	12,6	17,0	17,6
Biotechnologies	1,3	8,5	9,6
Nanoélectronique	8,6	27,5	42,0
TIC	2,9	4,0	4,0
Technologies de la production	0,2	0,6	1,3
Génie des microsystèmes	5,0	7,0	8,5
TOTAL	54,1	88,5	112,1

Ces données, que confirme également le rapport Saunier, montrent que l'engagement de l'Allemagne est important. Il est caractérisé par une recherche de la valorisation industrielle que garantit l'existence du réseau Fraunhofer, au détriment, peut-être, d'un investissement aussi grand dans la recherche fondamentale. On retiendra, au total, le chiffre de 200 M€ de dépenses publiques pour l'année 2002.

▪ Le Royaume-Uni

Comme le souligne le rapport Weisbuch, "la Grande Bretagne est certainement l'un des premiers pays à avoir compris l'intérêt des nanotechnologies et à avoir lancé des programmes spécifiques dans ce domaine dès les années 1980. Paradoxalement, elle n'a pourtant pas acquis une position dominante (pas même en Europe) car cet effort précoce ne s'est pas poursuivi sur la durée". Les infrastructures ainsi acquises lui donnent cependant "des atouts non négligeables pour reprendre la compétition dans le peloton de tête". On cite, à l'appui de cette affirmation, l'existence d'une trentaine de salles "blanches" dans les universités britanniques, dont un quart de niveau mondial.

Les nanotechnologies ne sont redevenues une priorité qu'à partir de 1999. Cela a permis de mobiliser des moyens spécifiques à partir de 2001 dans le cadre d'un programme à six ans. En

2002, on évaluait à 50 M€ le soutien public aux nanotechnologies par le canal des Research Councils, agences de moyens britanniques. Le ministre de la recherche a annoncé à l'été 2003 qu'une enveloppe de 130 M€ sur six ans, allait être dédiée aux nanotechnologies, ce qui porterait le montant annuel du soutien public à environ 70 M€, loin derrière l'Allemagne.

Il faut noter de surcroît que l'organisation de la recherche britannique rend des projets destinataires des fonds, sans distinction entre dépenses de personnel et dépenses de fonctionnement, la plupart des chercheurs n'étant pas titulaires de leurs postes.

En juin 2002, un rapport "New Dimensions for Manufacturing" a été remis au ministre de la recherche par J.Taylor (Report of the UK advisory group on nanotechnology applications). Ce rapport critique l'absence de stratégie coordonnée dans ce domaine, la fragmentation des initiatives et l'absence de masse critique. Il recommande la mise en place de deux centres de fabrication, le développement de réseaux, ainsi que l'établissement de "feuilles de route" pour les principaux thèmes de recherche jugés prioritaires et la création d'un "Nanotechnology Applications Strategy Board".

D'autres missions ont été lancées à la demande du ministère de l'industrie et du commerce, notamment aux Etats-Unis et en Allemagne, ce qui a permis de définir une stratégie actualisée pour la Grande Bretagne. L'orientation générale qui en résulte, compte tenu du constat portant sur les coûts des investissements à réaliser, consiste à privilégier le renforcement des activités existantes, sur la base d'un financement annuel de 110 M€ par an. Les recommandations portent par ailleurs sur la nécessité de donner la préférence à l'approche "bottom-up" pour des raisons de coûts également, et à la condition de renforcer les compétences du pays en chimie, domaine insuffisamment étudié, selon les experts. Il est également recommandé de diversifier les sources de financement, à l'image des pratiques existantes aux Etats-Unis.

L'investissement britannique paraît au total assez mesuré. Sa force est peut-être de poser la question de la masse critique et des segments de recherche à privilégier.

▪ **Les Pays-Bas**

Ce pays manifeste la volonté d'être un acteur significatif dans le domaine des nanotechnologies en Europe.

Un réseau national de la recherche en nanotechnologies a été constitué sous le nom de Nanoned et regroupe l'essentiel de l'expertise néerlandaise. Les universités de Delft, Twente, Groningue, Amsterdam, Eindhoven, Nimègue et Wageningen en font partie. Les éléments concernés par Nanoned comprennent aussi bien des infrastructures et des équipements que des financements de

projets. Sous le terme de nanotechnologies, les données néerlandaises regroupent les travaux conduits sur des structures de 1nm à 100nm. La valorisation est au premier plan des préoccupations des autorités et des institutions.

Pour renforcer leur position, les Pays-Bas ont choisi huit thèmes principaux d'activité sur chacun desquels ils savent ne pouvoir être leaders mais qui vont déboucher sur la définition de projets porteurs mobilisant et concentrant les investissements. Une structure de partenariat entre le secteur de la recherche publique et le secteur privé a été créée sous le nom de MINAC (Microsystem and Nanotechnology Cluster).

Un budget pluriannuel a été accordé à Nanoned dans le cadre de la politique néerlandaise de soutien à la recherche et à l'innovation dans le domaine des "infrastructures de la connaissance". On peut ainsi résumer les prévisions de financement de la recherche en nanotechnologies aux Pays-Bas, en M€:

Année	Besoins de financement	Budgets propres des organismes publics (1)	Programme public spécifique	Contrats universités entreprises (prévision)	R&D privée
2003	150	55	41	9	45
2004	173	59	32	14	68
2005	223	68	23	18	114
2006	359	91	18	23	227
2010 (estimation)	602	114	-	34	455

(1) : y compris les frais de personnel

L'addition des budgets propres des organismes qui seraient consacrés aux nanotechnologies et des montants des crédits de programmes spécifiques conduit ainsi à évaluer l'effort financier public néerlandais dans le domaine des nanotechnologies à un montant croissant de 96 M€ en 2003 à 109 M€ en 2006, c'est à dire à 100 M€ par an en moyenne sur la période, ce qui est considérable.

▪ La Suisse, partenaire européen

Bien que n'appartenant pas à l'Union, la Suisse occupe une place qui doit être mentionnée dans la recherche européenne sur les nanotechnologies. Selon le rapport Weisbuch, ce pays performant dispose d'infrastructures importantes et notamment de nombreuses salles "blanches". Son objectif serait de "créer un environnement favorable à l'éclosion d'une myriade de projets, et laisser ensuite l'industrie structurer le marché". Plusieurs démarches ont été parallèlement entreprises depuis 2000, succédant à d'autres, plus précoces.

Il faut signaler ainsi l'existence du programme TOP NANO 21, émanant du conseil des écoles polytechniques fédérales et de la commission pour la technologie et l'innovation. Il représente 10 M€ par an sur quatre ans. Par ailleurs, le Fonds National Suisse a lancé des programmes à hauteur de 75 M€ par an, sur quatre ans également, la moitié sur financement fédéral. Parmi ces programmes, deux concernent directement les nanotechnologies pour un montant annuel de 15,5 M€ sur quatre ans.

On peut ainsi estimer l'effort public helvétique dans le domaine des nanotechnologies à plus de 25 M€ par an.

Les situations de la Belgique, de l'Espagne et de la Suède n'ont pas été étudiées ici bien que ces pays aient également développé des réseaux de recherche en nanotechnologies.

4.3.2. Le 6ème PCRDT et la place de l'Union Européenne dans le domaine des nanotechnologies

Le 6ème PCRDT a décidé, comme on le sait, de consacrer 1300 M€ sur la période 2002-2006 au programme "nanotechnologies et nanosciences, matériaux multifonctionnels fondés sur la connaissance et nouveaux procédés et dispositifs de production", soit 260 M€ par an.

Les analyses produites par la European Nanobusiness Association, à Bruxelles, apportent un éclairage particulier sur cet effort collectif des pays de l'Union et sur sa complexité.

D'une part, en soulignant que ces investissements doivent être ajoutés aux efforts proprement nationaux, afin d'évaluer l'effort européen dans son ensemble, en particulier vis à vis des efforts américain et japonais, ce qui est de bon sens ; mais aussi pour faire l'hypothèse, à partir d'entretiens avec des experts, que les autres priorités thématiques du 6ème PCRDT pourraient inclure jusqu'à 30 % de composantes nanotechnologiques. Ce raisonnement, affaibli simultanément par le fait que la priorité nanotechnologies pourrait ne pas être consacrée elle-même à 100 % à son objet principal, revient à évaluer l'investissement européen annuel dans le domaine considéré à 850 M€ par an, ce qui le rendrait comparable à ceux des Etats-Unis et du Japon.

D'autre part, pour analyser les résultats du premier appel d'offres du 6ème PCRDT. Les nanotechnologies ont rassemblé 14 % des manifestations d'intérêt. Pour les mêmes raisons que ci-dessus (présence de composantes nanotechnologiques dans chacune des priorités thématiques), cela signifierait que 63 % des manifestations d'intérêt auraient une composante nanotechnologique. A partir de ce décompte, l'étude classe les différents pays participants par nombre de manifestations

d'intérêt liées aux nanotechnologies, dans chaque priorité thématique, par million d'habitants. Selon cette grille, la France se trouve reléguée à un rang médiocre, sauf dans le domaine de l'aéronautique et de l'espace. Cette étude rapproche ensuite ces données du nombre de brevets par million d'habitants pour établir une corrélation qui n'est toujours pas à l'avantage de notre pays mais qui ne reflète pas les résultats d'une autre étude qui mérite tout autant d'intérêt.

En effet, dans un article de décembre 2002, publié en 2003 par la revue *Nanotechnology* (Institute of Physics Publishing - Grande-Bretagne), les auteurs, D. Marinova et M. McAleer, analysent les dépôts de brevets effectués aux Etats-Unis, et relatifs aux nanotechnologies, de 1975 à 2000. Ils en tirent la conclusion que la France réalise les meilleures performances, devant le Japon et le Canada, parmi les douze pays déposant le plus de brevets. Ils ne se fondent pas seulement sur le nombre total de brevets déposés, en l'espèce 3856 pour le Japon et 1817 pour la France, ou sur le nombre de brevets déposés par million d'habitants. Ils utilisent d'autres critères également, tels la notoriété des brevets, leur potentiel économique, leur enracinement dans le tissu industriel national et la volonté nationale de les valoriser hors des frontières.

Il a semblé à la mission que cette approche devait aussi être prise en compte dans la comparaison entre les différents efforts nationaux, tout en relativisant les conclusions précises à en tirer compte tenu des difficultés d'interprétation.

L'engagement européen en matière de nanotechnologies semble enfin faire face à deux difficultés particulières.

La première concerne le fonctionnement du 6ème PCRDT, dont le montant du budget a été fixé une fois pour toutes en début de période. Que le Japon ou les Etats-Unis viennent à accroître fortement leurs budgets dans ce domaine d'une année sur l'autre, ce qui fut le cas entre 2002 et 2003, l'Europe ne peut, quant à elle, modifier le sien. Elle peut au mieux attendre le programme cadre suivant.

La seconde tient au fait qu'à budget identique, et l'on considère maintenant la somme des budgets nationaux et du 6ème PCRDT, l'Europe souffre d'un déficit de coordination des programmes scientifiques par rapport aux Etats-Unis et au Japon : dans la mesure où son organisation ne permet pas d'éviter d'éventuelles redondances dans l'utilisation des fonds, cela revient à minorer les budgets réellement disponibles.

4.4. Autres pays

On ne saurait traiter ici de la situation de tous les autres pays mais on a essayé d'envisager les cas les plus caractéristiques en dehors du triangle que forment l'Europe, les Etats-Unis et le Japon.

On examinera successivement les informations disponibles concernant Israël, le Canada, Taiwan, la Chine et la Corée du Sud.

4.4.1. Israël

Ce pays a créé un Comité national en nanotechnologies pour expertiser le domaine et préparer les grandes lignes d'un plan de développement cohérent (Israël Nanotechnology Program). Bien que le pays ne se trouve qu'au 12^{ème} rang mondial des dépôts de brevets en nanotechnologies pour la période 1991-1999, il occupe la seconde place pour les publications et la troisième pour les brevets en ramenant les données à la population. Le Comité national, qui recommande la concentration des ressources sur un nombre limité de thèmes, propose de mettre en place un crédit de 300 M \$ sur cinq ans, de 2003 à 2007, soit 60 M\$ par an.

4.4.2. Canada

Le Canada s'est doté en 2001 d'un Institut National en Nanotechnologies, situé à Edmonton, de portée ambitieuse et devant comporter, entre autres, 10000 m² de laboratoires. Il doit bénéficier d'une dotation de 84 M€ sur cinq ans, soit 16,8 M€ par an de 2001 à 2005. Il semble cependant que sa montée en charge soit moins rapide que prévue.

Par ailleurs, un réseau universitaire, "NanoQuébec", a été constitué pour fédérer la recherche dans ce domaine. NanoQuébec finance les chercheurs et couvre les frais de fonctionnement mais pas les équipements. Ce financement représente 7 M€ sur trois ans pour les années universitaires 2000/2001-2001/2002 et 2002/2003 et 2003/2004. Les objectifs principaux sont de réunir une masse critique de chercheurs, de mettre en place une plate-forme technologique et de développer la concertation avec les milieux industriels. Les principales thématiques retenues sont les nanomatériaux, la nanoélectronique et la nanophotonique, la nanobiotechnologie et la nanopharmaceutique, l'auto-assemblage et le "patterning" (applications de matériaux mous au vivant).

Des programmes spécifiques ont vu le jour dans pratiquement toutes les provinces et dans plusieurs instituts gouvernementaux.

4.4.3. Corée du Sud

Selon les informations de l'ambassade de France à Séoul, les nanotechnologies font l'objet d'un financement public de 150 M€ en 2003. Le gouvernement coréen affiche l'objectif d'être, en 2010, au nombre des cinq pays ayant les budgets de recherche et de développement les plus élevés en matière de nanotechnologies. Il souhaite avoir formé 13 000 "experts" de ce domaine avant 2010 et créé de toutes pièces une ville nouvelle de 50 000 habitants consacrée à la recherche et dédiée aux nanotechnologies.

Un Institut Asiatique en Nanobiosciences et technologies a été créé à Busan. Son conseil scientifique comprend un représentant de la direction des sciences du vivant du CEA.

4.4.4. Taïwan

Le rapport Saunier attire l'attention sur ce qu'il appelle "le miracle taïwanais" dans le secteur des semi-conducteurs, qui serait dû notamment aux aides d'Etat et à une vigoureuse politique d'exemption fiscale. Il peut être résumé par la description des parts de marché mondial que détiendrait ce pays en 2002 : 82 % du marché des fonderies (pour un chiffre d'affaires de 5,5 milliards de \$), 60 % de celui des masques ROM, 30 % de celui de l'encapsulage et 35 % de celui des tests.

Taïwan a lancé en 2003 un programme national sur les nanosciences et les nanotechnologies, doté d'un budget de 670 M€ sur six ans, soit 110 M€ par an de 2003 à 2008. Cette somme est affectée pour 20 % à des recherches devant aboutir à une valorisation industrielle en trois ans, pour 60 % à des enjeux majeurs en termes de frontière technologique à dépasser et pour 20 % à des questions de long terme.

Le gouvernement a ouvert en 2002 un centre de recherche important sur les nanotechnologies, l'ITRI, Industrial Technology Research Institute, véritable plaque tournante de la recherche et du développement dans ce domaine à Taïwan.

4.4.5. Chine

Le service du CEA en charge du suivi des nanotechnologies estime l'investissement chinois à 300 M\$ de 2003 à 2005, soit 100 M\$ par an sur la période.

Une évaluation plus précise des financements publics chinois n'a pas été possible en raison d'une communication infructueuse avec le service scientifique de l'ambassade de France à Pékin.

Néanmoins, les scientifiques rencontrés par la mission et qui avaient une expérience récente de visite de laboratoires homologues en Chine ont fait part de leur étonnement devant les infrastructures installées dans plusieurs grandes villes. A Shanghai, un institut de grande taille développe 200 "start-up" et emploie 3000 personnes environ. Le nombre et la taille des salles "blanches" visitées par nos interlocuteurs, en particulier, semble-t-il, à Shanghai mais aussi à Nankin, ou Pékin, sont le signe d'un très fort engagement public dans le domaine des nanotechnologies, et constitueraient "un risque de grande ampleur" pour les pays actuellement avancés dans ce domaine.

Conclusion

De cette étude qui avait pour objet d'inventorier les moyens et les crédits publics consacrés aux nanotechnologies, il ressort que la France consacre à ce domaine un effort important. Si l'on prend en considération l'ensemble des crédits d'intervention dans leur diversité et les moyens consacrés à ce domaine par le CNRS et le CEA frais de personnels compris, on atteint un montant de 551,6 millions d'euros HT (637 millions TTC) en 2003. Cependant, s'il est possible de distinguer dans certains cas une activité spécifiquement nanotechnologique, cette distinction est le plus souvent impossible à opérer et dépourvue de sens.

Cet inventaire se veut aussi complet que possible, en l'état de disponibilité des informations, laquelle est parfois insuffisante. Des progrès restent en effet à faire dans l'appréhension du domaine des nanotechnologies, afin d'en isoler les aspects spécifiques et de permettre une certaine continuité du suivi, notamment sur le plan financier. Un approfondissement et une mise à jour périodique et systématique seraient utiles.

En majeure partie l'effort public a été jusqu'à présent mis en œuvre par des organismes publics de recherche et des universités, au moyen de leurs subventions structurelles ou au moyen de soutiens spécifiques. Eu égard au caractère amont des travaux, la part des crédits d'intervention dont ont bénéficié les entreprises est encore modeste. Cette part devrait augmenter progressivement au fur et à mesure de l'évolution vers l'aval à laquelle on devrait assister avec la mise au point de procédés ou de produits nouveaux.

Afin de mieux connaître la situation française dans le domaine des nanotechnologies, il serait en outre souhaitable de considérer d'autres aspects que la seule dimension financière. Il en va ainsi du potentiel humain dont on a vu – mais trop superficiellement, avec la progression du nombre des doctorants allocataires de recherche – qu'il se présente a priori sous un jour plutôt favorable. Il en va ainsi également de la préoccupation de la valorisation industrielle et des améliorations qui peuvent être apportées sur ce plan qui est – pour chacun des grands acteurs de la recherche – aussi déterminant que la question du financement. On pourrait enfin évoquer les implications que les nanotechnologies auront inmanquablement dans les années à venir sur l'économie et la société, moyennant quoi d'autres acteurs pourraient à leur tour se mobiliser dans le domaine des sciences humaines et sociales. A ces divers égards un organe tel l'Observatoire des micro et nanotechnologies pourrait voir sa mission et sa composition élargies, ses moyens étant ajustés en conséquence.

Bien évidemment la question du suivi n'a de sens que si des objectifs ont été initialement fixés. Pour cela, on peut regretter qu'il n'existe pas encore en France de «feuille de route» générale qui permettrait de fixer des objectifs et un ordre de marche aux différents opérateurs, en s'assurant de la cohérence de leurs moyens (ressources en personnels et moyens matériels) et de la complémentarité de leur champ d'activité, à la fois au plan national et au plan européen.

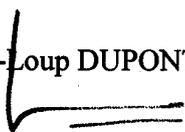
Les nanotechnologies sont actuellement un des domaines émergents de l'activité scientifique, qui requiert une approche stratégique définie au niveau gouvernemental. Avec ce type de considération, les auteurs de la présente étude ont conscience de toucher aux limites de la mission qui leur était impartie. Ils y sont en fait entraînés par les informations rassemblées au chapitre des comparaisons internationales.

En termes quantitatifs, les financements publics dans le domaine des nanotechnologies sont objectivement d'un niveau très significatif en France, à la fois en valeur absolue et par rapport aux principaux partenaires européens, en particulier l'Allemagne et la Grande-Bretagne. Ce niveau est sensiblement plus faible qu'au Japon et aux Etats-Unis. Les données les plus récentes observées dans les différents pays en compétition permettent en outre de percevoir quelques éléments de la dynamique susceptible de faire évoluer rapidement les positions respectives : ainsi en va-t-il pour le Japon, qui vient d'accroître ses financements, pourtant déjà très élevés, de 50 % en un an ; certains pays comme la Chine, Taiwan ou la Corée du Sud, encore perçus comme des "outsiders" à ce jour, sont en passe de devenir des acteurs déterminants sur la scène mondiale.

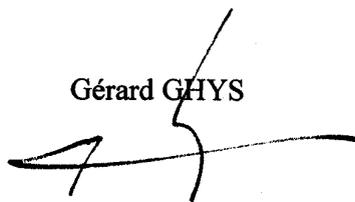
Alain BILLON



Jean-Loup DUPONT



Gérard GHYS



Recommandations

<i>Objectif</i>	<i>Démarche</i>	<i>Niveau responsable</i>
Poursuivre et intensifier les efforts de coordination des programmes dans le domaine des nanotechnologies au niveau national	Mise au point d'une stratégie globale (micro-nano) avec des objectifs quantifiés couvrant les aspects financiers et humains	DR - DT
Assurer un suivi des financements accordés, sur la base d'informations exhaustives et fiables permettant des arbitrages et une attribution aussi objectifs que possible	Adaptation de la nomenclature budgétaire dans le cadre de l'application de la LOLF. Renforcement du rôle et des moyens de l'observatoire des micro et nanotechnologies	DR - DT
Assurer un suivi des partenariats de l'Etat, notamment dans le cadre du CPER, sur la base des informations dont disposent ou peuvent disposer les DRRT	Conforter la légitimité des DRRT auprès des collectivités, renforcer leurs outils de suivi des partenariats	DT
Améliorer le suivi permanent des efforts et des résultats des autres pays, en Europe et dans le monde	Coordination approfondie entre la DR, la DT et l'ADIT Rôle accru de l'observatoire des micro et nanotechnologies	DR - DT

Annexes

Annexe 0 :	0a : Lettre de mission du 24 juillet 2003.....	55
	0b : Lettre de mission complémentaire du 5 décembre 2003.....	57
Annexe 1 :	Liste des personnes rencontrées	59
Annexe 2 :	Tableau des calculs intermédiaires pour le tableau des financements.....	61
Annexe 3 :	Tableau des calculs intermédiaires pour le CNRS.....	63
Annexe 4 :	Tableau synthétique des entreprises soutenues par le RMNT.....	67

République Française

Ministère de la Jeunesse, de l'Éducation Nationale et de la Recherche

Le Directeur de Cabinet du Ministre

Le Directeur de Cabinet de la Ministre déléguée à la
Recherche et aux Nouvelles Technologies

Paris, le 24 JUL. 2003

Monsieur le Chef de Service,

Le thème des nanosciences et des nanotechnologies est d'une importance capitale pour l'avenir de la compétitivité scientifique internationale de notre pays, aussi fait-il l'objet d'un soutien financier public important qui devrait être soutenu, voire amplifié dans les années à venir.

La connaissance détaillée de cet effort public de recherche n'est pas acquise parce que le domaine est transversal (il concerne de nombreuses unités dans des secteurs divers), et parce qu'il est parfois difficile de distinguer entre micro- et nano-technologies.

C'est pourquoi, nous souhaitons qu'une mission de l'Inspection Générale de l'Administration de l'Éducation nationale et de la Recherche soit diligentée, afin de mesurer précisément l'effort financier national de soutien à la recherche publique dans le domaine des nanotechnologies.

La mission devra s'efforcer, dans la mesure du possible, de distinguer ce domaine de celui des microtechnologies et de la microélectronique.

Son étude portera sur le financement de l'État et sera éventuellement complétée – lorsqu'il est significatif – par des indications sur le financement apporté par les collectivités territoriales.

Elle distinguera bien évidemment l'investissement du fonctionnement, et mentionnera, pour les principaux montants, les unités de recherche concernées.

Monsieur Yvon ROBERT
Chef du Service de l'Inspection Générale
de l'Administration de l'Éducation Nationale

21 rue Descartes – 75005 Paris

Pour cela, la mission travaillera en liaison avec les Directions des ministères concernées et les organismes et principaux laboratoires français bénéficiaires des financements accordés à cette recherche.

Par ailleurs, la mission effectuera, sur la base des données disponibles, une comparaison avec l'effort financier public réalisé par les Etats-Unis et dans d'autres pays actuellement engagés de manière significative sur la recherche dans le domaine des nanotechnologies.

Nous souhaitons que le rapport définitif nous soit transmis pour fin octobre 2003.

Nous vous informons que Madame la Ministre déléguée à la Recherche et aux Nouvelles Technologies a lancé une initiative interministérielle (copie de la lettre jointe) vis-à-vis de certains de ses collègues sur le sujet. Cette initiative vise à mieux faire connaître les nanotechnologies, leur importance stratégique pour la recherche et le développement économique, leur impact sociétal. La mission pourra être exploitée dans ce cadre, et nous ne manquerons pas de vous en tenir informé.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur le Chef du Service, l'expression de notre considération distinguée.

Alain BOISSINOT



Bernard BIGOT

Copies :

- Madame la Ministre
- Cabinet :
 - M. J.F. Cervel
 - M. Max Dauchet
 - M. A. Moatti
- Direction :
 - Mme la Directrice de la Recherche
 - M. le Directeur de la Technologie
 - M. le Directeur de l'Enseignement Supérieur

Ministère délégué à la Recherche et aux Nouvelles Technologies

Le Directeur du Cabinet

Nos Réf. : J-F.C./03-n°1070D

*J.R. Gutermaun
I. Bruler
J. Dupont
G. Glay
Paris, le 5 décembre 2003
A. Niellan*

OBJET : MISSION « NANOSCIENCES-NANOTECHNOLOGIES ».
COMPLEMENT A LA LETTRE DE MISSION DU 24 JUILLET 2003.

I.G.A.E.N.R.	
date d'arrivée	- 8 DEC. 2003
Visa du Chef du Service	
à traiter par	
n°	1701

Monsieur le Chef de Service,

En complément à la lettre ci-dessus référencée, il me paraît utile, compte-tenu de l'évolution rapide du sujet et afin de mieux utiliser la connaissance que vous avez pu en acquérir, que vous puissiez apporter des éléments d'éclairage complémentaires sur les trois points suivants :

- ❖ un soutien à la recherche publique apporté par différents départements ministériels dans le domaine ;
- ❖ un soutien à la recherche publique apporté par les collectivités locales dans le domaine ;
- ❖ enfin, il serait appréciable de pouvoir mettre en valeur le rôle joué par les nanosciences dans le développement de l'innovation, par exemple en présentant une liste indicative de petites et moyennes entreprises du domaine (notamment celles issues de l'université ou de la recherche publique, et/ou celles ayant bénéficié de l'aide de l'ANVAR ou du MRNT).

Je souhaite en conséquence que vous puissiez remettre votre rapport avec un délai prolongé à la date du 10 janvier 2004.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Chef de Service, l'assurance de ma considération distinguée.

Philippe BRAIDY

Monsieur Yvon ROBERT
Chef du Service de l'Inspection Générale
de l'Administration de l'Education nationale
et de la Recherche
107, rue de Grenelle
75007 PARIS

1, rue Descartes - 75231 Paris cedex 05

TABLEAU DE SYNTHESE : CALCULS INTERMEDIAIRES

REPARTITION CEA nanos à part entière / micro-nano indifférentiables					
tot public hors UE, Etat, epst, univ	87,6	101,0	115,2	139,8	158,2
% nano à part entière	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4
montant nano à part entière	13,9	16,5	25,1	45,0	59,0
montant indifférentiables	73,7	84,5	90,1	94,8	99,2

rapport nano/total dans tableau CEA Dépenses

Calculs intermédiaires pour base TVA CEA (sur répartition moyenne)					
	TOTAL	2006,7	100 (pers+fonc)		
Soumis TVA perso	89,1	0,43106			
soumis TVA fonct	73	0,353169	0,7842284		
non soumis TVA invest	44,6				
CALCULS INTERMEDIAIRES HT en TTC pour CEA INDIFFERENTIABLE					
	2001	2002	2003	2004	2005
base TVA HT	57,8	66,3	70,7	74,3	77,8
Base TVA TTC	69,1	79,3	84,5	88,9	93,0
non soumis	15,9	18,2	19,4	20,5	21,4
Total TTC	85,0	97,5	103,9	109,4	114,4
CALCULS INTERMEDIAIRES HT en TTC pour CEA Nano à part entière					
	2001	2002	2003	2004	2005
base TVA HT	10,9	12,9	19,7	35,3	46,3
Base TVA TTC	13,1	15,5	23,6	42,2	55,3
non soumis	3,0	3,6	5,4	9,7	12,7
Total TTC	16,1	19,0	29,0	51,9	68,1

Cf. tableau CEA Dépenses (moyenne annuelle)

total 2 lignes précédentes

total 2 lignes précédentes

CALCULS INTERMEDIAIRES POUR COLL TERR HORS CPER

Languedoc-Roussillon	0,222 (en 2003, extrapolé pour les années suivantes)
Centre	1 (en 2003, et 1,4 en 2004; rien de connu en 2005. La moyenne de 1,0 a été retenue à partir de 2003)
Nord Pas de Calais	(montant inscrits en 2001 : 2,8 ; en 2002 : 2,7)
PACA	négligeable : 0,068 sur 2000-2003
Midi-Pyrénées	(négligeable : 0,2 sur 4 ans)
TOTAL	1 (5ME sur les 5 ans de la période selon la DT)
	2,222 arrondi à 2,2 et inclus dans le tableau ci-dessus à partir de 2003

Igaenr Nano Dec.2003

TABLEAU DE SYNTHÈSE : CALCULS INTERMÉDIAIRES

CALCULS INTERMÉDIAIRES POUR FRT					
7,28	6,37	4,06	3,5	3,5	70% fonc
3,1	2,7	1,7	1,5	1,5	30% équip
6,08695652	5,32608696	3,39464883	2,9264214	2,9264214	70% / 1,196
9,2	8,1	5,1	4,4	4,4	tot 2 lignes préc
CALCULS INTERMÉDIAIRES POUR MIN Industrie					
45,08	56,84	65,1	63	63	70% fonc
19,3	24,4	27,9	27,0	27,0	30% équip
37,6923077	47,5250836	54,4314381	52,6755853	52,6755853	70% / 1,196
57,0	71,9	82,3	79,7	79,7	tot 2 lignes préc
CALCULS INTERMÉDIAIRES POUR MIN Defense					
	14		14	14	70% fonc
	6,0		6,0	6,0	30% équip
	11,7056856		11,7056856	11,7056856	70% / 1,196
	17,7		17,7	17,7	tot 2 lignes préc

Igaenr Nano Dec. 2003

CALCULS INTERMEDIAIRES CNRS

DETAIL CALCUL DE BASE									
Micro&nano Trait. Info. et bio.	SPM	STIC	SC	SPI	SDV	Total	C Unit	C total	
Chercheurs CNRS	175	110	30	0	0	315	99,5	31343	
Enseignants-chercheurs	175	330	45	0	0	550	66	36300	
ITA	175	190	30	0	0	395	72	28440	
Doctorants et CDD	140	470	65	0	0	675	37,5	25313	
	665	1100	170	0	0	1935		121395	
Matériaux innovants	SPM	STIC	SC	SPI	SDV	Total	C Unit	C total	
Chercheurs CNRS			0	155	10	165	99,5	16418	
Enseignants-chercheurs	0	0	125	20		145	66	9570	
ITA	0	0	55	10		65	72	4680	
Doctorants et CDD	0	0	65	20		85	37,5	3188	
	0	0	400	60	0	460		33855	
Composants	SPM	STIC	SG	SPI	SDV	Total	C Unit	C total	
Chercheurs CNRS		0	80	2		82	99,5	8159	
Enseignants-chercheurs		0	235	0		235	66	15510	
ITA		0	141	0		141	72	10152	
Doctorants et CDD		0	345	0		345	37,5	12938	
		0	801	2	0	803		46759	

2003 : Micro nano indifférenciées									
Micro nano indifférenciées	SPM	STIC	SC	SPI	SDV	Total	C Unit	C total	
Chercheurs CNRS	175	190	187	10	0	562	99,5	55920	
Enseignants-chercheurs	175	565	170	20	0	930	66	61380	
ITA	175	331	85	10	0	601	72	43272	
Doctorants et CDD	140	815	130	20	0	1105	37,5	41439	
total	665	1901	572	60	0	3198		202011	

2003 : NANO PURES									
Nanosciences & nano-objets	SPM	STIC	SC	SPI	SDV	Total	C Unit	C total	
Chercheurs CNRS	250	15	45			310	99,5	30845	
Enseignants-chercheurs	275	45	25			345	66	22770	
ITA	260	25	10			295	72	21240	
Doctorants et CDD	210	65	20			295	37,5	11063	
total	995	150	100	0	0	1245		85918	

total 287,93

ANNEE 2003									
TOTAL NANO MICRO retenu au titre du financement public									
	NANO		NANOMICF		TOTAL				
Chercheurs CNRS	28,4	51,5			79,9				
Enseignants-chercheurs	21,0	56,5			77,5				
ITA	19,8	40,3			60,1				
Doctorants et CDD	1,3	5,0			6,3				
TOTAL hors taxes	70,5	153,3			223,8 Millions euros			% du tot	77,7
TOTAL TTC	84,3	183,4			267,7 Millions euros				

commentaire : la presque totalité des coûts provenant des salaires, il a été considéré que la totalité du montant HT provenait de crédits ayant supporté la collecte de TVA

NANO PURES : PROJECTIONS SUR ANNEES 2001 2002 / 2004 2005									
PROJECTION NOMBRE	2001	2002	2004	2005					
Chercheurs CNRS	298	304	316	323					
Enseignants-chercheurs	332	338	352	359					
ITA	284	289	301	307					
Doctorants et CDD	284	289	301	307					
TOTAL Personnel	1197	1221	1270	1295					
En millions d'euros :									
PROJECTION COUT	2001	2002	2004	2005	2001	2002	2004	2005	
Chercheurs CNRS	27293,3	28343,7	28963,9	29543,2	27,3	28,3	29,0	29,5	
Enseignants-chercheurs	20161,5	20930,0	21395,5	21823,4	20,2	20,9	21,4	21,8	
ITA	19025,9	19756,3	20190,4	20594,2	19,0	19,8	20,2	20,6	
Doctorants et CDD	1276,0	1431,6	1354,1	1381,1	1,3	1,4	1,4	1,4	
TOTAL COUT HT	67756,6	70461,7	71903,9	73342,0	67,8	70,5	71,9	73,3	
TOTAL COUT TTC					81,0	84,3	86,0	87,7	

HYPOTHESES PROJECTIONS (estimations CNRS)

Annexe 3 suite 1

personnel : accroissement constant de +2% par an, base salaires 2003

Overheads : 2001=2003, 2002=2001+10%, 2004 et 2005 = 2003

MICRO NANO : PROJECTIONS SUR ANNEES 2001 2002 / 2004 2005									
PROJECTION NOMBRE	2001	2002	2004	2005					
Chercheurs CNRS	540	551	573	585					
Enseignants-chercheurs	894	912	949	968					
ITA	578	589	613	625					
Doctorants et CDD	1062	1083	1127	1150					
TOTAL Personnel	3074	3135	3262	3327	En millions d'euros :				
PROJECTION COUT	2001	2002	2004	2005	2001	2002	2004	2005	
Chercheurs CNRS	49480,2	51384,4	52322,2	53182,1	49,5	51,4	52,3	53,2	
Enseignants-chercheurs	54348,3	56420,0	57474,0	58422,6	54,3	56,4	57,5	58,4	
ITA	38761,1	40249,3	40988,2	41662,5	38,8	40,2	41,0	41,7	
Doctorants et CDD	4779,4	5362,5	4972,5	4972,5	4,8	5,4	5,0	5,0	
TOTAL COUT HT	147369,1	153416,3	155756,9	158239,7	147,4	153,4	155,8	158,2	
					TOTAL COUT TTC	176,3	183,5	186,3	189,3

Tva : même hypothèse que pour 2003 (TTC = HTx1,196)

CALCULS INTERMEDIAIRES CNRS

2003 : COUT CHERCHEUR ENVIRONNE							Annexe 3 suite 2
Ress. humaines	Nombre	Sal. chargé	Over tech	Over Gest	Total	Coût Unit.	
Chercheurs CNRS	850	63750	12750	8075	84575	99,5	
Enseign.-chercheurs	1250	62500	12500	7500	82500	66	
ITA	880	48400	6600	8360	63360	72	
Doctorants et CDD	1380	41400	10350	0	51750	37,5	
Total	4360	216050	42200	23935	282185		

2003 : Origine du financement : coefficients de répartition des frais de personnel				
	PUBLIC		AUTRES	TOTAL inclus
	Inclus	exclus	exclus	
Chercheurs CNRS	1	0	0	1
Enseignants-chercheurs	1	0	0	1
ITA	1	0	0	1
Doctorants et CDD	0	0,33	0,67	0

2003 : Origine du financement : coefficients de répartition des overheads techniques				
	PUBLIC		AUTRES	TOTAL inclus
	Inclus	exclus	exclus	
Chercheurs CNRS	0,6	0,1	0,3	0,6
Enseignants-chercheurs	0,6	0,1	0,3	0,6
ITA	0,6	0,1	0,3	0,6
Doctorants et CDD	0,6	0,1	0,3	0,6

2003 : Origine du financement : coefficients de répartition des overheads de gestion				
	PUBLIC		AUTRES	TOTAL inclus
	Inclus	exclus	exclus	
Chercheurs CNRS	0,8	0,2		0,8
Enseignants-chercheurs	0,8	0,2		0,8
ITA	0,8	0,2		0,8
Doctorants et CDD	0,8	0,2		0,8

2003 : Calcul du coût individuel retenu						
	Coût Unit.	Salaire	Overheads	Overheads	Total	Dont
	total	chargeable	techniques	gestion	chargeable	overheads
Chercheurs CNRS	99,5	75,0	9,0	7,6	91,6	16,6
Enseign.-chercheurs	66,0	50,0	6,0	4,8	60,8	10,8
ITA	72,0	55,0	4,5	7,6	67,1	12,1
Doctorants et CDD	37,5	0,0	4,5	0,0	4,5	4,5

2003 : NANO PURES : Calcul du coût total retenu au titre du financement public						
	Nombre	coût retenu	coût total	total en	Dont	Dont
	chercheurs	individuel	public	M euros	salaires	overheads
Chercheurs CNRS	310	91,6	28396	28,4	23250	5146,0
Enseignants-chercheurs	345	60,8	20976	21,0	17250	3726,0
ITA	295	67,1	19794,5	19,8	16225	3569,5
Doctorants et CDD	295	4,5	1327,5	1,3	0	1327,5
TOTAL	1245		70494	70,5	56725,0	13769,0

NANO micro indifférentiées : Calcul du coût total retenu au titre du financement public						
	Nombre	coût retenu	coût total	total en	Dont	Dont
	chercheurs	individuel	public	M euros	salaires	overheads
Chercheurs CNRS	562	91,6	51479,2	51,5	42150	9329,2
Enseignants-chercheurs	930	60,8	56544	56,5	46500	10044,0
ITA	601	67,1	40327,1	40,3	33055	7272,1
Doctorants et CDD	1105	4,5	4972,5	5,0	0	4972,5
TOTAL	3198		153322,8	153,3	121705	31617,8

