

LA CHINE,
PUISSANCE TECHNOLOGIQUE
EMERGENTE

Frédérique SACHWALD

Introduction

La montée en puissance de la Chine dans l'économie mondiale suscite à la fois l'admiration et la crainte. De plus en plus de pays développés et intermédiaires — comme le Mexique ou la Corée du Sud — ont constaté une nette augmentation des importations de produits chinois et une concurrence accrue sur les marchés internationaux. Par ailleurs, si hier, la Chine exportait principalement des produits de secteurs intensifs en travail, depuis 2000 accumule les succès sur les marchés de produits de haute technologie. La Chine, qui n'attire plus seulement les unités de production mais aussi des activités de R&D, pourrait menacer les positions scientifiques et technologiques d'un certain nombre de pays. Aux États-Unis, les prévisions sur les performances chinoises ont alimenté la crainte d'un affaiblissement du leadership économique, technologique et militaire américain. Les craintes sont également fortes outre-Atlantique et parmi les pays asiatiques. Si la Corée tire partie des opportunités que lui offre le marché chinois, les décideurs politiques et les experts industriels du pays sont inquiets face à la menace de leur grand voisin.

Les craintes que suscite le rattrapage scientifique et technologique de la Chine sont d'autant plus fortes que l'Inde est également très attractive pour les activités de services et de R&D. Les pays européens à hauts salaires s'inquiètent aussi face à la montée en puissance des nouveaux états membres dans les activités à fort contenu technologique. Les exemples d'acquisitions de fleurons nationaux par des multinationales émergentes chinoises renforcent encore ces craintes.

Ces réactions sous-estiment les faiblesses du « miracle » économique chinois, comme les bénéfices que les pays avancés tirent de l'intégration de la Chine dans l'économie mondiale. Cette étude analyse les capacités d'innovation de la Chine et le défi potentiel qu'elle représente pour les industries de haute technologie des pays avancés. La première partie s'intéresse aux performances commerciales de la Chine, notamment dans les secteurs de la haute technologie, où elles sont impressionnantes. Elle distingue les secteurs des technologies de l'information et de la communication (TIC) de l'ensemble des secteurs de haute technologie et souligne le rôle essentiel joué par les filiales étrangères dans les performances chinoises. La production étant aujourd'hui fragmentée en réseaux mondiaux, les données d'exportation ne sont qu'un indicateur très partiel de performance technologique et économique. La deuxième partie souligne les investissements importants que la Chine a engagés dans R&D et dans l'éducation supérieure. Elle met également l'accent sur la contribution des firmes étrangères et des partenariats internationaux aux ressources scientifiques et technologiques de la Chine. La troisième partie examine la production scientifique et technologique pour dresser un état des lieux de ses capacités. La Chine est encore loin d'être une superpuissance technologique. Les différents

indicateurs synthétiques classent ses capacités scientifiques et technologiques au rang de celles des pays émergents. La plupart sont plus petits qu'elle, expliquant ainsi en partie le décalage entre les résultats obtenus et les perceptions que l'on a communément de la Chine.

La conclusion revient sur les perspectives de décollage technologique de la Chine.

La Chine : grand exportateur de haute technologie ?

En 2002, le commerce de biens atteignait 30 % du PIB chinois, chiffre élevé pour un pays d'une si grande taille. De plus, les exportations chinoises se diversifient rapidement en faveur des produits intensifs en technologie. La position de la Chine dans le commerce mondial est donc paradoxale : pays riche en main-d'œuvre, elle semble très performante dans les produits de haute technologie. Rodrik (2006) a d'ailleurs estimé que la composition des exportations chinoises au début du siècle était celle d'un pays dont le revenu par habitant serait trois fois supérieur à celui de la Chine.

Nous explorons ce paradoxe en nous appuyant sur l'analyse détaillée du commerce chinois de produits de haute technologie.

La Chine : premier exportateur de produits TIC

La Chine est aujourd'hui le premier exportateur mondial de produits TIC¹. Depuis 2000, ces exportations ont augmenté rapidement, et ont dépassé celles des États-Unis. Cette forte croissance contraste avec la stabilité des exportations japonaises sur les dix dernières années. L'Allemagne, la Corée du Sud et les États-Unis ont également augmenté leurs ventes, mais sans commune mesure avec la Chine, pour qui elles ont plus que triplé depuis 2000 (figure 1).

Encadré 1 : Définitions des produits de haute technologie et des TIC

Les définitions des « technologies de l'information et de la communication », ainsi que des produits de « haute technologie » sont celles de l'OCDE (OCDE 2002). Les calculs ont été faits à partir de la base de données SYSPROD, qui utilise la classification des statistiques du commerce international par produit (ITCS).

TIC

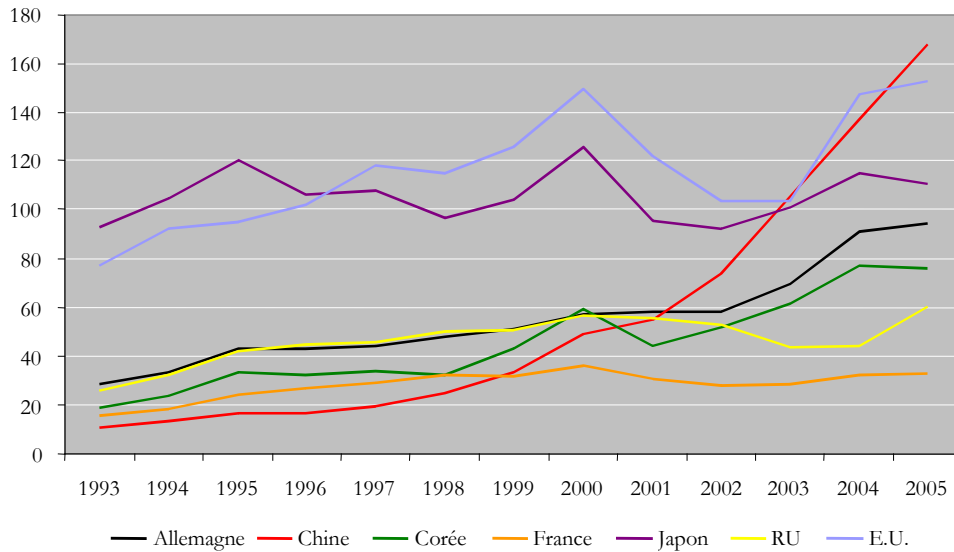
Machines de bureau ; fils et câbles isolés ; valves et tubes électroniques, autres composants électroniques ; TV et radio transmetteurs ; appareils pour les lignes téléphoniques et télégraphiques ; TV et radio récepteurs, appareils de son, vidéo et reproduction etc. ; instruments et appareils de mesure, de vérification, de test, de navigation, etc., exceptés les équipements industriels ; équipements industriels.

Haute technologie

Machines de bureau, de comptabilité et de calculs ; équipements de communication, de TV et de radio ; instruments (médicaux, d'optique...) ; aérospatial ; pharmacie.

¹ Voir l'encadré 1 pour des définitions des termes « TIC » et « produits de haute technologie ».

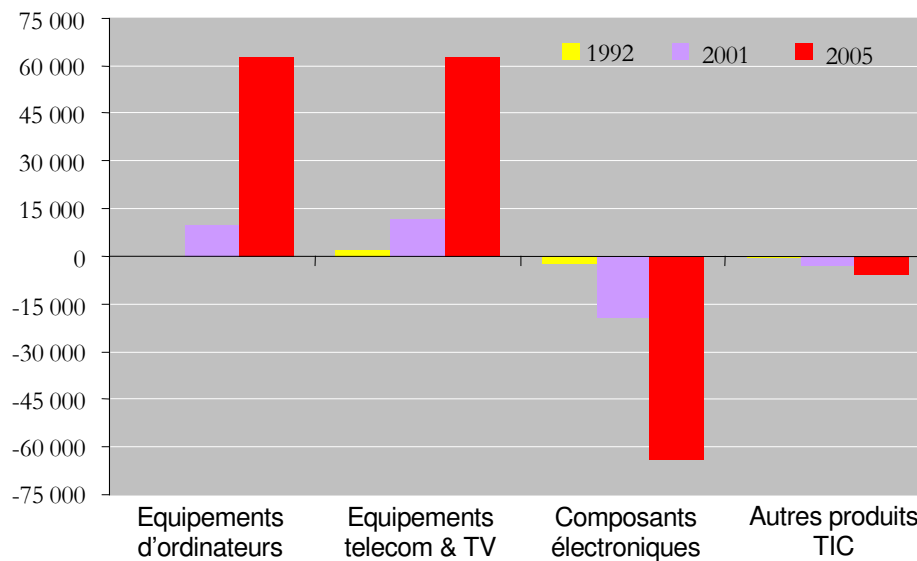
Figure 1 : Principaux exportateurs de TIC
en milliards de dollars



Source : SYSPROD.

La part de la Chine dans les exportations mondiales varie beaucoup d'un secteur TIC à l'autre. Si la Chine est le premier exportateur mondial d'électronique grand public, d'ordinateurs et d'équipements de télécommunication, elle est bien moins performante dans les composants et les instruments électroniques (SESSI 2005). Elle enregistre un surplus commercial de 120 M\$ pour les trois premières catégories, et un déficit de 60M\$ dans le cas des composants (figure 2). Depuis le début des années 1990, les exportations de produits finis ont augmenté parallèlement à la baisse des exportations de composants.

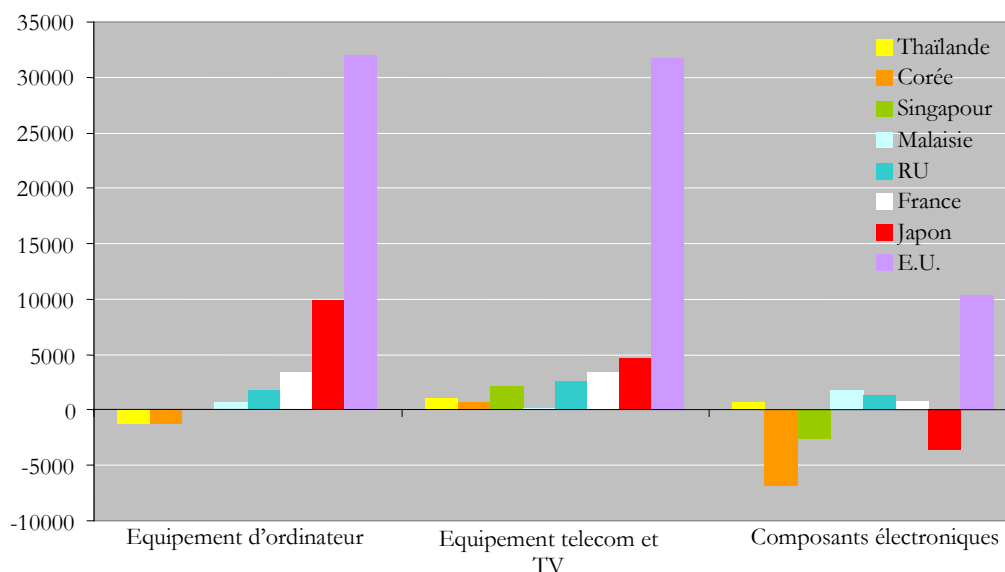
Figure 2 : La balance commerciale de la Chine dans les TIC
en millions de dollars



Source : SYSPROD

La figure 3 montre que le surplus commercial de la Chine dans les équipements TIC résulte essentiellement du commerce avec les pays avancés, et en particulier avec les États-Unis. Par contre, ses importations de composants proviennent de ses voisins asiatiques (principalement la Corée et le Japon)². Cette structure du commerce suggère donc que la Chine importe des composants dans le but de les assembler puis d'exporter les produits finis à ses clients, dont les principaux sont les États-Unis, suivis par l'Union européenne et le Japon (Schaaper 2004).

Figure 3 : Balance commerciale de produits TIC pour les différents partenaires de la Chine, 2005
en millions de dollars



Source : SYSPROD

Le tableau 1 souligne le rôle fondamental joué par les filiales étrangères dans les exportations de produits TIC. Cette constatation appuie l'hypothèse selon laquelle la Chine serait un pays assembleur. En 2003, 55 % du total des exportations chinoises étaient réalisées par des filiales étrangères. Celles-ci sont particulièrement actives dans les exportations de produits intensifs en technologies (Gilboy 2004, Gaulier *et al.* 2005) et d'ordinateurs devenus l'une des principales exportations de la Chine. Les firmes coréennes et taiwanaises ont par exemple largement relocalisé leur production d'ordinateurs portables en Chine (Bergsten *et al.* 2006). Le tableau 1 montre également que la part des filiales étrangères dans les exportations de composants électroniques a augmenté alors qu'elle a diminué pour les biens de consommation, secteur TIC le moins intensif en R&D.

² La figure 2 s'appuie sur les données chinoises et la figure 3 sur les données des pays partenaires. Le déficit commercial du Japon pour les TIC n'apparaît plus lorsque la balance commerciale est calculée avec les données de la Chine. Comme dans le cas des États-Unis, le calcul du commerce passant par Hong Kong est différent dans le pays exportateur ou dans le pays importateur.

Tableau 1 : Part des filiales étrangères dans les exportations chinoises de TIC, en %

	Part des filiales étrangères		
	dans les exportations de produits TIC		dans les exportations totales
	1998	2003	2003
Ordinateurs	99	97	15
Composants électroniques	81	92	5
TV, électronique grand public	96	78	5
Équipements télécom	96	91	4

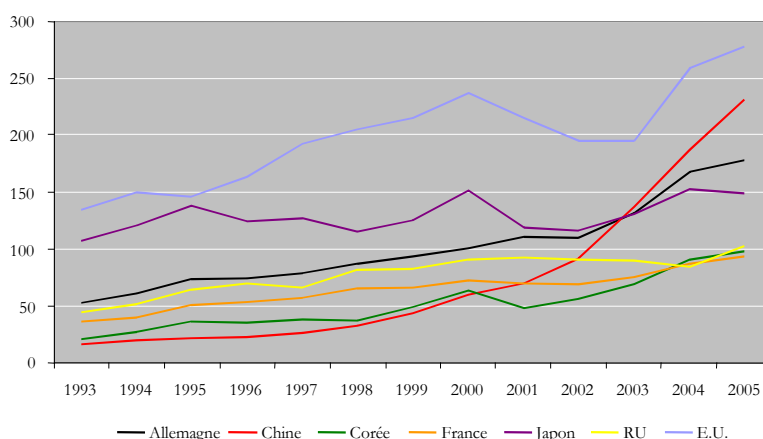
Source : d'après Tong (2006).

D'après la figure 1, la Chine serait le premier exportateur mondial de produits TIC finis. Une analyse plus détaillée des données du commerce chinois montre qu'en réalité, la Chine se limite à assembler les composants électroniques importés dans les filiales étrangères, qui exporteront ensuite les produits finis. Il serait donc plus approprié de parler de la Chine comme du premier exportateur de travail d'assemblage dans les TIC.

La Chine n'est pas spécialisée dans la haute technologie

Même si les exportations chinoises de produits de haute technologie sont très dynamiques depuis la fin des années 1990, les États-Unis restent le premier exportateur mondial (figure 4). Cette situation s'explique par le fait que les exportations chinoises de produits de haute technologie se concentrent essentiellement sur les produits TIC³.

Figure 4 : Principaux exportateurs de produits de haute technologie, 1992-2005
en milliard de dollars



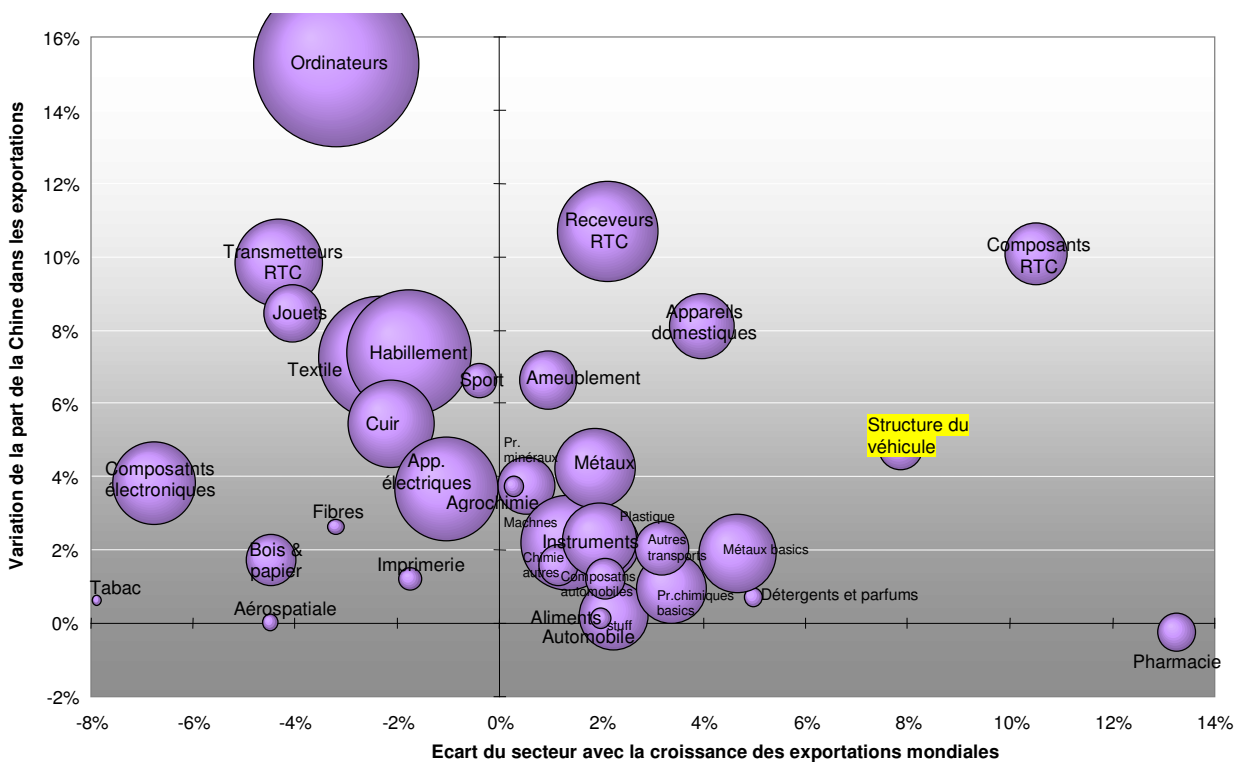
Source : SYSPROD

³ Avec une définition des produits « haute technologie » légèrement différente (« technologie avancée »), Bergsten *et al.* (2006) soulignent également que les exportations chinoises de produits de haute technologie sont concentrées dans les TIC.

Depuis 2000, la Chine a rapidement augmenté sa part de marché mondiale dans les produits TIC. Elle reste en revanche très absente dans les autres secteurs de haute technologie, comme l'industrie pharmaceutique ou l'aérospatiale (figure 5). La figure 5 montre que les exportations chinoises sont encore très focalisées sur deux types de secteurs : les biens intensifs en main-d'œuvre, comme le textile et l'habillement d'une part, les produits TIC dont l'assemblage est intensif en travail d'autre part. Les produits TIC chinois les plus exportés vers les États-Unis sont essentiellement les produits de grande consommation, comme les ordinateurs portables, les téléphones mobiles et les lecteurs DVD (Bergsten *et al.* 2006).

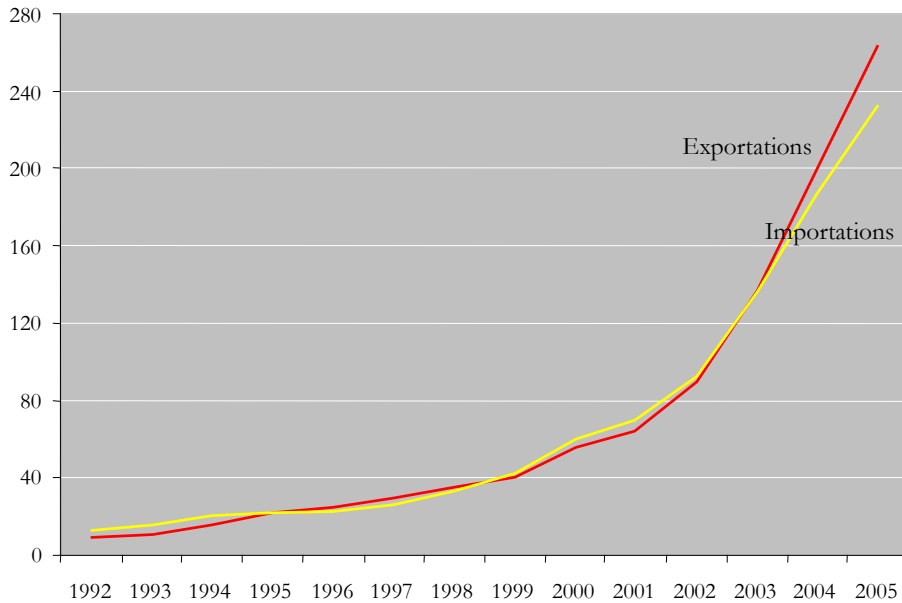
L'assemblage des produits TIC explique la croissance simultanée des importations et des exportations chinoises de TIC. Depuis les années 1990, les importations de semi-conducteurs et de microprocesseurs sont montées en flèche. Au cours de ces deux dernières années, les exportations de produits de haute technologie ont cependant augmenté plus vite que les importations, générant ainsi un surplus commercial. L'évolution du commerce de produits de haute technologie (figure 6) coïncide avec celle du commerce des produits TIC.

Figure 5 : Dynamiques des exportations manufacturières de la Chine variations par secteur, 2000-2004



Note : la taille de la bulle est proportionnelle à la part du secteur dans les exportations de la Chine.
Source : SYSPROD

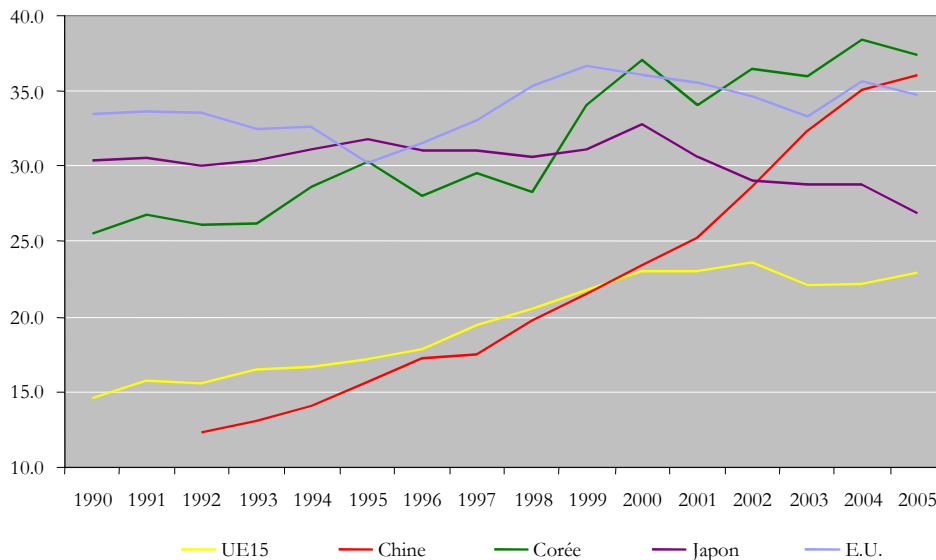
Figure 6 : Exportations et importations chinoises de produits de haute technologie, 1992-2005, en milliards de dollars



Source : SYSPROD

La part croissante des produits haute technologie dans les exportations chinoises de produits manufacturés vient essentiellement des exportations de produits TIC. La figure 7 montre que la proportion de produits de haute technologie dans les exportations chinoises est la même qu'aux États-Unis.

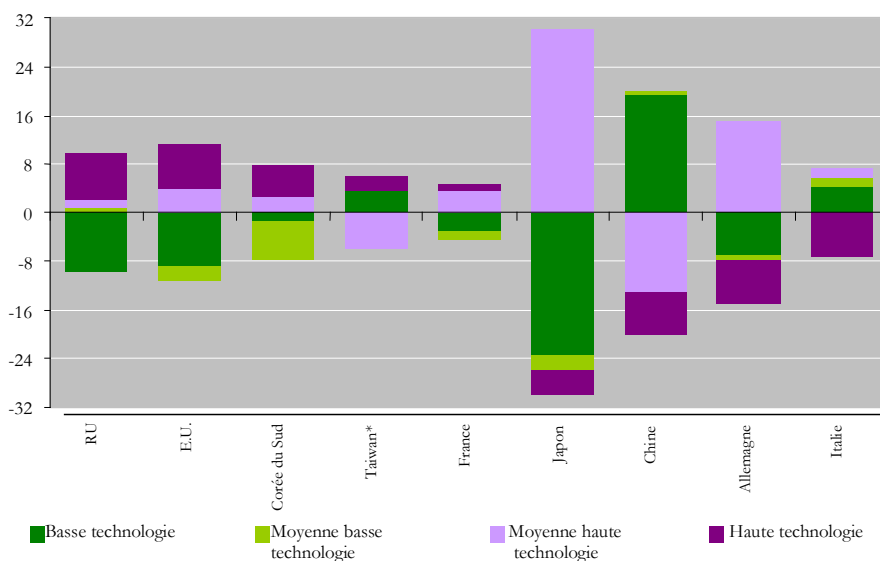
Figure 7 : Part des exportations de haute technologie dans les exportations industrielles totales en %



Source : SYSPROD

La performance hors du commun de la Chine dans les exportations de haute technologie a attiré l'attention de nombreux auteurs qui se sont interrogés sur les causes d'une telle envolée (Adams *et al.* 2004, Rodrik 2006). Si tous conviennent que les filiales étrangères jouent un rôle central, celui-ci n'est pas entièrement pris en compte. La figure 8 montre que lorsque l'on calcule la contribution des industries de haute technologie à la balance commerciale en tenant compte à la fois des exportations et des importations⁴, la Chine paraît clairement dépendante des importations de composants. Bien que la figure 8 ne concerne que le commerce des biens manufacturés, et ne peut être utilisée comme un indicateur des avantages comparatifs. Elle indique cependant clairement que la Chine est spécialisée dans les produits de faible technologie. Le contraste est particulièrement marquant avec le Royaume-Uni et les États-Unis, qui font partie des pays les plus spécialisés dans les produits de haute technologie. Il est d'ailleurs, intéressant de noter ici que ces deux pays sont parmi les plus spécialisés dans les services, aux dépens de l'industrie (Miotti et Sachwald 2006). La figure 8 montre également que l'excédent commercial du Japon et de l'Allemagne est tiré par les produits de moyenne haute technologie, tels que l'automobile et les machines. À l'inverse, ce sont les produits de haute technologie qui contribuent à la balance commerciale positive de la Corée du Sud et de Taiwan.

Figure 8 : Poids des industries dans la balance commerciale par niveau d'intensité technologique, 2005
en % du commerce industriel



Note : °
$$CTB_i = \frac{100}{(X + M)/2} \left[(X_i - M_i) - (X - M) \frac{(X_i + M_i)}{(X + M)} \right]$$

basée sur les données en dollars courants, et classée par taille selon la contribution des secteurs des hautes technologies. * 2004

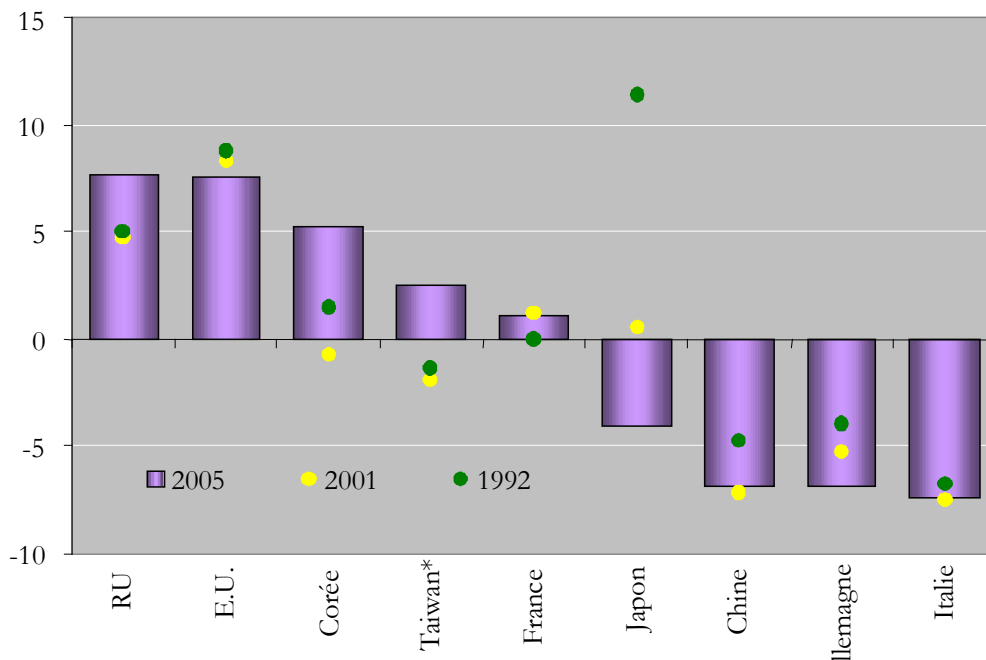
Source : SYSPROD et CNUCED pour Taiwan

⁴ On définit l'indice de contribution du produit i à la balance commerciale :

$$CTB_i = \frac{100}{(X + M)/2} \left[(X_i - M_i) - (X - M) \frac{(X_i + M_i)}{(X + M)} \right]$$

La figure 9 montre que durant la dernière décennie, le poids des produits de haute technologie dans la balance commerciale a beaucoup varié dans quelques pays. C'est en Corée du Sud et au Royaume-Uni que la spécialisation manufacturière dans les produits de haute technologie a le plus augmenté, alors que dans le même temps, elle a beaucoup diminué au Japon. Au contraire, malgré le dynamisme de ses exportations de produits TIC, la spécialisation de la Chine est restée négative.

Figure 9 : Poids des industries de haute technologie dans la balance commerciale, 1992 - 2005
en % du commerce manufacturier



Source : SYSPROD

Cette analyse détaillée du commerce de la Chine permet de résoudre le paradoxe de Rodrik (2006). La performance des exportations de la Chine est tirée par le faible coût de la main-d'œuvre locale, particulièrement attractif pour l'implantation des opérations d'assemblage des multinationales du secteur TIC. Ce qui explique l'augmentation parallèle des importations et des exportations chinoises dans ce secteur. Les autres secteurs de haute technologie, tels que la pharmacie, sont à l'inverse très en retrait dans les exportations chinoises.

La Chine est ainsi logiquement spécialisée dans des activités de production intensives en travail. La fragmentation des chaînes de valeurs permet pourtant à la Chine de contribuer à la production de produits intensifs en technologie.

Les investissements en R&D : contributions chinoises et étrangères

Les taux de croissance des investissements en R&D en Chine sont impressionnants. Mais les stocks sont très faibles, expliquant la faible intensité en R&D du pays. Cette partie montre que les ressources en R&D de la Chine sont loin d'être aussi sophistiquées et proches de la frontière technologique que dans les pays les plus avancés.

Rapide augmentation des dépenses de R&D

Le tableau 2 compare les dépenses de R&D des premiers pays investisseurs en R&D. Pour qu'une comparaison soit possible, les dépenses intérieures brutes en R&D (DIRD) sont exprimées en parité de pouvoir d'achat et non en dollars courants⁵. Bergsten *et al.* (2006) considèrent que cette méthode conduit à surestimer les dépenses en R&D de la Chine, en particulier à cause du fait que les prix et les salaires ont tendance à être plus élevés dans les zones urbaines, où se concentrent les activités de R&D. Pourtant même si les taux PPA n'est pas disponible pour les inputs de R&D, les salaires représentent une part importante des dépenses de R&D.

La Chine est le troisième pays au monde pour le volume des dépenses de R&D, juste après les États-Unis et le Japon ce qui renforce l'intérêt de la méthode (tableau 2). Si en 2000, les dépenses de R&D chinoises représentaient 18 % des dépenses américaines, en 2004, elles atteignaient 32,8 %. En se basant sur ces tendances récentes, l'OCDE prévoit qu'en 2006, les dépenses en R&D de la Chine auront dépassé les dépenses japonaises avec respectivement 136 milliards de dollars et 130 milliards de dollars. Ces classements sont bien entendu revus à la baisse lorsque les dépenses sont exprimées en dollars courants. En utilisant cette dernière unité de mesure, Bergsten *et al.* (2006) constatent qu'en 2005, la Chine n'a dépensé qu'un dixième des dépenses de R&D des États-Unis. Le tableau 2 montre que, même si elle est encore faible, l'intensité en R&D de la Chine augmente rapidement. En 2004, elle atteignait 1,4 % du PIB (tableau 4), mais ce chiffre a diminué depuis que le PIB chinois a été réestimé pour mieux tenir compte de la production de services. D'après les résultats disponibles provenant de l'OCDE (2006), l'intensité en R&D de la Chine est estimée à 1,2 %.

⁵ En Chine, les étudiants diplômés constituent une main-d'œuvre de recherche bien formée et peu chère. Cela augmente l'intensité en R&D en parité de pouvoir d'achat du pays.

Tableau 2 : Dépenses et intensité de R&D dans les premiers pays investisseurs

	DIRD 2004 Millions de dollars PPA	DIRD en % du PIB	Nombre de chercheurs en 2003*	Nombre de chercheurs pour 1000 employés**
États-Unis	312 535,4	2,68	1,334,628	9,6
Japon	112 714,7	3,15	675,330	10,4
Chine	102 622,9	1,44	926,252	1,2
Allemagne	58 687,6	2,49	268,943	6,9
France	39 740,3	2,16	192,790	7,7
Royaume-Uni	33 705,7	1,88	157,662	n.a.
Corée	24 273,7	2,63	151,254	6,8
Canada	19 326,5	1,93	112,624	7,2
Russie	16 457,8	1,29	477,647	7,1
Taiwan	13 493,6	2,45	67,599	7,1
Espagne	11 071,8	1,05	92,523	5,2
Suède	10 340,0	3,98	47,836	11,0
Australie	9 608,6	1,69	73,344	7,8
Pays-Bas	8 707,4	1,80	43,539	5,2
Israël	7 597,7	4,46	n.a.	n.a.
Belgique	5 802,9	1,89	32,237	7,8
Autriche	5 889,5	2,26	24,124	5,8
Danemark	4 374,0	2,62	25,546	9,3
Norvège	2 961,1	1,75	20,989	9,1
Pologne	2 471,6	0,56	58,595	4,5
Singapour	2 659,7	2,25	21,359	9,8
UE-25	211 252,8	1,82	1 169,633	5,8
Total OCDE	686 649,7	2,26	3 563,793	8,3

Note : * 2004 ou dernière année disponible ; ** 2003 ou dernière année disponible.

Source : OCDE 2005.

Depuis la fin des années 1990, le nombre de chercheurs en Chine a augmenté de façon drastique, au point de dépasser les effectifs japonais et d'approcher les effectifs américains (tableau 2). En 2004, il est, en Chine, relativement plus élevé que les dépenses en R&D et atteint 69 % de l'effectif américain. Néanmoins, comme dans le cas des dépenses de R&D, la Chine est moins bien classée dès lors que l'on rapporte le nombre de chercheurs à l'emploi total. Le tableau 2 montre que la très modeste proportion de chercheurs en Chine (1,2 / 1000 habitants) est encore plus faible que son intensité en R&D⁶.

Les dépenses en recherche fondamentale peuvent être considérées comme un indicateur de l'investissement dans les capacités d'innovation à long terme et comme une approximation des activités de recherche de pointe. Les pays les plus avancés allouent entre 15 et 20 % de leurs dépenses de R&D aux activités de recherche fondamentale (OCDE 2005). La Chine mise quant à elle principalement sur les activités de développement. En 2002, seulement 5,7 % de ses dépenses de R&D étaient destinées à la recherche fondamentale, contre 18 % pour les États-Unis et 13,7 % pour la Corée du Sud (Seong *et al.* 2005). D'après les données disponibles en 2004, les États-Unis ont alloué 0,5 % de leur PIB à la recherche fondamentale, alors que la Chine y consacrait à peine 0,1 %,

⁶ Ce qui pourrait notamment s'expliquer par la grande proportion de population dans l'agriculture.

soit cinq fois moins (alors que l'intensité en R&D de la Chine n'est que la moitié de la capacité américaine)⁷.

La majorité des dépenses et des chercheurs se concentrent dans le secteur public. La R&D privée est relativement moins importante que dans beaucoup de pays intensifs en R&D. Le secteur industriel chinois a d'ailleurs tendance à dépenser la plupart de ses ressources dans le design, aux dépens de l'innovation, et s'appuie principalement sur les apports technologiques extérieurs plutôt que sur ses propres innovations. Ce faible engagement du secteur industriel chinois de la recherche provient vraisemblablement de la structure du commerce des secteurs des hautes technologies en Chine et du rôle important joué par les entreprises étrangères. Les filiales étrangères sont très présentes dans l'industrie de haute technologie en Chine, et plus particulièrement dans l'électronique. Mais elles ont tendance à faire principalement appel à leur maison mère pour les inputs technologiques. En 2003, 23,7 % des dépenses de R&D privées en Chine provenait des filiales étrangères (CNUCED 2005), en comparaison avec les chiffres américains (14,1 %), allemands (22,1 %), japonais et coréens. Cependant, l'intensité en R&D des firmes étrangères en Chine est moins importante que celle des firmes locales⁸. De plus, leurs dépenses de R&D ciblent principalement les activités de développement pour s'adapter au marché local⁹. Peu à peu, aux unités de production étrangères, attirées par le potentiel du marché chinois, se sont ajoutées les unités de R&D étrangères. Celles-ci ont par ailleurs bénéficié de la bienveillance des politiques chinoises.

Un grand réservoir de talents

À la fin des années 1990, la Chine a mis en place d'importantes réformes du système éducatif. Le budget alloué à l'éducation est passé de 2,5 % du PIB en 1997 à 3,3 % en 2002 (Seong *et al.* 2005). La Chine a fixé d'ambitieux objectifs pour ses universités, dont un certain nombre a fusionné afin de concentrer les ressources. L'un des principaux projets a été la création de 100 « Key Universities », sur le modèle américain des universités de recherche¹⁰, auxquelles la Chine a alloué d'importants financements depuis 1995. Bien qu'elles ne représentent que 10 % des universités, leur rôle dans l'éducation et la R&D n'a cessé d'augmenter, formant une grande partie des étudiants en Master et en doctorats. Elles ont également une place très importante dans la recherche fondamentale et constituent de véritables pépinières pour les spin-offs de haute technologie.

⁷ Estimations basées sur les données de l'OCDE (2005), qui montrent une légère augmentation de la proportion de recherche fondamentale effectuée en Chine.

⁸ Dans l'échantillon étudié par K. Motohashi (2006) (22 000 entreprises chaque année entre 1998 et 2002), les dépenses de R&D atteignaient 1 % des ventes des firmes locales et 0,4 % pour les filiales à capitaux étrangers.

⁹ Pour plus d'informations sur la R&D étrangère et la priorité donnée aux activités de développement en Chine, voir Walsh (2003), Zedtwitz (2004), Motohashi (2006), Sachwald (2007).

¹⁰ L'Université Jia Tong à Shanghai a créé le « Classement académique des universités mondiales » (« Academic ranking of world universities ») afin d'identifier les meilleures universités au monde et de classer les universités chinoises (<http://ed.sjtu.edu.cn/ranking.htm>).

Avec 19,4 millions d'étudiants en 2004, la Chine forme autant d'étudiants que les États-Unis et l'Union européenne, dont les taux de croissance sont plus faibles. Le nombre d'inscrits et de diplômés du troisième cycle a été multiplié par 2,6 entre 2000 et 2004¹¹. Cependant, comme dans le cas de recherche, la Chine paraît bien moins performante, dès lors que l'on exprime le nombre d'étudiants en fonction de la population (tableau 3).

Tableau 3 : Nombre d'étudiants inscrits en troisième cycle, 2004

Pays	Nombre d'étudiants	Nombre d'étudiants pour 100 000 habitants
Chine	19 417 044	1 494
États-Unis	16 900 471	5 776
Inde	11 852 936	1 107
Japon	4 031 604	3 146
Mexique	2 322 781	2 226
Royaume-Uni	2 247 441	3 791
Allemagne	2 185 224	2 660
France	2 160 300	3 600

Source : UNESCO.

Les travaux techniques et d'ingénierie sont de plus en plus sous-traités dans les pays émergents, et de nombreuses entreprises étrangères sont attirées par le nombre croissant d'étudiants en Chine et en Inde. Les tendances utilisées pour illustrer la dynamique de l'éducation supérieure doivent cependant être examinées très attentivement. Ces considérations peuvent être illustrées à partir de deux exemples : le nombre d'inscrits en doctorat, et le nombre de diplômés provenant des cursus d'ingénieurs.

Le nombre d'étudiants inscrits dans les programmes de recherche en Chine est encore très faible (Schaaper 2004). Mais Richard Freeman (2005) considère qu'il augmente tellement rapidement qu'à ce rythme, le pays pourrait produire plus de doctorants que les États-Unis en 2010 (en 2001, le rapport n'est que de 1 à 3). Un tel rattrapage n'est possible que si la Chine parvient à maintenir la croissance très rapide du taux d'inscription et de diplômés en doctorat. Mais plus que le nombre de docteurs, c'est surtout la qualité de leur formation qui doit être privilégiée.

Les travaux de Gereffi et Wadhwa (2006) témoignent de la difficulté à comparer les diplômes entre les États-Unis, la Chine et l'Inde. Leur travail porte sur les formations scientifiques. Le titre d'ingénieur n'indique pas les mêmes compétences d'un pays à l'autre. Les institutions chinoises et indiennes ne fournissent d'ailleurs pas toujours de données détaillées à ce sujet. Selon Gereffi et Wadhwa (2006), le nombre d'ingénieurs formés en Chine et en Inde est en fait plus proche du nombre américain, que ce qui est suggéré dans la presse¹². Le tableau 4 suggère que l'Inde et la Chine ont surtout plus d'étudiants dans les formations courtes. Comme dans le cas des autres indicateurs, ces chiffres absolus doivent être considérés relativement à la population totale et aux besoins de l'économie. La demande d'une main-d'œuvre qualifiée dans le service public,

¹¹ Données provenant de l'Unesco.

¹² Les auteurs citent des articles qui font état de 70 000 ingénieurs diplômés aux États-Unis en 2004, contre 600 000 en Chine et 350 000 en Inde. Plus récemment, une enquête de *The Economist* indiquait que chaque année, l'Inde forme « 2,5 millions de diplômés, dont 400 000 ingénieurs et 200 000 professionnels des TIC » (« The Battle of Brain Power », 7 octobre 2006, p. 8).

le management et l'éducation resteront élevés en Chine, et limiteront l'allocation des ressources humaines aux secteurs de haute technologie.

Tableau 4 : Niveau d'étude des ingénieurs aux États-Unis, en Chine, en Inde, 2004

	États-Unis	Chine	Inde
Nombre d'étudiants en ingénierie, informatique et technologies industrielles (TI)	222 335	644 106	215 000
Niveau « Bachelor »*	137 437	351 537	112 000
— Ingénierie (sauf sciences de l'ordinateur et électriques)	52 520	-	17 000
— Informatique, électrotechnique et TI	84 917	-	95 000
Niveau « Subbaccalaureate »**	84 898	292 569	103 000
— Ingénierie (sauf informatique et électrique)	39 652	-	57 000
— Informatique, électrotechnique et TI	45 246	-	46 000

Note : * « Bachelor » : fait référence à des formations longues, supérieures à 4 années d'études.

** « Subbaccalaureate » : fait référence à des formations courtes, n'excédant pas 4 années.

Source : Gereffi and Wadhwa (2006)

Ces estimations peuvent être complétées par les témoignages de managers des filiales étrangères implantées en Chine. Selon une étude menée par McKinsey, la Chine souffre d'un « paradoxe de l'offre » : si le nombre de diplômés semble être élevé à première vue, le nombre de jeunes professionnels réellement capables de travailler dans les entreprises étrangères est bien moindre¹³. Le système éducatif chinois privilégiant l'enseignement théorique, la plupart des candidats à un poste d'ingénieur arrivent avec très peu de pratique, notamment dans la conduite de projets ou le travail en équipe. Il ressort des entretiens menés auprès de ces managers que les jeunes professionnels chinois ont un bon bagage théorique, une forte capacité d'apprentissage, mais manquent de compétences linguistiques et organisationnelles¹⁴. La firme doit donc compléter leur formation pour qu'ils soient opérationnels.

Afin d'inciter les chercheurs et ingénieurs qu'elle a formés à rester travailler en Chine, des politiques de promotion d'un retour des cerveaux ont été mises en place. Le gouvernement a instauré différentes politiques visant à faciliter le rapatriement et la réinsertion sociale des chercheurs chinois travaillant à l'étranger : traitement préférentiel pour le logement et la recherche, bourses universitaires spécifiques, meilleure transparence dans le partage de l'information, etc.¹⁵ Ces politiques ont porté leurs fruits, puisque depuis la fin des années 1990, de plus en plus de jeunes chinois formés à l'étranger (principalement dans les pays de l'OCDE, dont les États-Unis) sont rentrés travailler dans leur pays d'origine. En 2004, ils étaient 25 000 (Zweig 2006). Cette tendance est masquée par le fait que le nombre de jeunes chinois partant étudier à l'étranger va crescendo. Mais le nombre de retours est tout de même suffisant pour représenter une proportion notable des chercheurs dans certaines universités et instituts de recherche (Zhou et Leydesdorff 2006). Selon différentes enquêtes, les rapatriés seraient plus compétents et mieux formés que les chercheurs restés en Chine. Quant aux meilleurs chercheurs, ils ne sont pas encore attirés par la Chine et poursuivent leur carrière à l'étranger (Zweig 2006).

¹³ Entretiens menés auprès de 83 managers en ressources humaines (Farell et Grant 2005).

¹⁴ Entretiens menés par l'auteur en Chine en octobre 2006.

¹⁵ Les politiques nationales sont complétées par des mesures spécifiques prises au niveau local.

Les rapatriés contribuent à la qualité de la recherche en Chine et aux transferts de technologie, lorsqu'ils travaillent dans le secteur privé. On peut s'attendre à ce que la croissance économique incite de plus en plus de chercheurs établis à l'étranger à revenir travailler en Chine. Les politiques du gouvernement, en créant un climat favorable et des motivations supplémentaires pour les rapatriés, devraient également y contribuer. Cependant, d'autres réformes seraient nécessaires pour inciter les rapatriés à créer leur propre entreprise et augmenter les transferts de technologie (Zweig 2006).

Des résultats modestes mais en forte expansion

Au cours de la dernière décennie, la R&D en Chine a augmenté très rapidement et sa performance en matière de publications scientifiques et de brevets est impressionnante. La Chine pèse cependant encore très peu dans la production scientifique mondiale. L'évaluation de ses capacités d'innovation doit s'appuyer sur différents indicateurs et tenir compte à la fois des données de flux et de stocks.

Les publications scientifiques

On considère que la publication d'articles dans des revues scientifiques constitue un indicateur de sa performance en recherche fondamentale. Cet indicateur est communément utilisé dans les études comparatives. Sur les dix dernières années, le nombre de publications scientifiques comportant une adresse postale chinoise a beaucoup augmenté. En 1999, la Chine était en dixième position en matière de publications scientifiques et en 2004, elle a atteint la cinquième position (tableau 5). La part de la Corée dans les publications mondiales a également progressé de façon notable, mais la Chine a été le seul pays dont la croissance a été exponentielle. La performance de la Chine dans les publications mondiales varie suivant les disciplines avec des points forts en sciences physiques, et des points faibles en sciences de la vie. La Chine détient 10 % des publications mondiales en sciences de la matière et en physique (Stembridge 2006). Il est probable que la forte hausse du nombre de publications, tous domaines confondus, provienne en partie de centaines d'articles réalisés dans des laboratoires américains, et co-écrits par des chercheurs et étudiants chinois¹⁶.

Tableau 5 : Part mondiale des publications scientifiques, 1993-2004
en %

	Corée	France	Chine	Allemagne	RU	Japon	EU	UE-15
1993	0,18	5,98	1,69	7,45	8,89	8,19	34,73	33,78
1994	0,58	5,99	1,70	7,54	8,97	8,57	33,66	34,12
1997	1,16	6,31	2,66	8,32	8,73	8,98	31,94	35,72
2000	1,76	6,31	3,89	8,69	9,22	9,49	30,93	36,55
2003	2,43	6,10	5,51	8,35	8,46	9,40	30,68	35,96
2004	2,70	5,81	6,52	8,11	8,33	8,81	30,18	35,18

Source : Zhou et Leydesdorff (2006)

¹⁶ Mu-Ming Poo, directeur de l'Institut de Neurosciences à Shanghai, cité dans la revue *Nature* (9 septembre 2004).

L'augmentation des financements destinés à la R&D semble donc avoir eu des retombées positives en termes de publications scientifiques. Ces dix dernières années, la part de la Chine dans les publications mondiales a augmenté en parallèle avec ses investissements en R&D (Zhou et Leydesdorff 2006). En 2002, la Chine a publié deux fois plus d'articles scientifiques que la Corée alors qu'elle avait investi deux fois moins dans les sciences fondamentales. Seong *et al.* (2006) attribuent cette productivité scientifique à différents facteurs, comme le grand nombre d'étudiants et de chercheurs, le stock des investissements précédents et les connaissances acquises dans quelques domaines fondamentaux. Zhou et Leydesdorff (2006) constatent également que la Chine a été très performante dans les domaines émergents des nanosciences et des nanotechnologies. Bien qu'elle y soit devancée par les principaux pays avancés, qui font de la recherche depuis plus longtemps, la Chine a tout de même fait d'importants progrès et pèse de plus en plus dans les publications mondiales. Selon différents indicateurs bibliométriques, la Chine, qui contribue à 8,3 % des publications mondiales dans les domaines liés aux nanotechnologies, paraît en deuxième position, après les États-Unis. Elle contribue à 6,5 % des publications mondiales, tous domaines confondus (tableau 5). Porter *et al.* (2002) indiquent une position relativement forte de la Chine dans un ensemble de technologies émergentes, comme les logiciels, le matériel informatique, les technologies de la communication, les matériaux avancés pour les technologies informatiques et les biotechnologies. Selon leur étude, la Chine était classée en 1999 au cinquième rang pour les publications dans ces domaines. Ils classent donc la Chine avec l'Allemagne et le Royaume-Uni dans le groupe des « leaders », derrière les « super-puissances » que sont les États-Unis et le Japon dans ces domaines.

Bien qu'il soit encore faible, le taux de citations par article chinois a également augmenté de façon notable cette dernière décennie (Zhou et Leydesdorff 2006). Le tableau 6 présente le nombre moyen de citations par article dans les pays publiant le plus, soulignant ainsi le fossé qui sépare les pays avancés de la Chine. Plusieurs études bibliométriques considèrent que la part des articles les plus cités est le meilleur indicateur de l'influence du pays en science (King 2004, Dosi *et al.* 2005). Bien qu'elle reste encore assez faible, la part des articles très souvent cités a augmenté substantiellement en Chine (Zhou et Leydesdorff 2006). Entre 1993-1997 et 1997-2001, la part du 1 % des articles

Tableau 6 : Classement par pays des publications cataloguées par le SCI en 2003

Rang	Pays	Nombre de publications scientifiques	Nombre moyen de citations par publication
1	États-Unis	2 705 652	12
2	Japon	713 542	7
3	Allemagne	655 586	9
4	Royaume-Uni	598 470	10
5	France	484 291	9
6	Canada	358 007	10
7	Italie	310 557	8
8	Russie	285 856	3
9	Chine	236 996	3
10	Australie	211 549	8
16	Corée du Sud	111 406	4

Sources : D'après Seong *et al.* (2005)

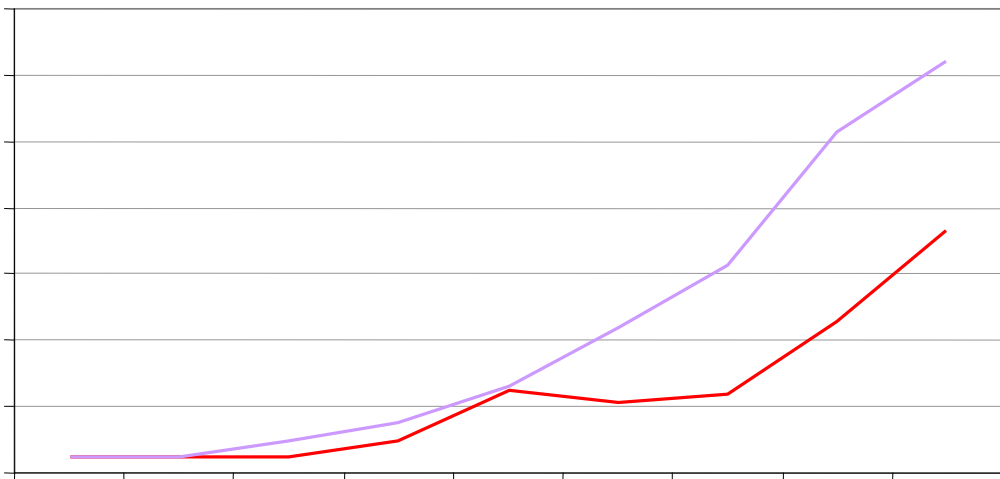
chinois les plus cités a augmenté de 0,44 % à 0,99 % (King 2004). Sur la même période, l'Irlande, l'Inde, l'Afrique du Sud, Singapour et la Corée du Sud ont également enregistré une forte croissance de leur part des publications les plus citées.

Les études bibliométriques donnent donc une image nuancée du système scientifique chinois. Les publications scientifiques ont suivi l'augmentation rapide des inputs de R&D. Comparé aux standards historiques, la Chine est devenue très rapidement un acteur majeur dans la production d'articles scientifiques. Cependant, le taux de citation reste encore très faible, comparé aux pays avancés et même à certains pays émergents.

Brevets chinois et internationaux

Depuis 2000, la production chinoise de brevets a fortement crû. Les filiales étrangères ont fortement contribué à l'augmentation de la production de brevets d'invention, ce qui n'est pas le cas pour les brevets d'utilité et de design (pour les dépôts, la contribution des entreprises domestiques a été à peu près semblable à celle des entreprises étrangères) (figure 10). Ainsi, la proportion de brevets détenus par des résidents étrangers est plus élevée en Chine que dans les économies de la Triade (Schaaper 2004), avec une contribution particulièrement importante pour les institutions américaines, suivies de loin par leurs homologues européennes. Les brevets chinois proviennent également de la coopération entre des inventeurs chinois et étrangers.

Figure 10 : Nombre de brevets d'invention chinois accordés, 1996-2004



Source : China's National Bureau of Statistics, www.stats.gov.cn

Hu et Jefferson (2006) ont étudié les différentes causes de cette explosion des brevets chinois¹⁷. L'intensification de la R&D semble une cause logique. Mais l'analyse des données indique le contraire, montrant une faible élasticité brevets aux dépenses de R&D comparée aux normes de l'OCDE. Cette élasticité faible est cependant plus forte pour les firmes chinoises que pour les filiales étrangères. Ce résultat soutient ainsi l'idée selon laquelle les centres de R&D étrangers seraient essentiellement attirés par le marché, et serviraient à adapter le produit aux spécificités locales¹⁸. Ainsi, le dépôt de brevets étrangers ne viserait peut-être que la protection des inventions antérieures. L'augmentation de l'investissement étranger n'explique qu'une petite partie de l'augmentation totale de la production de brevets, mais a un impact certain à la fois sur les firmes chinoises et les firmes étrangères. Face à la concurrence des entreprises étrangères, les entreprises chinoises ont pris conscience de la valeur stratégique des brevets et augmenteront probablement leur propension à breveter afin d'exploiter le vide juridique chinois en matière de protection de la propriété intellectuelle. (Hu et Jefferson 2006).

La figure 10 montre que les inventeurs étrangers ont été les plus réactifs à l'amendement de la loi sur les brevets de 2000 et à l'entrée de la Chine à l'OMC en 2001. D'après les estimations de Hu et Jefferson (2006), plus de 70 % de l'augmentation de la production de brevets entre 1995 et 2001 serait dû à l'effet combiné de ces deux événements. L'explosion du nombre de brevets en Chine depuis 2000 serait donc principalement due à l'émergence d'un environnement légal favorable aux brevets. Des réformes économiques profondes, attribuant un rôle croissant aux firmes privées, plus d'investissements en R&D et un système légal renforcé devraient stimuler encore davantage la production de brevets.

À l'étranger, le nombre de brevets attribués à des ressortissants chinois a également augmenté rapidement depuis la fin des années 1990, mais la Chine contribue encore peu à la production internationale de brevets. Entre 1999 et 2002, la Chine a quasiment doublé le nombre triadique de brevets déposés, passant de 75 à 144¹⁹. Ce chiffre reste très faible comparé aux pays les plus actifs dans la production de brevets, comme les États-Unis (18 324), le Japon (13 195) et l'Allemagne (7 271). Le nombre de brevets américains attribués à des inventeurs chinois a été multiplié par cinq entre 1993 et 2003, mais reste encore faible. En 2003, la Chine a contribué à 0,3 % des brevets américains attribués à des chercheurs étrangers, se classant ainsi au 21^e rang, bien après Taiwan (3^e avec une contribution de 6 %), la Corée du Sud (4^e avec 4,9 %) et l'Inde (19^e avec 0,4 %)²⁰. Les statistiques sur les brevets internationaux suggèrent donc que la Chine dispose de capacités d'innovation encore relativement fragiles. Cela concorde avec la faible proportion de brevets d'invention attribués à des entreprises chinoises enregistrés par le CSIPO (Office de la propriété intellectuelle de

¹⁷ Ils estiment une fonction de production de brevets à partir d'un large échantillon de firmes entre 1995 et 2001. Malheureusement, les données dont ils disposent ne font aucune distinction entre les brevets d'invention, les brevets d'utilité et les brevets de design.

¹⁸ Voir section 2.1.

¹⁹ La base de données des « familles triadiques de brevets » de l'OCDE identifie les brevets de portée internationale (dépôtés aux États-Unis, en Europe et au Japon). Les données proviennent d'OCDE (2005)

²⁰ Calculs provenant de *Science and Engineering Indicators* 2006

Chine) – contrairement aux brevets d'utilité et de design. Le nombre de brevets par habitant est faible lui aussi, au regard des standards internationaux (la Chine se classe au 27^e rang, WIPO 2006). Si l'on considère ce nombre en milliard de dollars en PPA ou relativement aux dépenses de R&D, la performance chinoise est plus élevée (respectivement 17^e et 11^e rang).

Évaluation des performances scientifiques et technologiques de la Chine

Selon les indicateurs utilisés, les capacités scientifiques et technologiques de la Chine paraissent très différentes. Quatre types de considération peuvent expliquer ces images contrastées.

Premièrement, le classement de la Chine varie suivant qu'il utilise des indicateurs de taille ou d'intensité. La Chine est ainsi le troisième pays pour les dépenses totales de R&D et le second pour le nombre de chercheurs. Mais elle est sensiblement moins bien classée dès lors que l'on considère l'intensité de la R&D ou le nombre de chercheurs dans l'emploi total.

Deuxièmement, les indicateurs de quantité et de qualité se contredisent souvent. C'est notamment le cas dans le domaine de l'enseignement supérieur, des brevets et des publications scientifiques. Le mot « ingénieur » a ainsi une signification différente suivant que les données sont américaines ou chinoises. Il est ainsi nécessaire d'ajouter des indicateurs de citation au nombre de publications produites pour rendre compte de la contribution de la Chine à la science mondiale. Par ailleurs, les indicateurs de dépenses de R&D et d'intensité en R&D ne tiennent pas compte de la part de la recherche fondamentale. Ceci peut conduire à surestimer l'effort de recherche chinois.

Troisièmement, les indicateurs de flux et de stocks tendent aussi à diverger. La Chine est un pays émergent qui a encore peu investi dans les sciences et les technologies. Ces inputs et output de R&D sont donc relativement faibles. Néanmoins, la Chine est très dynamique, enregistrant des taux de croissance très élevés sur de nombreux indicateurs économiques et sociaux. Par ailleurs, la Chine a fait de la science et de la technologie la pierre angulaire de son développement économique depuis les années 1980 et alloue une grande partie de ses investissements publics aux infrastructures et au financement de la R&D. Ainsi, la Chine a connu des taux de croissance impressionnants sur un grand nombre d'indicateurs scientifiques et technologiques.

Enfin, la performance de la Chine paraît différente selon le périmètre géographique donné à ses « capacités scientifiques et technologiques ». La Chine enregistre un fort taux d'ouverture et attire beaucoup d'investissements étrangers. Les filiales étrangères ont été l'un des principaux contributeurs aux exportations chinoises, notamment dans les TIC. La discussion ci-dessus a aussi souligné le rôle important joué par les firmes étrangères dans la récente augmentation du nombre de brevets en Chine. Il semble également qu'un certain nombre de publications chinoises proviendraient en fait de laboratoires implantés aux États-Unis, et co-écrit par des chercheurs chinois invités. Bien que les

interactions avec des contributeurs extérieurs au système d'innovation chinois soient bienvenues, le degré d'intégration avec les capacités locales serait encore limité.

Récemment, des indicateurs composites de capacités scientifiques et technologiques ont été développés afin de comparer des pays de différents niveaux de développement. Typiquement, ils intègrent des indicateurs d'input et d'output de R&D, les données sur les infrastructures technologiques et des indicateurs de diffusion des TIC. Ils répondent aux mêmes objectifs, mais utilisent des données et une méthodologie différentes.

Le tableau 7 compare quatre de ces indicateurs. Tous incluent des données sur les dépenses de R&D, l'enseignement supérieur et le dépôt de brevets. Les données sur la diffusion des TIC sont utilisées par tous les indicateurs, excepté celui de la RAND. Celui-ci est le seul à prendre les publications scientifiques en compte. C'est donc l'indicateur le plus orienté « science ». L'indicateur WEF est plus orienté « innovation », puisqu'il inclut des données d'enquêtes provenant de questionnaires adressés aux entreprises. Bien que ces indicateurs soient tous différents, Archibugi et Coco (2005) soulignent la convergence des classements. Le tableau 7 compare 47 pays en fonction de ces quatre indicateurs composites, pour de données allant de la fin des années 1990 au début des années 2000²¹. Ce tableau exclut les économies dont les capacités sont très importantes, comme Taiwan, la Suisse ou le Danemark. Il inclut par contre des économies très différentes qui sont plus ou moins développées que la Chine. Il permet donc de comparer les capacités de S&T de la Chine avec les capacités d'un large échantillon de pays très différents. Dans certains pays, les classements changent significativement suivant les classifications (Japon, en Corée et en Norvège). Ceci est probablement dû à des jugements exagérément favorables ou sévères exprimés dans les données d'enquêtes de la classification WEF²². Dans le cas de la Chine, les classements sont relativement proches, quel que soit l'indicateur utilisé, avec un rang moyen de 38^{ème} à 47^{ème}. L'indice RAND est plus favorable à la Chine (33^{ème} rang). Ceci vient probablement du fait que cet indicateur inclut des données qui n'apparaissent pas dans les autres indicateurs (comme le nombre d'institutions, les articles résultant de coopérations internationales et le nombre de scientifiques et d'ingénieurs).

La dernière colonne du tableau 7 présente les résultats de la classification mise à jour de l'indicateur WEF, indiquant un classement inchangé pour la Chine (voire en baisse en 2005-2006). Ces résultats modérés proviennent probablement du fait que les quatre classifications utilisent des indicateurs exprimés en proportion de la population.

Selon l'indicateur d'infrastructure technologique (« Technological Infrastructure Indicator » — TII) calculé par le *Georgia Institute of Technology* indique au contraire que le rang de la Chine aurait beaucoup progressé entre 1999 et 2005 (Porter *et al.* 2006). Selon cet indicateur, la performance de la Chine en 2005 est même meilleure que celle de nombreux pays avancés. De tels résultats appellent au moins deux remarques méthodologiques. Tout d'abord, le *Georgia Institute of Technology* calcule deux versions de son TII. La première inclut à la fois des données quantitatives et des données d'études provenant

²¹ L'écart type des rangs est une façon d'évaluer la convergence entre les classifications.

²² De telles opinions changent probablement d'une année sur l'autre.

d'enquêtes menées auprès d'experts. La seconde version ne comporte que des statistiques. Selon la première version, la Chine est classée en 3^e position alors qu'elle est en 7^e position avec le second indicateur. Deuxièmement, le TII inclut des données usuelles sur les inputs et outputs de R&D. Or certaines données sont en valeur absolue et ne sont pas exprimées en fonction de la population. Comme précédemment, cela introduit un biais en faveur de la Chine (et tend à sous-estimer de petits pays intensifs en R&D comme Israël ou la Suisse).

Cette discussion suggère que malgré les progrès impressionnants de la Chine, ses capacités scientifiques et technologiques sont encore modestes. Elles coïncident en réalité avec le niveau de développement économique et social du pays. Les opinions qualitatives provenant des cercles dirigeants ou des experts semblent beaucoup plus jouer en sa faveur que les données statistiques. Ceci vient probablement de l'augmentation rapide de certains indicateurs de R&D et des performances de la Chine dans les exportations de produits de secteurs de haute technologie. L'attractivité de la Chine pour les unités de R&D étrangères influence ainsi beaucoup l'opinion positive des experts. Or nous avons vu qu'en réalité, les exportations de produits de TIC incluaient très peu de valeur ajoutée locale. Nous avons également noté que ce sont en premier lieu la production locale et l'accessibilité du marché chinois qui ont attiré les unités de R&D étrangères. Freeman (2005) remarque que « Les indicateurs de performances technologiques montrent d'énormes progrès de la capacité technologique de la Chine ». Cependant, le niveau des capacités technologiques en Chine est comparable à celui des autres pays émergents. En considérant l'indicateur WEF, le Brésil, par exemple, a atteint plus rapidement un meilleur classement moyen que celui de la Chine (tableau 7). Ce pays a certes des conditions de vie meilleures qu'en Chine. L'Inde, qui est plus pauvre, a son classement proche de celui de la Chine d'après le même indicateur en 2004-2005.

Selon Gilboy (2004), la Chine a développé quelques centres d'excellence technologique, mais ces derniers sont peu connectés et intégrés à l'économie. L'auteur suggère que, plutôt que de considérer la Chine comme un nouveau géant économique et technologique asiatique, il serait peut-être plus juste de la voir, comme une puissance émergente, au même titre que le Brésil et l'Inde.

Tableau 7 : Comparaison de quatre classements de capacités technologiques de différents pays

	RAND : indice de capacité S&T	UNDP : indice de performance technologique	ArtCo : indice de capacités technologiques	WEF : indice de technologie	Comparaison entre les quatre classements			Indice WEF, 2004-2005
					Rang moyen	Écart type	Rang de la moyenne	
États-Unis	1	2	4	1	2,0	1,41	1	1
Finlande	4	1	2	3	2,5	1,29	2	2
Suède	3	3	1	5	3,0	1,63	3	3
Canada	2	9	5	2	4,5	3,32	4	10
Australie	8	10	8	4	7,5	2,52	5	12
Norvège	10	12	6	6	8,5	3,00	6	7
Japon	5	4	7	19	8,8	6,95	7	4
RU	9	7	11	8	8,8	1,71	8	13
Pays-Bas	12	6	9	11	9,5	2,65	9	11
Allemagne	6	11	10	12	9,8	2,63	10	9
Corée	16	5	15	7	10,8	5,56	11	6
Israël	7	18	3	21	12,3	8,62	12	5
Belgique	13	14	13	10	12,5	1,73	13	24
Nouvelle Zélande	17	15	12	9	13,3	3,50	14	18
Singapour	15	8	17	15	13,8	3,95	15	8
Autriche	14	16	14	13	14,3	1,26	16	16
France	11	17	16	14	14,5	2,65	17	23
Irlande	18	13	18	23	18,0	4,08	18	26
Espagne	21	19	20	22	20,5	1,29	19	15
Rp. Tchèque	23	21	24	16	21,0	3,56	20	14
Italie	20	20	19	26	21,3	3,20	21	34
Slovénie	19	23	21	25	22,0	2,58	22	19
Hongrie	26	22	25	17	22,5	4,04	23	22
Slovaquie	25	24	23	24	24,0	0,82	24	21
Portugal	24	26	27	20	24,3	3,10	25	17
Grèce	22	25	22	30	24,8	3,77	26	38
Pologne	27	28	26	28	27,3	0,96	27	31
Malaisie	38	29	33	18	29,5	8,50	28	20
Bulgarie	28	27	28	38	30,3	5,19	29	37
Argentine	29	21	29	36	31,3	3,30	30	36
Chili	30	34	30	33	31,8	2,06	31	25
Costa Rica	34	33	34	27	32,0	3,37	32	35
Roumanie	31	32	31	35	32,3	1,89	33	32
Mexique	36	30	35	29	32,5	3,51	34	33
Afrique du Sud	32	35	32	34	33,3	1,50	35	28
Thaïlande	41	36	37	31	36,3	4,11	36	30
Brésil	35	37	38	37	36,8	1,26	37	29
Philippines	42	38	39	32	37,8	4,19	38	38
Chine	33	39	41	39	38,0	3,46	39	39
Pérou	40	41	36	42	39,8	2,63	40	42
Bolivie	39	40	42	45	41,5	2,65	41	46
Équateur	44	42	40	46	43,0	2,58	42	45
Égypte	43	43	44	43	43,3	0,50	43	41
Inde	37	46	47	44	43,5	4,51	44	40
Sri Lanka	47	45	43	40	43,8	2,99	45	44
Indonésie	46	44	45	41	44,0	2,16	46	43
Nicaragua	45	47	46	47	46,3	0,96	47	47

Note: 47 pays identiques pour chacune des quatre classifications.

Les données pour les colonnes 2 à 4 datent de la fin des années 1990 et du tout début des années 2000.

Source : Adapté de Archibugi et Coco (2004) et WEF (2004)

Conclusion

La Chine promeut fortement les investissements en R&D. Au cours de la dernière décennie, les financements pour la R&D ont augmenté de façon exponentielle et l'intensité en R&D de la Chine a cru rapidement. Différents indicateurs suggèrent que la Chine aurait rattrapé les autres économies dynamiques d'Asie et les économies de la Triade. Néanmoins, le classement de la Chine reste modeste pour ses capacités scientifiques et technologiques d'ensemble. Au regard de l'histoire des pays avancés, Jian et Jefferson (2005) estiment que la Chine a commencé son décollage technologique. Ils remarquent notamment que la période de transition entre une faible et une haute intensité en R&D n'est pas linéaire, et que durant la période de décollage, l'intensité en R&D des pays à revenus moyens s'accroît brusquement. Jian et Jefferson (2005) donnent l'exemple de plusieurs pays européens qui n'ont mis qu'une décennie pour augmenter leur intensité technologique de 1 à 2% du PIB. Plus récemment, la Corée a effectué son décollage technologique en cinq ans, entre 1983 et 1988. Dans le cas du Japon, le décollage a quant à lui été plus long. L'expérience de la Corée suggère par ailleurs que l'intensification des dépenses de R&D dans une économie doit être associée à des changements institutionnels, pour générer des entreprises locales dans des secteurs de haute technologie et augmenter de façon notable la contribution à l'innovation mondiale (Kim 1997, Sachwald 2001). De nombreux experts des systèmes d'innovation et des processus de développement ont également souligné le rôle essentiel des institutions et de l'environnement des affaires dans la promotion de la recherche et de l'innovation.

Denis Fred Simon (2005) considère que les réformes du système scientifique et technologique chinois des vingt dernières années commencent à porter leurs fruits. La Chine pourrait donc décoller et devenir un acteur majeur, si ce n'est une superpuissance technologique. Dans cette perspective, deux séries de questions méritent d'être posées en conclusion. Tout d'abord, il est important de reconnaître que certaines faiblesses peuvent être des obstacles au décollage scientifique et technologique de la Chine. Deuxièmement, il est essentiel de revenir sur l'intégration du système d'innovation chinois à l'économie globale de la connaissance.

Les obstacles au décollage technologique de la Chine

Ces dix dernières années, les investissements de R&D et leurs rendements semblent avoir été en phase (Jiang et Jefferson 2005). L'augmentation des publications scientifiques et des brevets sont un indicateur d'efficacité La publi-

cation d'articles scientifiques s'est élevé au regard des investissements chinois en recherche fondamentale. Cela s'explique notamment par l'abondance des ressources publiques attribuées à la R&D dans les universités et les instituts de recherche, qui ne peuvent souvent compter que sur cette source de financement (Seong *et al.* 2005). Plus généralement, l'abondance des ressources humaines a joué un rôle central dans l'attractivité de la Chine pour les activités de production et de R&D. Elle n'a cependant pas la répercussion positive sur les outputs de R&D de haute qualité, mesurée en termes de citations d'articles ou de brevets internationaux. La faible capacité des entreprises chinoises à proposer de nouveaux produits et services constitue un indicateur complémentaire. (Giboy 2004, Seong *et al.* 2005).

Pour que la Chine devienne une puissance technologique et ne se limite pas à être une terre d'accueil des filiales étrangères pour l'assemblage de produits sophistiqués, les connaissances doivent diffuser plus largement dans l'économie et les entreprises locales doivent gravir l'échelle technologique. L'investissement privé en R&D a beaucoup augmenté en Chine, mais reste le maillon faible du système national d'innovation. Motohashi (2005) montre que les firmes chinoises coopèrent de plus en plus avec les instituts de recherche publics et les universités, ce qui a un impact positif sur leurs capacités technologiques. Cependant, la plupart des entreprises chinoises n'ont pas une capacité d'absorption assez grande pour tirer partie des collaborations de recherche. Elles se limitent à des objectifs de court terme et se battent pour réaliser des marges insignifiantes, sur les maillons les plus rémunérateurs des chaînes de production globales.

Technonationalisme contre technoglobalisme

La Chine n'est pas propriétaire de la technologie et qu'elle utilise L'une des priorités de sa politique d'innovation a donc été de promouvoir l'innovation « autochtone » afin de réduire la dépendance du pays. Lors de la conférence nationale sur l'innovation en Janvier 2006, le Premier ministre Wen Jiabao soulignait l'importance de « l'innovation indépendante », en la replaçant au cœur de la stratégie de développement du pays pour les 15 prochaines années. Les partenaires étrangers de la Chine craignent de voir naître de cette ambition des politiques technonationalistes, et la montée en puissance d'une superpuissance économique mercantiliste.

La Chine a fortement investi dans les domaines scientifiques et technologiques émergents, où la prépondérance des pays avancés n'est pas encore très bien installée (Kang et Segal 2006). Dans les domaines où les pays occidentaux dominaient déjà, la Chine a essayé de développer de nouvelles normes, notamment dans la téléphonie cellulaire de troisième génération, le WiFi, les infrastructures d'authentification et d'autorisation et dans les ondes radiophoniques. L'objectif est de générer en exploitant un portefeuille de propriété intellectuelle chinois intégré dans des normes. Cette politique a suscité de nombreuses craintes chez les partenaires commerciaux de la Chine. Les résultats ont pourtant été mitigés, et la Chine s'est engagée dans une stratégie

de normalisation plus complexe, en admettant qu'un technonationalisme étriqué était voué à l'échec (Suttmeier *et al.* 2006).

De façon plus générale, alors que la Chine mise sur le développement de ses propres technologies, elle reste encore très clairement dépendante des connaissances issues des pays avancés. Les partenariats entre entreprises chinoises et étrangères, la promotion des scientifiques formés à l'étranger, la politique d'accueil aux centres de R&D de multinationales, soulignent que la poursuite d'objectifs technonationalistes dans un monde globalisé n'est pas si simple. La forte intégration de la Chine dans l'économie globale ne correspond pas à la « success story » asiatique classique du Japon et de la Corée. Le décollage scientifique et technologique de la Chine pourrait se produire à un niveau de vie moins élevé qu'en Corée et à Taiwan, du fait de son intégration à l'économie globale de la connaissance.

Références

- Archibugi, D. et A. Coco, 2005, « Measuring Technological Capabilities at the Country Level : A survey and a menu for choice », *Research Policy*, 34, 175-94
- Bergsten, F., G. Bates, N. Lardy et D. Mitchell, 2006, *China : The Balance Sheet*, PublicAffairs
- Dosi, G., P. Llerena, et M. Sylos Labini, 2005, *Evaluating and Comparing the Innovation Performance of the United States and the European Union*, Report prepared for the TrendChart Policy Workshop, 29 juin.
- Farrell, D. et A. Grant, 2005, *China's Looming Talent Shortage*, McKinsey Quarterly
- Freeman, R., 2005, *Does Globalization of the Scientific/Engineering Workforce Threaten U.S. Economic Leadership?*, NBER Working Paper 11 457, juin.
- Gaulier, G., Lemoine, F., D. Unal-Kesenci, 2005a, *China's Integration in East Asia : Production Sharing, FDI and High-Tech Trade*, Document de travail, Paris, CEPPII, juin.
- Gilboy, G., 2004, « The Myth Behind China's Miracle », *Foreign Affairs*, juillet
- Kang, D. et A. Segal, 2006, « The Siren Song of Technonationalism », *Far Eastern Economic Review*, mars.
- Kim, L., 1997, *Imitation to Innovation*, Harvard Business School Press.
- King, D., 2004, « The Scientific Impact of Nations », *Nature* 430.
- Motohashi, K., 2005, China's National Innovation System Reform and Growing Science Industry Linkage, *Draft*, Sept., Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo
- Motohashi, K., 2006, « R&D of Multinationals in China : Structure, Motivations and Regional Difference », RIETI Discussion paper
- Miotti, L. et F. Sachwald, 2006, « Mutations industrielles mondiales : Quelle place pour l'Europe ? », *RAMSES 2007*, Dunod.
- OECD, 2002, *Measuring the Information Economy*, www.oecd.org/sti/measuring-infoeconomy
- OECD, 2005, *Science and Technology Indicators*, 2
- OECD, 2006, « China Will Become World's Second Highest Investor in R&D by end of 2006 », www.oecd.org
- Porter, A., D. Roessner, X-J. Jin et N. Newman, 2002, « Measuring national emerging technology capabilities », *Science and Public Policy*, vo. 29, 189-200.

- Porter, A., D. Roessner, X-J. Jin, N. Newman et D. Johnson, 2006, *High Tech Indicators : Technology Based Competitiveness of 33 Nations*, Georgia Institute of Technology
- Rodrik, D., 2006, « What's So Special about China's Exports?», *China & World Economy*, 4, 1-19.
- Sachwald, F., 2007, « Location Choices within Global Innovation Networks : The Case of Europe », *The Journal of Technology Transfer*, forthcoming
- Sachwald, F. (ed.), 2001, *Going Global. The Korean Experiences of Direct Investment*, Routledge.
- Schaaper, M., 2004, « An Emerging Knowledge-based Economy in China ?», *STI Working paper*, 4, OECD.
- Seong, S., S. Popper et K. Zheng, *Strategic Choices in Science and Technology. Korea in the Era of a Rising China*, RAND Center for Asia Pacific Policy
- SESSI, 2005, *Les technologies de l'information et de la communication*, Ministère des finances, de l'économie et de l'industrie.
- Simon, D-F., 2005, 'Hearing on China's High Technology Development', US China Economic and Security Review Commission, April
- Stembridge, B., 2006, « Innovation trends in China », *Knowledge Link*, mai, www.scientific.thomson.com/newsletter
- Suttmeier, R., Yao, X. et A. Tan, 2006, *Standards of Power? Technology, Institutions and Politics in the Development of China's National Standards Strategy*, The National Bureau of Asian Research
- Walsh, K., 2003, *Foreign High-Tech R&D in China : Risks, Rewards, and Implications for US-China Relations*, The Henry L. Stimson Center
- WEF, 2004, *The Global Competitiveness Report 2004-2005*, World Economic Forum
- WIPO, 2006, *WIPO Patent Report*, World International Property Organization.
- Zedtwitz, M. von, 2004, « Managing R&D laboratories in China », *R&D Management* 34(4), 439-52.
- Zweig, D., 2006, « Learning to compete : China's efforts to encourage a 'reverse brain drain' », C. Kuptsch et E.-F. Pang, *Competing for Global Talent*, International Lab