

Un secteur à fort potentiel économique

Dans les pays industrialisés, les nanosciences ont pris un essor considérable. Ce domaine tend à prendre une place prépondérante dans la science et la technologie du début du XXI^e siècle et, si l'on peut considérer que le XX^e siècle a été celui du développement de la microélectronique, le XXI^e siècle sera, sans aucun doute, celui des nanotechnologies. Rares sont les domaines qui vont échapper à la « nano-offensive » !

Ce grand mouvement n'est pas spontané. Il est mû par des efforts de recherche considérables : en 2006, les dépenses mondiales de recherche et développement consacrées aux nanotechnologies se sont élevées à 11,8 milliards de dollars, dont 5,8 sur fonds publics, 5,3 sur fonds privés et 0,7 en capital-risque [55]. Aux États-Unis, en 2006, les dépenses fédérales de recherche et développement ont été de 1,8 milliard de dollars, en Europe de 2,1 (dont 500 millions en provenance des fonds communautaires), de 1,7 en Asie (dont la moitié au Japon) et de 200 millions de dollars répartis sur d'autres régions du monde (Russie, Australie...). En regard de ces dépenses, les perspectives économiques annoncées sont colossales : on estime qu'à l'horizon 2014, 15 % de l'activité manufacturière mondiale sera concernée par les nanotechnologies, soit un enjeu de l'ordre de 2 600 milliards de dollars et 2 000 000 d'emplois.

Ces estimations couvrent des domaines très variés et il convient de clarifier ce que l'on entend par « nanotechnologies ». Ce terme recouvre des champs de connaissances et d'activités très diversifiés : quoi de commun en effet entre les nanomatériaux (terme aujourd'hui largement utilisé mais aux contours encore flous), la nanoélectronique, la nanobiologie, la nanomédecine... ? Il y a bien la taille, mais cela ne concerne vraiment que les nanoparticules et à condition d'y associer la modification consécutive d'au moins une propriété... De plus, s'agissant des impacts de cette nouvelle activité humaine (objet du présent dossier), les conséquences sont également très variées et appellent évidemment des analyses et réponses différenciées. Les nanomatériaux font l'objet d'interrogations sur la sécurité sanitaire (d'abord des travailleurs exposés, puis de la population générale) et environnementale (directement par dissémination de nanoparticules ou indirectement au cours du cycle de vie des produits). La nanoélectronique (et les nanosystèmes et nanocomposants associés) est plutôt confrontée à des craintes sociétales (dérives liberticides), alors que nanobiologie et nanomédecine font l'objet de réserves relatives aux risques de transgression et transhumanisme.

Cet article vise à faire un panorama très rapide des perspectives économiques, en termes de marché et de

création d'emplois, associées aux nanotechnologies. Les principales données numériques citées proviennent de rapports ou bases de données récents traitant de ce sujet [55-37], auxquels le lecteur pourra se référer pour de plus complètes informations.

Un impact économique et industriel multi-domaines

Les nanotechnologies ont franchi une première étape décisive : elles sont passées de la phase de découverte (de 1980 à 2000) à la phase de commercialisation. Elles concernent désormais de nombreux secteurs industriels, les plus emblématiques étant l'industrie pharmaceutique qui commercialise des médicaments nanostructurés (certains anticancéreux), l'énergie avec des électrodes de batteries grand public et les revêtements qui recouvrent bon nombre des objets qui nous entourent comme par exemple les carrosseries des automobiles.

Bien que par définition invisibles à l'œil nu, les nano-objets sont donc déjà dans notre quotidien. L'industrie des loisirs a été dans les premières à profiter des propriétés mécaniques des nanotubes de carbone pour alléger raquettes de tennis, clubs de golf, skis et autres équipements sportifs.

Il est maintenant bien connu que le dioxyde de titane est utilisé comme filtre anti-UV dans les crèmes solaires et que l'industrie des pneumatiques compte beaucoup sur des matériaux nanostructurés pour minimiser les frottements roue/sol (sans pénaliser la sécurité) et par conséquent la consommation de carburant.

La microélectronique est également très utilisatrice de nano-objets, comme les nanolasers dans les lecteurs de DVD ; les capacités de stockage d'information sont décuplées grâce à la miniaturisation et la nanostructuration va accélérer le développement d'objets communicants multi-applications. Enfin, les nanosystèmes potentialisent les capacités des systèmes d'identification et de localisation, et par conséquent sont amenés à jouer un rôle croissant dans les technologies de traçabilité des produits, la sécurisation des modes de paiement et d'échange d'information en ligne.

Dans le domaine de la santé, des prothèses, implants ou valves cardiaques en nanomatériaux biocompatibles sont déjà, ou en voie d'être, utilisés. La vectorisation des médicaments suscite également de grands espoirs en limitant les effets secondaires de certaines chimiothérapies très invalidantes.

Perspectives de marché

C'est au début des années 2000 que les premières évaluations de marché ont vu le jour. Ainsi aux États-Unis en 2001, la NSF (National Science Foundation) [40] a évoqué une perspective de marché de 1 000 milliards

Louis Trepied

Chargé de missions, ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi, Direction générale des entreprises

Les références entre crochets renvoient à la bibliographie p. 77.

de dollars à l'horizon 2015. D'autres scénarios révèlent des chiffres plus modestes, comme les 150 milliards du Mitsubishi Institute (2002) [33] pour 2010, ou plus optimistes comme les 2 600 milliards de Lux Research (2004) [54] pour 2014. En fait, ces disparités proviennent du champ couvert par les estimations ainsi que de la part de valeur ajoutée directement attribuée aux nanotechnologies dans les produits. Le graphe ci-dessous, extrait d'un rapport de la Commission européenne de 2006 [53], résume l'ensemble des prévisions et illustre bien l'imprécision de tels chiffrages. Néanmoins, même en s'en tenant aux scénarios les plus timides, il y a bel et bien un potentiel économique attaché aux nanotechnologies.

Sur la période 1999-2003, ce sont les secteurs de la nanobiologie et des nanosystèmes qui représentent la part majoritaire du marché (figure 2), mais, en termes de perspectives, les nanomatériaux et la nanoélectronique devraient rapidement prendre les premières places (figure 3).

De tels renversements de marché ne peuvent s'observer qu'au prix de variations rapides des taux de croissance des divers secteurs et donc d'une très forte adaptabilité des outils de production. Il n'en reste pas moins que la prédominance annoncée des nanomatériaux est surprenante au regard de la croissance des pays émergents, tels la Chine et l'Inde, dont les besoins en nouvelles technologies de la communication (informatique, téléphonie mobile) vont conduire à une explosion des secteurs industriels concernés, essentiellement l'électronique plus que les matériaux *stricto sensu*. Enfin, il faut garder à l'esprit le paramètre d'acceptabilité sociale des nanotechnologies, susceptible de perturber durablement la croissance du secteur, sans oublier non plus les dispositifs réglementaires qui progressivement vont se mettre en place pour prévenir

les risques sanitaires et environnementaux prêtés aux nanomatériaux.

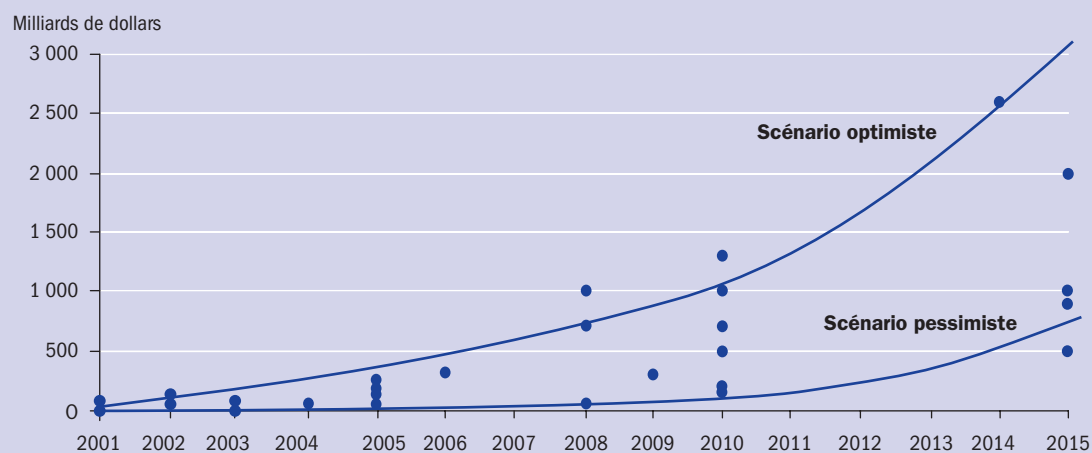
En tout état de cause, il est probable que la croissance des nanotechnologies n'impactera pas de la même manière les grandes zones mondiales. Que ce soit pour des raisons de taux de croissance globale des économies ou d'acceptabilité des risques associés aux nanotechnologies (et par voie de conséquence en raison du caractère plus ou moins contraignant des législations à venir), il semble se confirmer que la zone Asie-Pacifique verra les plus forts taux de croissance, alors que les États-Unis et l'Europe seront sur des trajectoires similaires, traduisant tout à la fois la similitude de leurs développements et des attitudes voisines face aux risques soulevés par les nanotechnologies. La figure 4 traduit ces perspectives par zones géographiques.

Perspectives en termes d'emplois et de création d'entreprises

Les prévisions de la NSF [40] font état d'environ 2 000 000 de travailleurs dans les nanotechnologies à l'horizon 2015. Ces emplois seraient répartis de la façon suivante : 0,8 million aux États-Unis, 0,5 au Japon, 0,4 en Europe, 0,2 en Asie hors Japon et 0,1 sur les autres zones. À ces emplois directs il convient d'ajouter environ 5 millions d'emplois indirects, ce qui illustre globalement le poids de l'activité économique autour des nanotechnologies. Néanmoins, comme en ce qui concerne les volumes de marché, ces chiffres sont très dispersés et, par exemple, Lux Research [54] prévoit plutôt 10 millions d'emplois directs et indirects en 2014. Quoi qu'il en soit, le poids en termes de ressources humaines est considérable et l'on peut retenir qu'environ 10 % des emplois manufacturiers seront liés aux nanotechnologies d'ici 2015.

figure 1

Compilation des prévisions de marché (en milliards de dollars) des nanotechnologies



Source : [53]

Ces emplois seront positionnés dans un vaste spectre d'entreprises, allant des *startups* aux grands groupes, en couvrant l'ensemble des PME. De grands groupes

historiques sont déjà largement présents dans ce secteur, les plus motivés étant les chimistes (Bayer, BASF, Arkema, Rhodia...), mais s'y trouvent également des groupes

figure 2

Marché mondial des nanotechnologies en 2003 (en milliards de dollars)

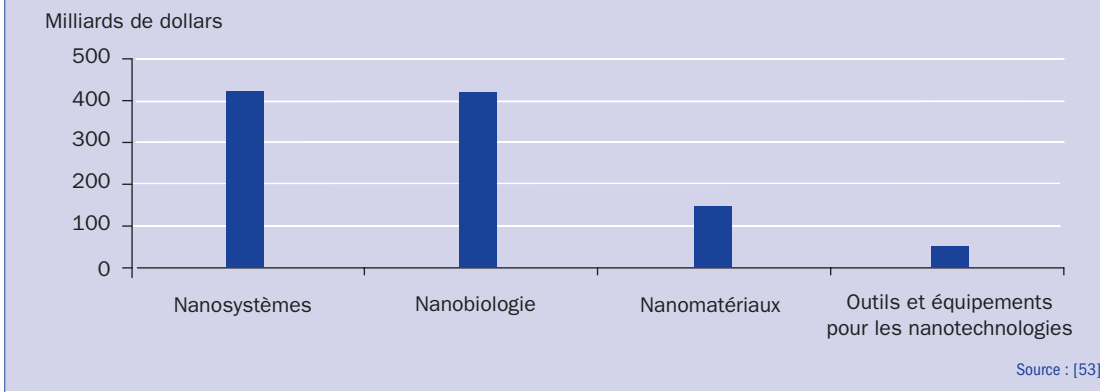


figure 3

Projections en 2015 du marché mondial des nanotechnologies (en milliards de dollars)

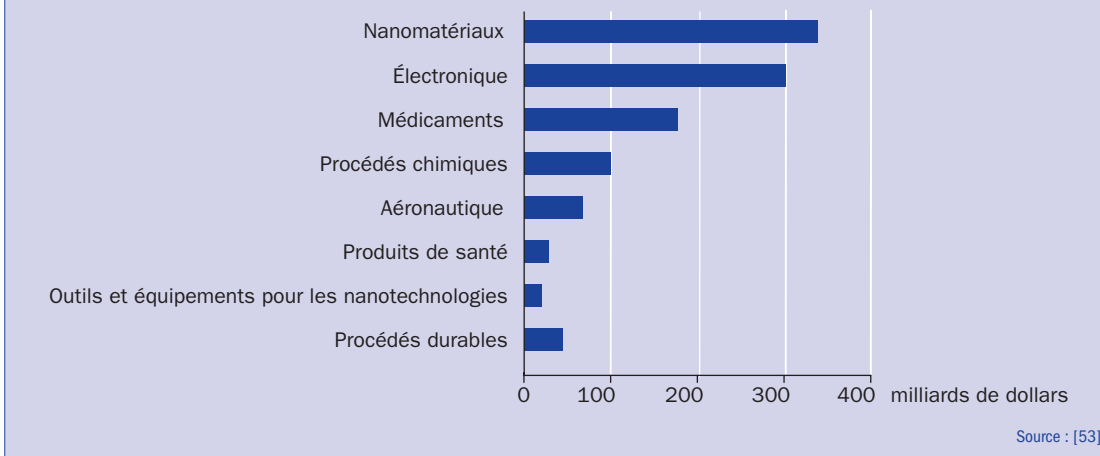
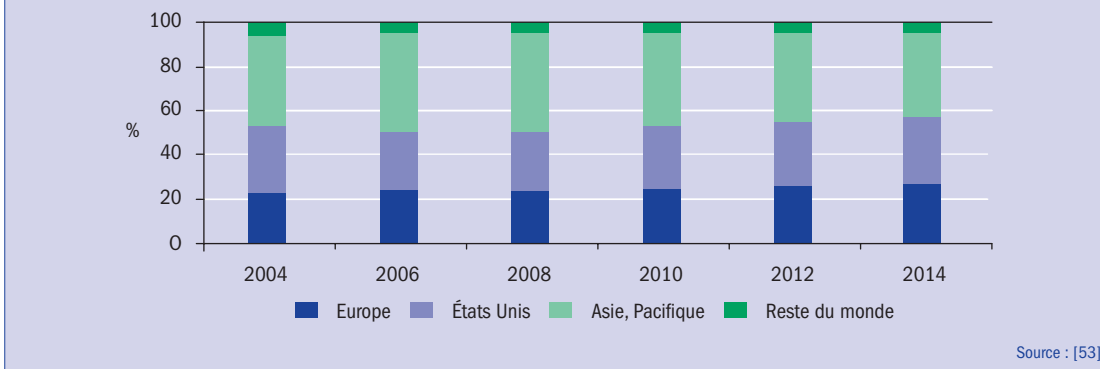


figure 4

Répartition des parts de marché en fonction des zones géographiques



utilisateurs comme General Electric, Philips et beaucoup d'autres. Une étude plus fine (NanoInvestorNews [37]) montre cependant que ce champ concerne majoritairement des entreprises récentes et la plupart du temps créées à cette fin, comme représenté sur la figure 5.

Ces entreprises sont pour un tiers impliquées dans la production et la transformation des nanomatériaux, pour un autre tiers en nanobiologie et pour le dernier tiers sur les nanosystèmes et nanocomposants.

Bien évidemment, l'activité nanotechnologie dépasse largement le cadre des entreprises privées évoquées ci-dessus. La recherche publique est très présente, mais l'on constate que les approches gouvernementales dépendent beaucoup des pays considérés. Ainsi, en Europe et au Japon, la recherche publique joue un rôle très important. En France, en 2006, les dépenses publiques affectées aux nanotechnologies avoisinaient les 350 millions de dollars, à comparer aux 505 de l'Allemagne et 180 du Royaume-Uni [55]. Les fonds communautaires européens dédiés aux nanotechnologies s'élevaient à 626 millions de dollars en 2006, à comparer aux 1 775 des États-Unis et 1 650 de la zone Asie (Japon, Corée, Chine, Taïwan, Inde). À noter que, pour une comparaison non biaisée, il faut ajouter,

en Europe, les fonds communautaires et les dépenses nationales, ce qui en 2006 représente environ 1 800 millions de dollars. Globalement, les grandes zones mondiales investissent des sommes très voisines, bien qu'au niveau des pays les implications soient plus contrastées.

Conclusion

Comme cela vient d'être montré ci-dessus, les nanotechnologies sont incontestablement un secteur à fort potentiel économique. Il est peut-être utile de mettre en regard les perspectives de ce marché avec d'autres marchés mondiaux.

Le marché mondial de la chimie (pharmacie comprise) s'élevait en 2005 à 1 800 milliards d'euros, celui de l'automobile à 1 100 milliards d'euros en 2007 et celui de la sidérurgie à 800 milliards d'euros. Cette comparaison éclaire les perspectives pour les nanotechnologies et, bien sûr, permet de comprendre les appétits qu'elles suscitent. Mais, en retour, cela souligne également la nécessité d'un développement responsable, permettant de bénéficier des fruits de la croissance tout en respectant les impératifs de sécurité sanitaire et environnementale. ☼

figure 4

