

Mondialisation et technologies propres
L'importance des partenariats public/privé dans le secteur automobileⁱ

Philippe MERAL
Université de Versailles Saint-Quentin, IRD
C3ED, UMR IRD-UVSQ n°063 et C3ED Madagascar

Olivier PETIT
Université de Versailles Saint-Quentin
C3ED, UMR IRD-UVSQ n°063

ⁱ Ce travail est le résultat d'une recherche faite pour le MENRT : Fauchaux S., Hue C., Méral P., Nicolai I. et O. Petit, 2000, *Analyse et prise en compte de la mondialisation des ressources et de la globalisation des rejets dans une stratégie de recherche technologique*, Rapport pour le MENRT, Direction de la Technologie, Département Energie, Transports, Environnement et Ressources naturelles.

Les auteurs souhaitent remercier Philippe Hugon, Patrick Schembri, Claude Serfati et Géraldine Froger ainsi que les participants au séminaire « Développement Durable » du GEMDEV pour leurs remarques et commentaires concernant une version antérieure de cet article. Les auteurs restent évidemment seuls responsables des erreurs subsistantes.

INTRODUCTION

Face à la mondialisation économique, les entreprises industrielles doivent désormais conjuguer avec des normes environnementales plus sévères, une perception accrue des risques sanitaires et environnementaux et des bouleversements économiques et financiers aussi dangereux qu'imprévisibles. Parallèlement, le rôle des Etats semble suivre un double mouvement : d'une part un désengagement dans la régulation marchande, et d'autre part un renforcement dans l'élaboration des politiques sociales et environnementales. Parmi les facteurs d'accroissement de la dynamique de la mondialisation, l'innovation technologique joue un rôle majeur. Cet article s'interroge sur la façon dont la mondialisation économique, dans sa composante technologique, conditionne les rapports entre firmes et Etats en prenant l'exemple des technologies propres dans le secteur automobile.

Dans une première partie, nous discutons du concept de mondialisation et de ses manifestations dans le secteur automobile. La place de l'innovation technologique est alors soulignée puis traitée dans une seconde partie en recourant à la théorie évolutionniste et notamment au concept de Système National d'Innovation. Dans une troisième partie, nous appliquons cette grille d'analyse aux programmes d'innovation technologique environnementale du secteur automobile.

I. DU CONCEPT DE MONDIALISATION A SON ILLUSTRATION DANS L'INDUSTRIE AUTOMOBILE

Les débats entre économistes au sujet de la mondialisation ont souvent pour arrière-plan les rapports Etats-firmes multinationales (FMN par la suite). Il est d'ailleurs intéressant de noter que Kindleberger (1971) qualifiait de *multinationales* les firmes qui respectent les législations des pays dans lesquelles elles opèrent et d'*internationales* celles qui prennent leurs décisions indépendamment des politiques nationales. Dans le même esprit, d'autres auteurs suggèrent de retenir l'appellation *multi* ou *international* pour les firmes développant une stratégie de présence à l'étranger ou d'utilisation des capacités locales, et *globale* pour celles dont la stratégie consisterait à « organiser leurs moyens et leurs ressources pour en obtenir la plus grande efficacité et renforcer leur compétitivité » (Mertens-Santamaria, 1997, p. 5). La mondialisation symboliserait alors une indépendance accrue vis-à-vis des modes de régulation externes à la firme (notamment la législation), notion que nous retrouvons dans la définition donnée par Grou (1997, p. 136) : « on entend par mondialisation ou globalisation le fait qu'une firme applique une stratégie globale en planifiant une division du travail au sein de ses filiales implantées dans plusieurs espaces nationaux, et qui appartiennent à au moins deux pôles de la triade. »

Dans un article, Daly (1999) reprenait à son tour cette idée de changement dans les modes de régulation en expliquant que la mondialisation traduit une opposition à l'internationalisation et donc une désintégration de l'espace national en tant que mode de régulation économique, au profit d'une régulation au niveau mondial. Toutefois, comme le souligne Kebabdjian (1999),

ce changement de mode de régulation n'est pas total et des caractéristiques relevant de l'un et de l'autre mode coexistent.

La lutte contre l'effet de serre illustre cette coexistence. D'un côté, les tentatives de développer des politiques nationales voire régionales ont échoué en raison des menaces de délocalisation faites par les FMN, montrant ainsi la nécessaire prise en compte dans les politiques de développement durable des contraintes extérieures, traduisant un faible degré de liberté pour les Etats. Mais d'un autre côté, les négociations dans le cadre du protocole de Kyoto sont menées par des Etats et signées par eux en engageant les firmes de leur pays, ce qui correspond à une régulation nationale ou *internationale*. De ce fait, la question centrale en matière de politique de développement durable est de savoir à quel niveau de désintégration nous sommes rendus. Jusqu'où les espaces nationaux perdent-ils de leur pertinence ? De manière récurrente, les Etats perdent-ils leur autonomie dans la définition des politiques ?

Répondre à cette question n'est pas facile cela nécessite de mobiliser des repères ou des indicateurs. Or, comme l'indiquent de nombreux auteurs, la mondialisation met en scène les mêmes acteurs que précédemment. Dans le champ de l'environnement, on retrouve les Etats, les FMN, les ONG, les Organismes Internationaux, acteurs présents depuis le début des années soixante-dix. De même, pour certains, les économies étaient davantage ouvertes avant la première guerre que maintenant (Hugon, 1999) alors que pour d'autres (l'OCDE notamment), la mondialisation se caractérise par une forte augmentation des échanges. Enfin, certains dont l'OCDE encore, considèrent l'Investissement Direct à l'Etranger (IDE) comme la principale caractéristique de la mondialisation ; alors que d'autres en faisaient une des modalités de la multinationalisation des firmes (Krugman et Obstfeld, 1998). Autrement dit, ce changement de mode de régulation correspond à un processus en cours et non un état atteint. Afin d'illustrer ces changements dans les modes de régulation, nous avons sélectionné un secteur dont l'activité a un impact important sur l'environnement : le secteur automobile.

1. La mondialisation dans le secteur automobile : quelles caractéristiques ?

Le secteur automobile est un secteur clé de l'économie puisque son dynamisme conditionne en grande partie la croissance économique d'activités en amont (sidérurgie, électronique, chimie...). Parallèlement, l'industrie automobile, responsable de divers dommages environnementaux ou nuisances tels que la pollution de l'air, le bruit ou les déchets, est un secteur sensible en économie de l'environnement. Sur le plan de la mondialisation, le phénomène devient perceptible, même si l'industrie mondiale de l'automobile reste traditionnellement concentrée autour des pays de la triade (les Etats-Unis, l'Union Européenne et le Japon) avec les trois-quarts de la production et des immatriculations mondiales. Ainsi on assiste globalement à une baisse de la production imputable à la triade de 10 % en 10 ans (83 % en 1985 contre 72,5 % en 1995). Ceci traduit l'apparition de nouveaux pays producteurs : l'Inde qui a multiplié sa production de voitures particulières par 12 entre 1980 et 1998 et la Turquie pour qui ce facteur est de 7,6 illustrent à l'extrême cette tendance. L'extension du marché de la production automobile en dehors de la triade est le reflet des politiques d'attraction des constructeurs de la triade. En effet, hormis quelques pays comme la Corée du Sud ou la Chine qui

possèdent leurs propres constructeurs, la production automobile des pays « hors triade » provient de constructeurs étrangers.

Cette politique d'attraction ou d'incitation à l'implantation que l'on observe dans la plupart des pays émergents se fonde sur le principe de substitution des importations par la production locale. Cette pratique qui existe depuis le début des années quatre-vingt dans ce secteur, connaît un intérêt croissant dans le cadre de la régionalisation (cas du Mercosur) ou dans des pays nouvellement ouverts (la Chine, l'Inde et les pays d'Europe de l'Est notamment). Par exemple, après avoir opté pour une politique d'ouverture classique par une baisse des droits de douane, passant de 30 à 20 % pour toutes les importations extérieures au Mercosur, les autorités brésiliennes ont choisi d'inciter les constructeurs automobiles étrangers à produire localement et non plus à importer. Un décret de décembre 1995 définit des droits de douane pour les constructeurs non présents industriellement au Brésil à 70 % et à 35 % pour les autres. Simultanément, les importations de biens d'équipement et de matières premières destinés à l'industrie automobile locale ont vu leurs droits de douane baisser de 90 % (CCFA, 1999). Le cas du Brésil n'est pas isolé. L'Inde, par exemple, suit la même politique en taxant les importations de véhicules à 98,8 % et seulement de 63,3 % pour les pièces. Parallèlement, l'Inde impose aux constructeurs un taux d'intégration locale de 70 % après 5 ans (CCFA, 1999).

Etant donné que les taux d'immatriculation de ces pays sont très faibles, reflétant ainsi un potentiel important, la conséquence immédiate de ces politiques est l'accroissement des projets d'implantation des constructeurs des pays de la triade dont le tableau 1 donne une illustration au Brésil.

L'accès à ces marchés nationaux à fort potentiel de croissance conduit les constructeurs à développer des stratégies d'implantation dans ces pays. A l'heure actuelle, les grands constructeurs (les 10 premiers mondiaux) produisent en moyenne 15 % de leur production totale en dehors de la triade ; ce chiffre atteignant même 32,9 % pour Volkswagen en 1998. Ce pourcentage représente une production comprise entre 1 et 1,5 millions de véhicules légers (particuliers et utilitaires), ce qui équivaut à la moitié voire aux deux tiers de la production annuelle de Renault ou de PSA.

Associée à la complexité technique et économique des activités de l'industrie automobile, cette dynamique d'implantation dans de nouveaux pays implique des évolutions structurelles de la part des constructeurs qui se justifient par la recherche permanente d'économies d'échelle. Ainsi, Clerc (1998) précise pour le secteur automobile que « la taille minimale pour que les économies d'échelle permettent de pratiquer des prix de vente analogues à ceux des producteurs en place est de parvenir à vendre 2 à 3 millions de véhicules par an. »

Les stratégies mises en place pour répondre à ces évolutions sont de deux types : les stratégies externes (prise de participation ou fusions et accords de partenariat) et internes (*remanagement*). Les acteurs de l'industrie automobile ont mis à profit l'ensemble des dispositifs de coopération possibles. Le cas le plus spectaculaire est celui des fusions/acquisitions ou simplement de prise de participation : les rapprochements entre Daimler Benz et Chrysler, Volkswagen et Rolls-Royce, Bugatti et Lamborghini, Toyota et Daihatsu, General Motors et Suzuki, Ford et Volvo, Renault et Dacia ou encore Renault et Nissan illustrent ces stratégies.

Les objectifs des constructeurs sont multiples. Par exemple, l'objectif de Renault dans sa prise de participation de Nissan consistait à acquérir une taille mondiale en accédant aux marchés américains et asiatiques, à réduire ses coûts de production par la réalisation d'économies d'échelle, à accroître sa gamme de produits et à profiter du portefeuille technologique de Nissan.

TABEAU I – EXEMPLES D'IMPLANTATIONS DES CONSTRUCTEURS AUTOMOBILES AU BRÉSIL DEPUIS 1995

Constructeurs	Montants investis en millions USD	Types d'investissement
Volkswagen	2 500	Production de la plate-forme A4 (Golf, Audi A3 et A4)
General Motors	1 200 (1995 à 1998)	Pour une usine de composants de Mogi das Cruzes
	500	Pour un autre site de production de composants dans l'Etat de Santa Catarina.
Fiat	200	Nouvelle usine pour la production des pick-ups Palio à Minas Gerais
	500	Construction d'une usine de moteurs sur le même site de Minas Gerais
	240	Destinés à l'usine d'Iveco
Renault	670 (1996 à 2001)	Augmentation de la capacité de production de l'usine de Curitiba au Brésil à 1.7 million de voitures particulières à l'horizon 2000. Compléter l'unité de fabrication de véhicule par une unité de fabrication de moteurs pour atteindre une capacité de 240 000 moteurs / an.
PSA	600	Implantation d'une unité de fabrication de voitures particulières (Peugeot et Citroën) à Porto Real dans l'Etat de Rio de Janeiro à partir de l'an 2000, d'une capacité de 100 000 unités.
Mercedes-Benz	820	Implantation d'une unité de montage de la classe A depuis février 1999 avec une capacité de production annuelle de 80 000 unités.
Chrysler	315	Implantation pour une production de 40 000 pick-up Dodge Dakota /an.
	165	Implantation en Argentine pour la production du modèle Jeep Grand Cherokee
Toyota	150	Production de 15 000 Corolla/an au nord-ouest de Sao Paulo.

Source : CCFA, Adit.

Sans aller aussi loin dans la coopération entre firmes, les accords mettent également en évidence cette stratégie de développement international. Ne serait-ce que pour les deux constructeurs français, on recense plus de 15 accords en 1998. Par exemple, PSA, dans le but d'améliorer sa distribution au Japon, a passé des accords avec Suzuki et Mazda. Elle a également signé des accords avec Ford, Toyota, Nissan, et General Motors pour fabriquer des moteurs diesel. De son côté, Renault a passé un accord avec Fiat pour une fonderie commune, avec Mitsubishi et Chrysler pour les moteurs diesel... De même, l'accord entre Renault et Daewoo Motor Co. forme une alliance pour la production de moteurs de petites cylindrées, et pour le transfert de technologies.

Des stratégies concernant les réductions de coûts sont également mises en place à travers des méthodes dites de *remanagement*. Ainsi, PSA a mis en place une nouvelle organisation de ses plates-formes en diminuant leur nombre. Il s'agit par ce moyen de multiplier les pièces communes à l'ensemble des véhicules et de dégager de substantielles économies d'échelle. De son côté, Renault modifie son organisation commerciale afin de livrer les clients en Europe dans des délais plus rapprochés (2 semaines en 2001 au lieu de 7 semaines en 1999), de diviser les stocks par deux et d'économiser un milliard de francs par an. Cette stratégie consiste d'une part à adopter un système de fabrication à la commande et d'autre part à diminuer le nombre de versions et de pièces. De ce fait, on peut considérer cette attitude comme une réponse au contexte mondialisé mais en même temps cette stratégie participe à la diffusion des idées de management dans les groupes industriels nouvellement mondialisés, et par conséquent contribue à accentuer la mondialisation des idées et des cultures (Valaskakis, 1998).

Le phénomène de mondialisation dans le secteur automobile est donc manifeste. Il s'explique en grande partie par une tendance à l'ouverture de marchés et la mise en place de zone régionale d'échanges économiques. Les FMN du secteur sont donc contraintes de procéder à des réarrangements modifiant ostensiblement les flux mondiaux de technologies.

2. Le rôle essentiel de l'innovation technologique dans le cadre de la mondialisation

De manière générale, la diffusion de l'innovation est assurée à l'échelle globale à travers les flux d'échanges. Selon l'OCDE (1997a), 75 % des transferts technologiques seraient dus aux échanges internationaux. Le canal le plus direct est celui de l'achat et de la vente de machines ou de matériaux incorporant les innovations technologiques. Plusieurs arguments viennent étayer cette thèse. Premièrement, la présence de FMN dans des pays étrangers peut faire bénéficier les firmes locales de leur innovation. Ainsi selon Blömstrom et Kokko (1998) et Blömstrom et Wolff (1994), les firmes locales ont tendance à imiter les FMN (*reverse engineering*) notamment par l'emploi de technologies innovantes. Deuxièmement, leur présence peut permettre d'alimenter le marché du travail du pays d'accueil en emplois spécialisés dans les technologies innovantes de la FMN, donc d'accroître les compétences nationales dans ces innovations. Ainsi le savoir-faire acquis pendant une certaine période par les employés d'une filiale d'une FMN peut se diffuser sur l'ensemble du marché local. Toutefois, cet argument pour qu'il soit valide, dépend largement de la politique menée par la firme et des orientations des organismes publics du pays d'accueil chargés de l'enseignement ou de la formation professionnelle. La présence des FMN dans le pays d'accueil paraît être davantage une opportu-

nité qu'une condition suffisante en matière de diffusion du savoir-faire. Troisièmement, la diffusion peut avoir lieu par la relation unissant la filiale à ses fournisseurs locaux. La demande d'inputs émanant des filiales des FMN innovantes sur le marché local peut pousser les fournisseurs locaux à adopter des standards nouveaux et innovants. C'est notamment le cas lorsque la maison mère met en place une réorganisation interne du groupe, à travers la certification par exemple.

Vis-à-vis de l'environnement, l'existence de ces nouvelles relations est considérée par certains comme un facteur assurant une diffusion mondiale des technologies propres (Warhust et Isnor, 1996). Wheeler et Martin (1992) et Blackman et Boyd (1995) ont montré à travers deux études sectorielles, menées respectivement dans l'industrie de la pâte à papier et de la sidérurgie, que plus le secteur est ouvert vis-à-vis de l'étranger, plus les technologies propres se diffusent rapidement. Deux arguments sont retenus pour valider cette relation : tout d'abord, les FMN tentent de standardiser les productions quels que soient les pays destinataires. De cette manière, les économies de gamme et d'échelle deviennent plus importantes. Par exemple, les implantations de l'industrie automobile au Brésil mentionnées dans le tableau 1 impliquent une diffusion incorporée de technologies propres. Ensuite, étant donné que les standards des pays industrialisés sont les plus pro-environnementaux, leur diffusion à travers le monde tend à généraliser ces technologies propres. Selon Johnstone (1997), 74,4 % de l'investissement direct à l'étranger (IDE), pour l'année 1994, provient des dix pays de l'OCDE ayant les normes environnementales les plus sévères.

Outre ces effets induits, l'innovation technologique a tendance à se diffuser de manière plus directe par les flux de R&D qui correspondent aux stratégies que les FMN mettent en place conjointement aux participations, fusions, alliances... Selon Barré et Papon (1993), l'IDE aurait augmenté, durant les années 80, trois fois plus vite que le commerce mondial, l'investissement général ou le PIB. Or, soulignent ces mêmes auteurs, une des principales caractéristiques de cette croissance est l'internationalisation de la R&D. Même si ce phénomène dit de *technoglobalisme* reste encore faible puisque les études montrent qu'environ 10 % seulement des dépenses de R&D d'un pays est effectué par des laboratoires étrangers, il est en nette progression. Ainsi, on comptait en 1995, 635 laboratoires de recherche américains d'origine étrangère soit un doublement de leur nombre en l'espace de dix ans (Dalton et Serapio, 1995).

On constate également depuis le début des années 90, que les transferts de technologies entre les pays de la triade et les pays dits émergents (l'Asie du Sud-Est et l'Amérique Latine) se sont considérablement accrus. L'innovation technologique revêt un caractère stratégique pour de nouveaux pays industrialisés tels que la Corée du Sud. Pour les firmes coréennes, la stratégie d'acquisitions-fusions correspond à un moyen d'acquérir de la technologie. Ainsi Lee et Chung (1997, p. 73) précisent que « les acquisitions-fusions par les firmes coréennes de firmes étrangères possédant un avantage technologique est une forme de mondialisation de la R&D tout à fait récente. (...) Dans certains cas, les conglomérats coréens ont dépensé plus de 300 millions de dollars pour acquérir des firmes qui possèdent des technologies avancées et du personnel de recherche. » C'est le cas d'AST par Samsung, Maxtor par Hyundai.

Ainsi, pour l'ensemble des observateurs, en raison de l'étroite corrélation entre les investissements en R&D dans les pays et le chiffre d'affaires réalisé dans ces mêmes pays, la variable

technologique (et derrière elle les dépenses en R&D), constitue un élément clé des stratégies des firmes et des pays.

Au delà de ces investissements par le biais de laboratoires, on assiste à une recrudescence des alliances scientifiques et technologiques. Ainsi, d'après l'OCDE (1999), leur nombre a augmenté de plus de 10 % par an entre 1980 et 1994 et 65 % d'entre elles concernent des firmes de nationalités différentes. D'autres données fournies par la *National Science Foundation* mentionnent que le nombre d'alliances technologiques, aux USA, est passé de 136 en 1980 à 587 en 1996, rien que dans le secteur des biotechnologies, des technologies de l'information et celui des nouveaux matériaux.

Ces alliances sont souvent qualifiées de stratégiques dans la mesure où elles ont pour objectif de permettre une meilleure implantation dans les zones ou pays à fort potentiel commercial. Ainsi, afin de protéger son industrie automobile face à la création massive d'usines de montage étrangères, la Chine a pris en 1995 une série de mesures pour limiter le nombre de projets de fabrication par des sociétés étrangères. Pour faire face à cette barrière, les constructeurs étrangers ont trouvé comme réplique l'achat de titres dans les principales entreprises chinoises et le développement de grands programmes de recherche. Très en avance dans ce domaine, General Motors avait prévu en mars 1995 de créer un certain nombre d'instituts de recherche en Chine et a fait don de 120 000 dollars à un centre de recherche de l'Université Qinghua à Pékin, le Delphi Automotive Systems Technology Institute. Celui-ci doit servir à fournir une assistance au développement de divers produits, ainsi qu'à l'enseignement tertiaire et la formation pour toute une gamme de systèmes et composants automobiles. L'objectif de ces programmes est de substituer les importations par des productions locales en mettant l'accent sur l'accroissement de la productivité.

Dans le domaine environnemental, les stratégies des firmes peuvent s'avérer très différentes. Elles peuvent être anti-environnementales si les centres de R&D ainsi délocalisés ont pour but d'extraire du pays d'accueil des ressources spécifiques (stratégie dite *home base augmenting*) ou pro-environnementale si la délocalisation a pour but d'adapter les technologies aux structures du pays d'accueil (stratégie appelée *home base exploiting*) (Bellitz et Beise, 1997 ; Kuemmerle, 1997).

Un des principaux résultats que nous livrent ces réflexions est que la mondialisation contribue à diffuser l'innovation technologique ; cette dernière devenant alors un facteur central de l'économie (mondiale) actuelle et surtout future. Le milieu propagateur devenant la planète entière, le statut de l'innovation technologique prend une envergure nouvelle.

Le second résultat est que rien ne semble indiquer que la mondialisation tendrait à orienter les innovations vers des technologies plus propres, même si notre étude de cas sur l'automobile paraît plutôt confirmer une liaison vertueuse à ce sujet.

II. LES APPORTS DU RAISONNEMENT EVOLUTIONNISTE PAR RAPPORT A L'INNOVATION TECHNOLOGIQUE ENVIRONNEMENTALE

Les discussions autour de la mondialisation économique et des politiques environnementales révèlent le rôle essentiel de l'innovation technologique. Malheureusement, les relations entre innovation technologique et environnement sont complexes à analyser¹. En effet, si l'innovation technologique est un élément central de la stratégie de développement des firmes, stratégie exacerbée dans le contexte de la mondialisation, son caractère pro-environnemental n'est pas garanti. Comment dans un tel contexte, expliquer le choix d'une firme pour l'emploi d'une technologie propre par rapport à une non-propre ? S'agit-il d'une volonté de démarquage par rapport à la concurrence sur un créneau porteur (par exemple l'injection directe) ? S'agit-il de générer de nouveaux marchés (par exemple les véhicules hybrides) ? S'agit-il d'une réaction à une réglementation plus sévère en matière de normes de polluants (entre autre l'accroissement du taux de recyclabilité du véhicule) ?... Quelles que soient les réponses à ces questions (Porter, 1990 ; Oates et al., 1994 ; Porter et Van der Linde, 1995), il paraît clair que l'innovation technologique est l'aboutissement d'un processus long pour lequel les choix, les orientations effectuées au sein des entreprises sont le résultat d'une combinaison entre développement scientifique, programmes de R&D, opportunités socio-économiques, réglementations, contraintes financières, économies d'échelle... (Symeonidis, 1996). Autrement dit, s'intéresser aux aspects économiques des innovations technologiques, c'est certes étudier leur nature (ou les déterminants), mais c'est aussi porter l'attention sur les processus (ou encore le rythme) qui conduisent à de tels choix c'est à dire sur le rôle des acteurs dans l'agencement des précédents critères. Ce type d'analyse nécessite un arrière plan théorique adapté qui combine les perspectives d'évolutionnisme (trajectoires, long terme, bifurcations, sélection...) couplées à une réflexion sur les institutions (réglementations, R&D, programmes de recherche...).

Contrairement aux différents courants ou corpus théoriques traitant de la technologie (théories de la croissance exogène et endogène, le courant de la dématérialisation...), l'évolutionnisme a pour objectif premier l'analyse du changement technique. Dans une optique d'économie industrielle où il trouve ses racines, l'évolutionnisme apporte en économie de l'environnement deux notions essentielles : la première, ancienne en économie, consiste à étudier les *trajectoires* dynamiques des innovations une fois qu'elles sont sélectionnées et le second, plus récent, tente d'analyser le *contexte* de sélection, les critères de choix (Freeman, 1988 ; Baslé et al., 1995). Les deux aspects sont primordiaux en économie de l'environnement car ils mettent en évidence les interrelations entre les perturbations écologiques et le développement économique (Norgaard, 1994 ; Kemp, 1997). D'un côté, l'analyse des trajectoires, illustrée par les notions de blocage (*lock-in*), de bifurcation, de changement d'échelle ou encore de long terme, met l'accent sur les effets de l'activité des firmes sur l'environnement. L'idée générale qui sous-tend ces notions est l'existence de phénomène de verrouillage (plus ou moins important) induit par la sélection d'une technologie par rapport à d'autres concurrentes. Ce verrouillage peut aussi bien avoir lieu dans le captage des flux de R&D que dans l'organisation de la filière. Par exemple, le développement de la filière des biocarburants, notamment ETBE et MTBE, nécessiterait une adaptation de tout le circuit de raffinage et de distribution des pro-

¹ Ainsi que le mentionne Turner (1999, p. 1012), « le rôle que la technologie et l'innovation devraient jouer dans toute stratégie future de développement durable est clairement une question cruciale ».

duits pétroliers, rendant le coût de production trois à quatre fois plus élevé que pour celui du pétrole. D'autre part, les changements d'échelle généralement liés à la perspective du long terme peuvent faire bifurquer les trajectoires technologiques. Ainsi, les véhicules tout en étant moins polluants qu'auparavant génèrent par leur accumulation dans les centres urbains des pollutions importantes. A terme, une remise en question de la filière essence peut avoir lieu au profit d'autres sources énergétiques. Dans le domaine du développement durable, l'analyse des trajectoires technologiques ne peut échapper à celle du contexte spécifique aux points de bifurcation c'est à dire comprendre pourquoi telle innovation est choisie plutôt qu'une autre et pourquoi à un moment plus qu'un autre. Par exemple, l'innovation que constitue le GPL était technologiquement au point dès les années 80 ; ce n'est qu'actuellement qu'elle paraît devenir une variable stratégie de différenciation commerciale. Ce n'est donc pas la technologie en tant que telle qui implique la bifurcation mais bien un changement dans l'environnement technologique. En ce sens, l'analyse contextuelle, souligne les effets de l'environnement sur l'activité innovante des firmes. Ainsi, le développement des véhicules hybrides comme substitut aux véhicules à propulsion thermique répond à la fois à un souci des autorités publiques qui re-laient une prise de conscience des utilisateurs et l'aboutissement de programmes de recherche européens (4^{ème} PCRD) ou français (PREDIT 1 et 2). De même, les réglementations sur les émissions de polluants ou sur la recyclabilité des véhicules sont étroitement liées, dans un rapport complexe, au développement technologique des firmes. Pour qu'il y ait émergence de l'innovation, il faut qu'il y ait un contexte propice pour sa diffusion. On parle à ce sujet de *résonance du marché*, ou de *milieu propogateur*, éléments qui faisaient défaut pour les véhicules au GPL il y a encore peu. Les choix technologiques sont désormais largement dépendants d'un contexte qui s'élargit, donnant une réelle opportunité à des technologies jusqu'à présent peu diffusées.

L'invention ne garantit pas la réussite de la stratégie innovante. Celle-ci, pour être sélectionnée, doit tenir compte du contexte ou plus globalement de l'environnement (pris au sens de ce qui entoure) et non de la firme seule. Les critères de sélection ne se limitent pas à la sphère marchande mais intègrent des éléments environnementaux et sociaux. Ainsi, au-delà du caractère purement évolutionniste, il nous paraît nécessaire de considérer l'innovation comme un processus sur lequel de nombreux éléments interfèrent et sur lequel les firmes mais aussi différents acteurs ont une influence. Autrement dit, l'innovation ne doit pas être perçue comme instantanée, mais comme subissant un cheminement, allant de l'invention à sa diffusion, durant lequel de nombreuses étapes qui peuvent constituer autant de contraintes, apparaissent. Celles-ci peuvent être d'ordre économique (Gaffard et Zuscovitch, 1991), institutionnel (Amable et al., 1997) voire environnemental (Faucheux, 1997). La dimension institutionnelle devient selon nous le pendant de celle évolutionniste pour comprendre les mécanismes de sélection des trajectoires technologiques en matière environnementale. Tel est d'ailleurs le contenu de la proposition du rapport Sundqvist (1990, p. 128) : « On peut définir la technologie comme un processus social qui, en répondant à des besoins réels ou imaginaires, transforme ces besoins tout comme ceux-ci la transforment. La société et le changement technique se façonnent réciproquement. L'innovation technique, tantôt sous l'impulsion d'une découverte scientifique, tantôt sous la pression de la demande, émane de système économique et social et ne constitue pas une simple adaptation à des changements déclenchés par des facteurs exogènes. »

1. Changement institutionnel et changement technologique

L'économie évolutionniste met l'accent à la fois sur la dynamique institutionnelle et le changement technologique en insistant sur le rôle joué par le gouvernement et les institutions publiques. L'objectif n'est pas d'évaluer la cohérence des formes organisationnelles mais porte sur l'orientation de l'évolution des techniques dans un contexte où les choix technologiques revêtent une importance accrue en termes environnementaux et sociaux.

Or la mondialisation, telle que nous l'avons abordée en termes de mouvement (accélération et changements structurels) dépasse la logique plutôt statique de l'approche par les défaillances du marché et s'inscrit pleinement dans celle plus dynamique du courant évolutionniste. Dans la perspective évolutionniste, innovation technologique et innovation institutionnelle vont de pair et s'influencent réciproquement. On comprend bien alors la nécessité de s'intéresser de plus près au rôle réel des institutions gouvernementales dans la mise en œuvre, la coordination et l'évaluation des politiques d'innovation technologique environnementale. Comme le rappellent Barré et Papon (1993), « Le développement de la science et de la technologie obéit en quelque sorte à un modèle dans chaque pays qui est l'héritage d'une longue tradition socioculturelle et politique. Les idéologies et les valeurs dominantes conditionnent très largement le comportement d'une société et des classes dirigeantes vis à vis du progrès scientifique et technique. Les institutions (organismes publics, universités, système scolaire, etc.), les entreprises, les corps constitués, etc., reflètent dans leur histoire et leur comportement ces idéologies et ces valeurs. Ils ont aussi leur dynamisme propre et leur inertie qui ne vont pas non plus sans influencer le cours de la science et le progrès technologique. »

L'approche par les Systèmes Nationaux d'Innovation (SNI) permet justement le rapprochement entre changement institutionnel et changement technologique. C'est pourquoi nous privilégions cette approche que nous allons tenter d'appliquer aux innovations technologiques environnementales. Auparavant, il nous semble important de nous attarder sur cette approche afin de bien en comprendre la genèse et l'utilité pour notre propos.

2. Les Systèmes Nationaux d'Innovation : définition et évolution du terme

L'expression « SNI » est apparue à la fin des années quatre-vingt à peu près simultanément chez Lundvall et Freeman¹. Tous deux s'accordent cependant pour reconnaître dans l'ouvrage de Friedrich List, *Le Système National de l'Economie Politique* (1841), les premières intuitions du SNI. Au début des années quatre-vingt dix, l'expression a connu une rapide diffusion et a très vite été relayée par de nombreuses publications dans le champ de l'économie industrielle (Lundvall, 1992 ; Nelson, 1993, Baslé et al., 1995). Dès lors, un grand nombre de définitions ont été proposées pour donner une substance aux SNI. Un simple retour sur l'expression « Systèmes Nationaux d'Innovation » paraît important à ce stade.

Les Systèmes Nationaux d'Innovation sont des systèmes composés de multiples éléments et relations qui interagissent sur la production, la diffusion et l'usage des connaissances dans le

¹ Suivant Freeman (1995).

cadre d'une nation, c'est à dire d'un Etat-Nation (au sens politique plus que culturel). La dimension institutionnelle est alors primordiale, car bien souvent, l'échelle nationale définit les structures propres à l'émergence, à la coordination et à la diffusion des innovations. Par système, il est fait explicitement référence à la théorie évolutionniste où la connaissance et l'apprentissage sont des activités sociales ; où les effets de causalité cumulative, de reproduction et de feed-back sont présents. Un SNI peut alors être conçu comme un système social et dynamique (Lundvall, 1992).

En somme, un SNI peut être défini de façon large – il inclut alors tous les aspects économiques et institutionnels affectant la structure d'apprentissage, de recherche et de diffusion des connaissances comme des techniques – ou plus étroite – il n'inclut alors que les institutions et structures en charge de l'apprentissage, la recherche et la diffusion des connaissances et techniques. Dès lors, suivant l'optique privilégiée par les auteurs dans leur analyse des SNI, on retrouvera ce clivage entre approche large et étroite. La définition retenue par l'OCDE (1997b, p. 7) résulte typiquement d'une approche étroite : « L'approche par les systèmes nationaux d'innovation souligne que les flux de technologie et d'information entre les entreprises, les institutions et les gens qui y travaillent, sont les facteurs clés du processus d'innovation. Le développement technologique et l'innovation sont le résultat d'un arrangement complexe de relations établies entre les acteurs du système, incluant aussi bien les entreprises, les universités et les instituts publics de recherche. »

De même, les méthodes d'approche des SNI sont très variées selon qu'il est mené une comparaison internationale (Nelson, 1993), que l'on s'attache à un secteur privilégié et bien sûr selon la définition retenue des SNI.

Bien que sujette à de nombreuses variantes, l'approche par les SNI permet une prise en compte des enjeux politiques et technologiques posés par l'apparition de la mondialisation économique dans le contexte des politiques de développement durable. Les formes traditionnelles de la politique scientifique et technologique sont en effet remises en cause par l'accélération de la diffusion internationale des normes, règles et standards environnementaux, *via* les produits qui s'échangent sur des marchés en ouverture croissante. Dès lors, l'innovation technologique environnementale, qui devient un facteur de différenciation des produits et des procédés, tend à pousser les coopérations intra-nationales et internationales dans les domaines de la recherche publique et privée. L'approche par les systèmes nationaux d'innovation, qui entend fournir un cadre d'analyse pour les dynamiques du changement structurel et technologique devient alors un outil permettant d'appréhender les changements survenus dans le cadre de la politique scientifique et technologique des Etats-Nations.

3. Les critiques formulées à l'approche par les SNI et leur réponse

Plusieurs critiques ont souligné le peu de cohérence d'un raisonnement en termes de systèmes nationaux pour traiter de l'innovation technologique dans un univers sans cesse plus globalisé. Comme le font justement remarquer Nelson et Wright (1992, p. 1961), « Les frontières nationales ont beaucoup moins de signification qu'elles n'en ont eu par le passé, compte tenu du flux de technologies, du moins parmi les nations qui ont consenti à investir dans le domaine

de l'éducation et de la recherche. » Certains auteurs, à l'instar de Amable et al. (1997), préfèrent parler de *Systèmes Sociaux d'Innovation* afin de ne pas faire apparaître la dimension territoriale des SNI. S'agissant des systèmes d'innovation, ces auteurs affirment : « Il n'est pas évident que ces systèmes opèrent encore tous sur une base nationale, puisque certains peuvent s'épanouir au niveau directement international, d'autres au contraire trouver leur efficacité dans l'équivalent de districts industriels. Voilà pourquoi la notion de Système Social d'Innovation (SSI) a été préférée à celle de SNI, puisqu'elle laisse ouverte la question de l'espace dans lequel opère ce système. » Cependant, envisager le processus d'innovation à l'échelon national permet de mieux comprendre à la fois le complexe politico-administratif et institutionnel propre à chaque pays dans le domaine scientifique et technique et d'appréhender les particularismes de chacun des modèles afin de mener une comparaison, quitte à observer le cas échéant un rapprochement desdits modèles qui serait la manifestation de la mondialisation précédemment soulignée. Car, malgré l'effritement progressif des frontières économiques, la culture et les valeurs ont toujours un impact sur la manière dont l'innovation technologique émergera, se diffusera et sera finalement adoptée par les consommateurs. Lundvall (1992) donne lui-même plusieurs arguments à l'analyse des systèmes nationaux d'innovation dans le contexte de l'internationalisation de l'économie et de la régionalisation des compétences. De nombreux auteurs indiquent que les systèmes régionaux de production, les districts industriels et les districts technologiques jouent un rôle de plus en plus important. En outre, les deux tendances seraient interconnectées et se renforceraient mutuellement ; certains affirmant même que la mondialisation trouverait ses racines dans le renforcement des réseaux régionaux et des districts technologiques (Camagni, 1990 ; Porter, 1990 ; Vence, 1997). Mettre l'accent sur le rôle des systèmes régionaux d'innovation dans le processus de diffusion transnationale des technologies permet en outre de donner une opportunité aux régions les moins avancées de s'inscrire dans ce mouvement de mondialisation sans être systématiquement les grands perdants du processus. Cette implication se réalise via le phénomène d'intégration régionale, où les initiatives combinées de plusieurs Etats-nations se rejoignent dans un même mouvement. Un argument supplémentaire venant plaider en faveur d'une approche à l'échelle nationale est que les politiques, aussi bien économiques, agricoles ou environnementales (toutes très liées aux innovations technologiques), ont encore une certaine inertie du point de vue des décisions politiques et réglementaires, sur le plan national. Enfin, le cadre de la politique nationale demeure propice lorsque l'on considère les négociations internationales dans le domaine de l'environnement. Ainsi, même si la Communauté européenne propose souvent une position commune pour ces questions, chacun des pays dispose d'un suffrage dans les négociations internationales.

4. L'évolution des SNI français et américain et la place de l'environnement dans ces SNI

Malgré toutes ces critiques, l'approche par les SNI permet de comprendre la genèse des innovations et de les resituer dans leur contexte politique et institutionnel. Cette approche permet également de mieux comprendre la nature des innovations (radicales, incrémentales) mais aussi les bifurcations et changements de trajectoires en insistant sur le poids du contexte de développement et de diffusion de ces dernières. Sans entrer dans les détails de l'exposé des SNI français et américains, il est important de souligner combien l'engagement dans un processus d'innovation technologique est dépendant des priorités nationales de R&D mises en

avant par les organes chargés de la sélection, la coordination, l'évaluation et la valorisation des recherches.

Si les technologies respectueuses de l'environnement sont devenues, à côté des NTIC (Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication) et des biotechnologies, les fers de lance des politiques nationales d'innovation technologique dans les pays de l'OCDE, l'approche par les SNI peut permettre de donner des éléments d'explication de ce phénomène. Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, l'industrie d'armement et de défense a accaparé une grande part des dépenses publiques de R&D, dans un contexte diplomatique marqué par la guerre froide. Le SNI américain, par exemple, a reposé durant près de cinquante ans sur un rapport présenté en 1945 au président des Etats-Unis par Vannevar Bush intitulé *Science : The Endless Frontier*. L'auteur exprimait alors la nécessité d'une relation linéaire entre recherche fondamentale et recherche appliquée – la recherche fondamentale devant servir au développement industriel et militaire. Les choix opérés en matière d'innovation dans le domaine de l'énergie répondaient à une optique de défense nationale et de capacité d'autonomie énergétique, cruciales en cas de conflit armé – les grands programmes nucléaires français répondant aux mêmes objectifs (Bourgeois et al., 2000). De plus, cette tendance s'est renforcée dans les années 70 avec les deux chocs pétroliers de 1973 et 1979. Cependant, depuis la fin de la guerre froide, les priorités nationales en matière d'innovation technologique se sont davantage tournées vers la préservation de l'environnement comme en témoignent la création de l'ADEME en France (1990) ou la constitution de nombreux organes consultatifs placés auprès du président des Etats-Unis (PCSD¹, White House Climate Change Committee, création d'une Direction Environnement à l'OSTP).

Ce changement de perspective ne conduit cependant pas à une remise en cause des priorités de défense nationale, la dépendance énergétique et la perte de pouvoir économique demeurant des motifs essentiels de défense des intérêts du pays. Un rapport présenté au Congrès américain en septembre 1998 réaffirme le rôle fondamental de la science dans la politique américaine. Ce rapport, dont le titre est évocateur, s'intitule *Unlocking Our Future. Toward a New National Science Policy*². Il explique que les découvertes scientifiques et les avancées technologiques participent de la compétitivité du pays tout entier et ouvrent de nouveaux horizons. L'Etat Fédéral américain doit alors jouer un rôle moteur dans le soutien à la recherche et à la technologie. Dans ce contexte, le renforcement des réglementations nationales et internationales en faveur de la protection de l'environnement donne aux technologies respectueuses de l'environnement une portée stratégique évidente. En promouvant le développement de ces technologies, les Etats-Nations, via leurs industries, s'émancipent de la contrainte énergétique extérieure (moindre dépendance à l'égard des pays de l'OPEP) et tachent de devancer les standards pro-environnementaux qui se diffusent mondialement en développant les technologies les plus avancées (pots catalytiques, essence sans plomb, MTBE, véhicules électriques, véhicules hybrides). Les retombées économiques liées à l'adoption des technologies répondant à ces standards sont considérables. Il n'est donc pas étonnant de voir fleurir des partenariats entre industrie et organismes publics de recherche au sein des Etats-Nations – partenariats le plus souvent organisés par les pouvoirs publics.

¹ <http://www.whitehouse.gov/pcsd>

² http://www.whitehouse.gov/science/science_policy_report.htm

III. LES SYSTEMES NATIONAUX D'INNOVATION : VERS UN RAPPROCHEMENT PUBLIC / PRIVE A TRAVERS LES GRANDS PROGRAMMES : L'EXEMPLE DE L'AUTOMOBILE

De fait, sous la pression de la mondialisation, le gouvernement américain a commencé dès la fin des années quatre-vingt à lancer de grands programmes reposant sur le partenariat entre secteur public (au travers des ministères avant tout) et secteur privé (essentiellement les industries) et destiné à affirmer la position concurrentielle des Etats-Unis dans le secteur des technologies respectueuses de l'environnement : *Environmental Security Technology Certification Program (ESTCP)*, *Technology for a Sustainable Environment*, *Partnership for a New Generation of Vehicules (PNGV)*, *Utility Technologies*, *Industrial Technologies*, *Building Technologies*, *Alternative Fuels*, *Environmental Technology* (Fukasaku, 1998). La constitution de Réseaux de Recherche Technologique en France (RENATER, PREDIT 1 et 2 et maintenant RITEAU) répond aux mêmes attentes. De part et d'autre de l'Atlantique, ces partenariats public-privé se renforcent et se multiplient. Mais chaque pays dispose d'un SNI qui lui est propre et la comparaison de deux programmes dans le secteur des transports et de l'automobile (PREDIT en France et PNGV aux USA) nous permet de mieux mettre en relief les particularités de chacun des deux systèmes et leurs points de convergence.

1. Un programme de recherche américain : l'exemple du PNGV

Les projets de R&D américains concernant les technologies liées à l'environnement ont souvent été critiqués pour leur manque de coordination. Un rapport de l'OTA (1994) remarquait que bien peu d'efforts avaient été faits en ce sens de la part des grandes agences gouvernementales (EPA notamment) et que ces dernières n'avaient pas su développer le nécessaire dialogue permettant de relier les problèmes environnementaux, les futures réglementations environnementales et les technologies aptes à résoudre ces problèmes. Selon l'OTA, le système américain de R&D s'est focalisé durant la guerre froide sur les questions liées à la défense nationale, reléguant à un second plan la R&D consacrée à d'autres domaines, notamment celui des technologies propres. Ces choix politiques ont constitué une orientation technologique vers les technologies à visée militaire impliquant un phénomène de blocage jusqu'à la fin de la guerre froide. Les grands programmes américains de développement des technologies propres instaurés à l'issue de cette période constituent une bifurcation.

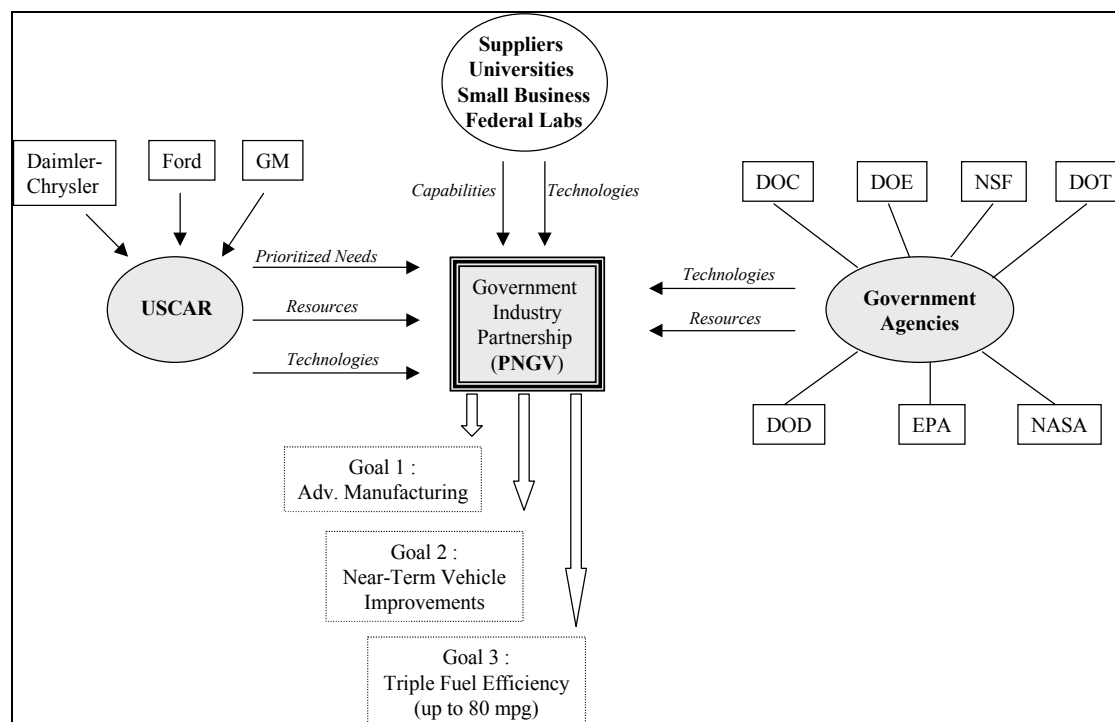
Ces grands programmes, conduits par les principaux ministères concernés couvrent l'ensemble de la R&D relative à la protection de l'environnement. Plus spécifiquement, dans le domaine de l'automobile, le programme phare est intitulé PNGV (*Partnership for a New Generation of Vehicules*). La description rapide de ce programme nous permet de comprendre la manière dont les innovations technologiques dans ce domaine émergent et sont soutenues depuis la recherche fondamentale jusqu'au développement de prototypes et la commercialisation en série.

Le PNGV est un programme de recherche initié par le ministère du commerce américain en septembre 1993. Ce programme, d'une durée de dix ans, regroupe trois types d'acteurs : les organismes publics, les laboratoires de recherche et les constructeurs automobiles. Le schéma

suivant montre le nombre des organismes publics concernés par l'animation de ce programme. La coordination de ce programme est une de leurs prérogatives, notamment celle du DOC. Le financement et les orientations technologiques sont assurés en partie par eux. Les laboratoires sont également intégrés au processus en ayant pour rôle d'effectuer à proprement parler la R&D et à ce titre sont directement en relation avec les constructeurs. Ils bénéficient des moyens engagés dans le programme. Enfin, les trois constructeurs automobiles américains, General Motors, Chrysler et Ford sont regroupés au sein du consortium *USCAR* (*United States Council for Automotive Research*). Le rôle de ces acteurs est central puisqu'au-delà des budgets financiers auxquels ils contribuent, ils définissent les besoins prioritaires en matière technologique.

Le passage de l'étape 1 à la 2 voit donc s'opérer un changement dans la conduite de la R&D. Dans la première étape, les activités de R&D sont collectivement menées sous la responsabilité des agences gouvernementales, initiatrices du PNGV. Par contre, lors de la deuxième étape, ce sont les constructeurs et leurs partenaires privilégiés en matière de R&D qui coordonnent les travaux, s'appropriant les innovations. Toutefois, le rôle des agences gouvernementales et des laboratoires associés ne s'est pas estompé durant cette période. Il a consisté à poursuivre et à concentrer leurs efforts de R&D autour des innovations dont le développement était à l'époque encore incertain (pile à combustible, véhicule hybride...).

FIGURE 1 – L'ORGANISATION DU PNGV AMERICAIN



Source : NRC (1998).

La troisième étape, en cours actuellement, consiste à traduire ces concepts en prototypes pour 2004 en y incorporant les résultats de la R&D qui ont émergé durant la phase 2.

Concernant les aspects financiers, le PNGV repose sur le partage des coûts. En amont des recherches, les dépenses sont couvertes plutôt par des dépenses publiques alors qu'au fur et à mesure que les recherches parviennent au stade du développement se substituent aux premières des dépenses privées. Cette répartition s'explique de la manière suivante : en 1993, les innovations recensées étaient encore au stade de la recherche, elles n'étaient que potentielles. Autrement dit, d'un côté elles nécessitaient d'importantes dépenses pour parvenir à un stade de développement et de l'autre n'engendraient pas de concurrence à court terme entre les firmes. Les budgets proviennent alors de fonds publics. Les dépenses occasionnées durant cette période étaient évaluées à environ 300 millions de dollars par an. Au fur et à mesure que ces innovations sont développées par les firmes, elles deviennent partie intégrante des stratégies des constructeurs. Dans cette phase, les budgets alloués proviennent davantage des firmes. Les dépenses publiques pour le PNGV ont ainsi baissé de 25 % entre 1997 et 1998, date de changement d'étape (NRC, 1998).

2. L'exemple du PREDIT

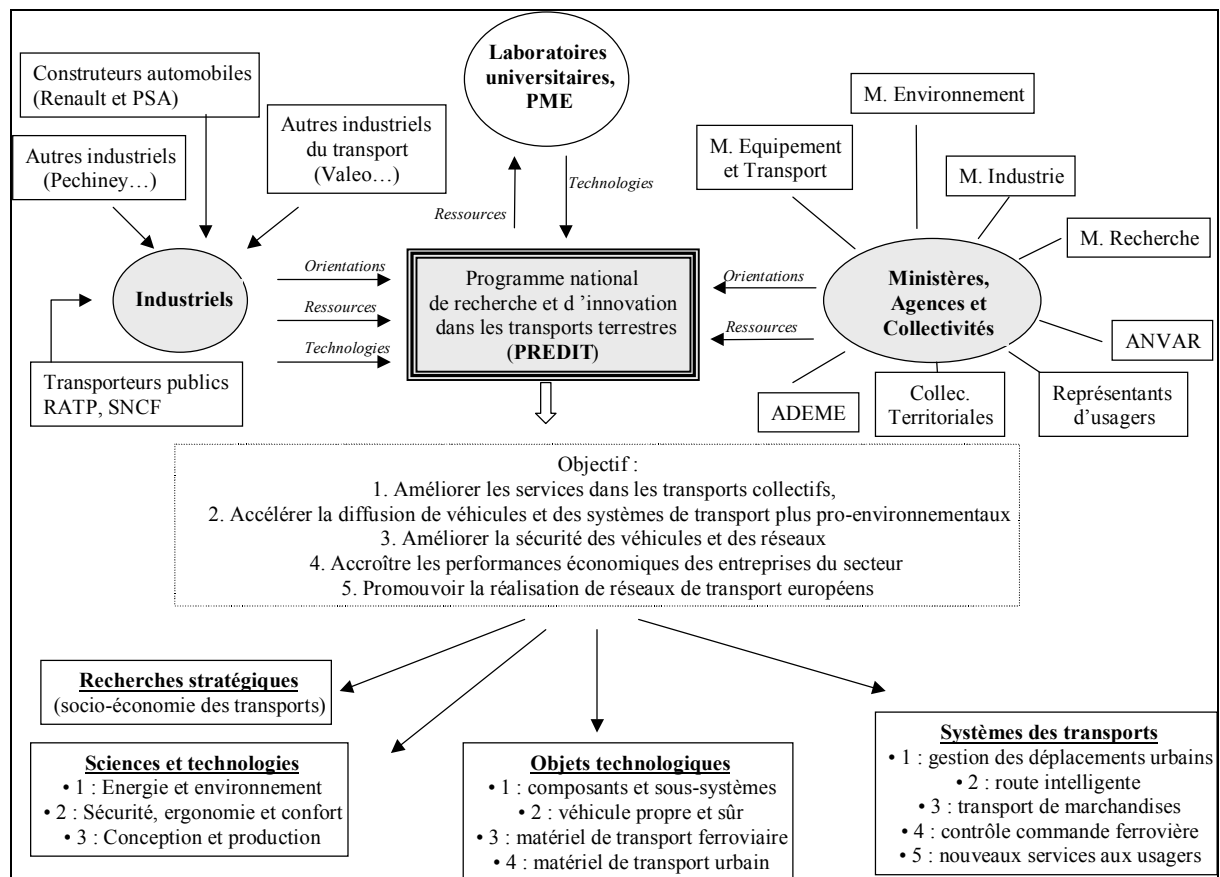
L'étude du SNI français permet aussi de mettre en évidence le rôle joué par le partenariat public-privé dans les choix et le contexte de choix des innovations technologiques. A l'instar du PNGV américain, la France développe actuellement un grand programme à travers le PREDIT (Programme national de recherche et d'innovation dans les transports terrestres).

Historiquement, le partenariat public/privé français dans le domaine des transports existe de manière systématique depuis 1983. Intitulé initialement PRDTTT (Programme de Recherche et de Développement Technologique dans les Transports Terrestres, 1983-1988), ce partenariat de R&D qui a pris le nom de PREDIT 1 (1990-1994) puis PREDIT 2 (1996-2000) couvre un domaine plus large que le PNGV. Ces trois programmes, initiés par les ministères français chargés des transports, de l'industrie, de la recherche, de la technologie et de l'environnement, visent à soutenir l'effort de recherche dans les domaines des transports routiers et ferroviaires, des transports publics de voyageurs et de marchandises et en matière de déplacements en milieu urbain.

L'actuel programme poursuit cinq objectifs : (i) développer la qualité de service dans les transports collectifs afin de les rendre plus accessibles, plus confortables, plus fiables et d'apporter une meilleure information multimodale aux usagers ; (ii) accélérer la mise sur le marché de véhicules ou de systèmes de transport plus propres, moins bruyants et plus économes en énergie ; (iii) accroître globalement la sécurité des véhicules et des réseaux, notamment dans le domaine routier ; (iv) améliorer les performances des entreprises françaises sur les marchés internationaux, en réduisant notamment le coût des matériels et des systèmes d'exploitation ; (v) promouvoir la réalisation des grands réseaux de transport européen en harmonisant leurs conditions d'exploitation et en veillant à leur bonne insertion dans le paysage¹.

¹ <http://www.predit.prd.fr/>

FIGURE 2 – L'ORGANISATION DU PREDIT FRANÇAIS



Source : <http://www.predit.prd.fr/>.

On retrouve dans le programme PREDIT les trois grands acteurs : industriels, administrations, laboratoires de recherche. D'autres acteurs sont également représentés, comme les collectivités territoriales (Port autonome de Marseille, Communauté urbaine de Brest...), les représentants d'usagers (Fédération nationale des associations d'usagers...) et les autres industriels dépendant de manière plus ou moins directe du secteur du transport (voir la figure 2).

Si les grandes orientations tels que le découpage en groupes thématiques et axes de recherche ont été décidées dès le lancement du programme, les projets ont été sélectionnés sur le mode de l'appel d'offre public ou sur propositions, conférant ainsi un statut de « guichet » au programme PREDIT. C'est d'ailleurs essentiellement à ce niveau que les laboratoires de recherche et les PME-PMI interviennent. Les membres des groupes thématiques ont pour objectif d'effectuer le suivi des projets et leur valorisation.

Sur le plan financier, le PREDIT fonctionne également sur le partage des coûts. Il est doté d'un budget global sur cinq ans de 7,32 millions de francs dont les deux tiers sont financés par les industriels.

3. Éléments d'analyse comparée des SNI français et américains

L'analyse comparée des deux systèmes de coopération public/privé en matière d'innovation technologique environnementale dans le secteur automobile permet de déceler deux spécificités très nettes : la première concerne le champ couvert par les deux programmes. Le PREDIT intègre la complexité des relations individu / transport en accordant une place non négligeable à la dimension sociétale de l'automobile (transports publics, infrastructures, sciences sociales...). Cette dernière est absente du PNGV qui se concentre sur l'automobile en tant que produit économique à forte composante technologique. La seconde spécificité qui n'est pas sans lien avec la première, est relative à l'objectif assigné par chacun des deux programmes. Le PNGV se structure autour de la recherche de compétitivité des constructeurs américains sur le plan international et en fait son objectif ultime puisque la réalisation de véhicules nouveaux est la finalité du programme. *A contrario*, ce souci d'efficacité économique n'est pas une priorité dans les objectifs du PREDIT.

Ces deux caractéristiques concourent à inscrire la démarche française dans une perspective de veille à long terme, sensible aux enjeux de sociétés et de la place des transports dans les conditions de vie des individus. La démarche américaine est sensiblement portée vers un soutien à l'industrie en prenant en charge le surplus des coûts privés issus de l'effet externe positif que représente le progrès technique.

Toutefois, aussi diverses que soient les approches, la sélection des innovations porte sur les mêmes technologies. La pile à combustible, l'hybride, l'injection directe et la réduction de la masse des véhicule sont les quatre domaines technologiques ou technologies en tant que telle qui focalisent l'attention. On constate en outre que ces innovations sont de type intégré dans la mesure où elles nécessitent des changements importants dans la construction du véhicule (moteur et carrosserie). Contrairement aux innovations *end-of-the-pipe*, celles-ci sont de nature plus complexe et expliquent en partie l'importance pour les firmes de partager les coûts. Bien que des arguments d'économies d'échelle à long terme et d'opportunités offertes par le marché des véhicules propres viennent expliquer le choix opéré par les constructeurs en faveur de ces quatre domaines technologiques, il est surprenant de constater le rapprochement des choix technologiques dans deux pays aux cultures proches mais néanmoins distinctes. Nous pouvons faire l'hypothèse que l'organisation institutionnelle des politiques scientifiques et technologiques, à travers des grands programmes de partenariat entre recherche publique et industrie, conduirait à sélectionner des options technologiques semblables ou proches.

4. Bilan par rapport à la mondialisation et aux autres secteurs

Bien au delà des exemples tirés des domaines du transport et de l'automobile en France et aux Etats-Unis, les tendances relevées sont corroborées dans un ensemble d'autres pays de la triade où des expériences similaires de rapprochement entre recherche publique et industrie sont engagées (Cerventés, 1998). Ainsi, dans le domaine des technologies propres et économes, les Etats-Unis ont développé un ensemble de programmes en partenariat couvrant une très large gamme de secteurs d'activité. Le rôle du gouvernement fédéral y est déterminant

puisque la coordination des activités de R&D en partenariat est très souvent assurée par les ministères (voir tableau ci-dessous pour un aperçu de quelques programmes récents).

TABEAU II – QUELQUES EXEMPLES DE PROGRAMMES DE RECHERCHE DEVELOPPES ET/OU SOUTENUS PAR LES « DEPARTMENTS » EN INNOVATION TECHNOLOGIQUE ENVIRONNEMENTALE

PROGRAMME DE RECHERCHE	ORGANISMES PUBLICS CONCERNES	SECTEURS CONCERNES
Environmental Security Technology Certification Program (ESTCP)	DOD	Défense, reconversion des industries militaires et de la défense
Technology for a Sustainable Environment	NSF & EPA	Industrie chimique
Utility Technologies	DOE (Office of Utility Technologies)	Electricité, photovoltaïque
Industrial Technologies	DOE (Office of Industrial Technologies)	Sidérurgie, aluminium, industrie chimique, produits forestiers, verre, métallurgie...
Building Technologies	DOE (Office of Building Technology)	Construction, bâtiment
Alternative Fuels	DOT	Carburants, automobile
Environmental Technology	DOC (Sea Grant)	Agro-alimentaire, biotechnologies

Par ailleurs, l'ensemble des pays de l'OCDE possède une gamme étendue de partenariats dans les domaines liés aux technologies propres comme par exemple au Japon (New Sunshine Programme, Research Institute of Innovative Technology for the Earth, Waste Management and Recycling Technology R&D...), au Royaume-Uni (Programme LINK, UK Technology Partnership Initiative), ou encore au Canada (Partenariat technologique Canada, Programme de développement et de démonstration technologiques...). L'Union Européenne, par l'intermédiaire de ses programmes cadres de R&D (PCRD), fournit également aux pays membres une source importante de financement et de coopération.

La raison du succès de ces partenariats a souvent été identifiée dans les fondement micro-économiques de l'innovation technologique (Guellec, 1999). Les concepts d'externalité et de coût irrécouvrables tiennent ici une place indéniable, notamment en raison de la logique de long terme inhérente au développement durable. De plus, la mondialisation, notamment par le déploiement des firmes sur de nouveaux marchés et par les nombreux accords de participations accélère la diffusion des innovations et de ce fait réduit la rente de l'innovateur. La coopération institutionnalisée devient dans le domaine de l'environnement et dans le contexte de la mondialisation une caractéristique essentielle des politiques de R&D des firmes. Cette approche par les SNI nous montre ainsi que l'Etat est appelé à conserver ce rôle primordial dans la conduite et le co-financement de ces programmes de coopération. On retrouve cet état d'esprit dans la philosophie du PNGV : « au-delà des échéances du PNGV, le gouvernement devrait initier le développement de technologies à long terme et hautement risquées dans le

domaine de la consommation énergétique des véhicules et de leurs émissions de polluants. Le développement de ces nouveaux véhicules sera essentiel dans les problématiques du changement climatique, du maintien de la compétitivité nationale et de la balance des paiements du pays. »¹

Toutefois, la confrontation de cette logique coopérative des SNI au contexte de mondialisation conduit à se poser la question des degrés de liberté des pays en développement.

5. L'Innovation technologique environnementale dans le secteur automobile et les pays en développement : une discussion

Si nous avons souligné l'importance des partenariats public/privé dans l'élaboration des innovations technologiques environnementales dans les pays de la triade, le contexte de mondialisation et de diffusion de ces technologies nécessite dorénavant une réflexion sur l'impact de ces évolutions dans les relations nord-sud.

D'une part, d'un point de vue économique, la question de la solvabilité des pays en développement entre en jeu. Nous avons déjà souligné combien les innovations technologiques environnementales dans le secteur automobile engendraient des coûts supplémentaires lors de la fabrication des véhicules. Les habitants des pays en développement pourront-ils bénéficier d'un transfert de technologies propres ainsi que la tendance à la diffusion des innovations que nous avons précédemment soulignée dans le contexte de la mondialisation pourrait le laisser supposer ? Cela semble peu probable à court et moyen terme. Bien plus, l'accroissement escompté du parc automobile dans les pays en développement risque de se faire par l'importation de véhicules d'occasion en provenance des pays de la triade. Les chiffres du commerce extérieur français des voitures particulières d'occasion viennent étayer cette hypothèse. En effet, depuis la fin des années quatre-vingt, le volume des exportations de véhicules d'occasion vers l'Afrique est passé de 5 375 en 1988 à 35 088 en 1998². Les exportations de véhicules d'occasion vers l'Algérie, si elles représentent une part importante de ces exportations, ne sauraient être comparées aux exportations vers les autres pays d'Afrique. En effet, tandis que les exportations vers l'Algérie concernent surtout des véhicules récents (moins de 4 ans), la moyenne d'âge des véhicules exportés vers les pays d'Afrique sub-saharienne est beaucoup plus élevée. Ainsi, en Côte d'Ivoire, suite à la libéralisation du marché, les importations de véhicules d'occasion, appelés les « au revoir la France » par les ivoiriens affluent en masse. Ces véhicules sont âgés en moyenne de 12 ans et affluent à un rythme de 2000 unités par mois contre 400 unités par mois pour les véhicules neufs³. Ces chiffres donnent la mesure du potentiel de développement des parcs automobiles des pays en développement et les risques de transferts des technologies devenues obsolètes ou trop polluantes en regard des normes environnementales des pays du nord.

¹ NRC – National Research Council (1998, p. 13).

² CCFA (1997, p. 17) et CCFA (1999, p. 19). Le volume total des exportations de véhicules d'occasion s'élevait à 81 000 unités en 1998 (CCFA, 1999, p. 17).

³ Données recueillies auprès du CCFA.

D'autre part, d'un point de vue à la fois économique et technologique, on ignore quel impact l'adoption de technologies ayant recours à de l'énergie électrique (véhicules hybrides, électriques) et non plus fossile pourrait avoir sur le solde des échanges extérieurs des pays du sud exportateurs de pétrole et de matières premières. La recherche de véhicules de moins en moins polluants, où le poids joue un rôle déterminant pourrait de ce fait limiter les importations de matières premières en provenance des PVD au profit de nouveaux matériaux, plus légers élaborés à partir de l'industrie chimique occidentale. Le positionnement des PVD exportateurs de matières premières minérales et fossiles tendrait-il alors à pousser à l'adoption de standards pro-environnementaux ?

Enfin, d'un point de vue institutionnel, il est légitime de s'interroger sur la politique d'innovation que les pays en développement peuvent impulser. En effet, si la formation initiale et la mise à niveau des compétences pour la maintenance et la réparation des futures générations de véhicules s'avère déjà délicate pour les pays de la triade, quelle est la marge de manœuvre des pays en développement ? Si ces pays adoptent de nouveaux types de véhicules issus des technologies respectueuses de l'environnement, n'en deviendront-ils pas d'autant plus dépendants des ingénieurs des pays de la triade ?

Toutes ces questions, sans sous-estimer l'impact des innovations technologiques environnementales dans le secteur automobile, soulignent les risques liés à un accroissement supplémentaire du fossé existant entre le nord et le sud. Dans une perspective de développement durable, il importe de se soucier du devenir des automobiles produites par le passé et des impacts pour la santé et pour l'environnement des initiatives tendant à accentuer les écarts de niveaux de vie dans un monde à deux vitesses.

CONCLUSION

L'étude des relations complexes entre firmes et Etats dans le contexte de la mondialisation économique, nous a permis de mettre en avant les facteurs économiques et institutionnels qui gouvernent le déroulement de la R&D dans un secteur clé de l'économie : l'industrie automobile. Ainsi, même si chaque SNI a ses propres caractéristiques il semble que les partenariats public-privé pour le développement de programmes de recherche à moyen et long terme soient devenus le mode de coordination privilégié. Les technologies respectueuses de l'environnement dans le secteur automobile, ne constituent qu'un exemple parmi d'autres. Ceci nous amène à la conclusion que loin de réduire les modes nationaux de régulation, la mondialisation peut parfois conférer aux Etats un degré de liberté supplémentaire dans la conduite de leurs politiques de développement durable. Toutefois, nous mettons l'accent sur le danger qu'il y aurait à poursuivre aveuglément des stratégies d'innovation radicale à fort contenu scientifique et technologique sans assurer un transfert aux pays « laissés pour compte » de la mondialisation. Finalement, la question de l'appropriabilité des technologies développées par les firmes du nord, dans les pays du sud demeure cruciale. Aux politiques d'incitation à l'innovation technologique environnementale devrait être combinée une politique de soutien aux compétences scientifiques et technologiques des pays en développement. Le

concept de SNI pourrait alors devenir un indicateur de développement durable pour ces pays afin de mesurer leur potentiel d'appropriation du progrès technique.

LISTE DES ABREVIATIONS

CCFA : Comité des Constructeurs Français d'Automobiles
DOC : Department of Commerce (Ministère Américain du Commerce).
ETBE : éthyl-tertio-butyl-éther
FMN : Firmes Multinationales
GPL : Gaz Pétrole Liquéfié
IDE : Investissement Direct à l'Etranger
MENRT : Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie
MTBE : Méthylterbutyléther
NSF : National Science Foundation
NSTC : National Science and Technology Council
NTIC : Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication
OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique
ONG : Organisation Non Gouvernementale
OSTP : Office of Science and Technology Policy
OTA : Office of Technology Assessment
OPEP : Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole
PCAST : President Committee of Advisors on Science and Technology
PCSD : President Committee of advisors on Sustainable Development
PCRD : Programme Cadre de Recherche et Développement
PIB : Produit Intérieur Brut
PNGV : Partnership for a New Generation of Vehicules
PREDIT : Programme national de recherche et d'innovation dans les transports terrestres
PSA : Peugeot Société Anonyme
R&D : Recherche et Développement
RENATER : Réseau National de Télécommunications pour la Technologie.
RITEAU : Réseau de recherche et d'Innovation Technologique Eau et technologies de l'environnement.
SNI : Système National d'Innovation
USCAR : United States Council for Automotive Research
USDA : US Department of Agriculture

BIBLIOGRAPHIE

- AMABLE B., R. BARRE et R. BOYER, 1997, *Les systèmes d'innovation à l'ère de la globalisation*, Economica, Paris.
- BARRE R. et P. PAPON, 1993, *Economie et Politique de la Science et de la Technologie*, Hachette, Paris.
- BASLE M., D. DUFOUR, J-A. HERAUD et J. PERRIN (s.l.d. de), 1995, *Changement institutionnel et changement technologique*, CNRS Editions, Paris.
- BELITZ H. et M. BEISE, 1997, « Internationalisation of R&D in Multinational Enterprise : The German Perspective », *In* : Barel R. (Ed.), *Investment and the Diffusion of Technology in Europe*, Cambridge University Press, Cambridge.
- BLACKMAN A. et J. BOYD, 1995, « The Usefulness of Macroeconomic Statistics in Explaining International Differences in the Diffusion of Process Innovations : A Note », *Resources for the Future Discussion Paper*, n°95-10, January, 11 p.
- BLOMSTRÖM M. et A. KOKKO, 1998, « Multinational Corporations and Spillovers », *Journal of Economic Surveys*, 12(3), July, pp. 247-277.
- BLÖMSTROM M. et E.N. WOLFF, 1994, « Multinational Corporations and Productivity Convergence in Mexico », *In* : Baumol W.J., et al. (eds.), *Convergence of Productivity : Cross-National Studies and Historical Evidence*, Oxford University Press, Oxford, pp. 263-284.
- BOURGEOIS B., D. FINON et J.-M. MARTIN, 2000, *Energie et changement technologique. Une approche évolutionniste*, Economica, Paris.
- CAMAGNI R. P., 1990, « Local Milieu, Uncertainty and Innovation Networks : Towards a New Dynamic Theory of Economic Space », *In* : Camagni R. P. (Ed.), *Innovation Networks : The Spatial Perspective*, Belhaven-Pinter, London.
- CCFA, 1999, *Les véhicules légers d'occasion en 1998*, Paris, Juillet, 72 p.
- CCFA, 1997, *Les véhicules légers d'occasion en 1996*, Paris, Septembre.
- CERVANTES M., 1998, « Les partenariats public-privé dans les domaines scientifique et technologique : tour d'horizon », *STI Revue - OCDE*, 23, pp.7-24.
- CLERC D., 1998, « Une concurrence ni pure ni parfaite », *Problèmes économiques*, 2572.
- DALTON D. et M. SÉRAPIO, 1995, *Globalizing Industrial Research and Development*, US Department of Commerce, Office of Technology Policy, Washington D.C.
- DALY H., 1999, « Steady-state economics : avoiding uneconomic growth », *In* : Van Den Bergh J. (Ed.), *Handbook of Environmental and Resource Economics*, Edward Elgar, Cheltenham, pp. 635-642.
- FAUCHEUX S., 1997, « Technological change, ecological sustainability and industrial competitiveness », *In* : Dragun A. K. et K. Jacobson (eds.), *Sustainability and global Environmental Policy : New Perspectives*, Edward Elgar, Cheltenham, pp. 131-148.
- FREEMAN C., 1995, « The National System of Innovation in Historical Perspective », *Cambridge Journal of Economics*, 19(1), February, pp. 5-24.
- FREEMAN C. (Ed.), 1990, *The Economics of Innovation*, Edward Elgar, Aldershot.
- FUKASAKU Y., 1998, « Partenariats Public-privé pour le développement de technologies respectueuses de l'environnement », *STI Revue - OCDE*, 23, pp.119-152.

- GAFFARD J.-L. et E. ZUSCOVITCH, 1991, « Mutations technologiques et choix stratégiques des entreprises », *In* : Arena R., Benzoni L. et De Bandt/romani (s.l.d.), *Traité d'Economie Industrielle*, Collection Economie, Economica, Paris, 2ème édition, Chapitre 7.5.
- GARROUSTE P. et T. KIRAT, 1995, « Des systèmes nationaux d'innovation aux formes institutionnelles de la politique technologique », *In* : Baslé M., Dufour D., Héraud J.-A. et J. Perrin (s.l.d. de), *Changement institutionnel et changement technologique*, CNRS Editions, Paris, pp. 215-235.
- GROU P., 1997, *Unification de la pensée et mondialisation économique : réflexions sur la dynamique des systèmes*, Collection Conversciences, L'Harmattan, Paris.
- GUELLEC D., 1999, *Economie de l'innovation*, Collection Repères, La Découverte, Paris.
- HUGON P., 1999, « L'évolution de la pensée économique et la mondialisation », *In* : Beaud M., et al. (s.l.d. de), *Mondialisation, les mots et les choses*, GEMDEV, Karthala, Paris, pp. 19-50.
- JOHNSTONE, 1997, *In* : Oecd (Ed.), *Globalization, Technology and Environment*, Paris.
- KEBABDJIAN G., 1999, « Analyse économique et mondialisation : six débats », *In* : Beaud M., et al. (s.l.d. de), *Mondialisation, les mots et les choses*, GEMDEV, Karthala, Paris, pp. 51-77.
- KEMP R., 1997, *Environmental Policy and Technical Change*, Edward Elgar, Adelshot.
- KINDLEBERGER C. P., 1971, *Les investissements des Etats-Unis dans le monde*, traduction française, Calmann-Lévy, Paris.
- KRUGMAN P. et M. OBSTFELD, 1998, *Economie Internationale*, Collection Ouvertures économiques, Prémisses, De Boeck, Bruxelles, 2ème édition, 3ème tirage.
- KUEMMERLE W., 1997, « Building Effective R&D Capabilities Abroad », *Harvard Business Review*, march-avril, pp.61-70.
- LEE M. J. et S. C. CHUNG, 1997, *Globalisation of Industrial Activities and Research and Development : The Korean Experience*, OCDE, Working Group on Innovation and Technology Policy, Seoul.
- LUNDVALL B.-Å. (Ed.), 1992, *National Systems of Innovation : Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter, London.
- LUNDVALL B.-Å., 1988, « Innovation as an Interactive Process : From User-Producer Interaction to the National System of Innovation », *In* : Dosi G., et al. (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, London.
- MERTENS-SANTAMARIA D., 1997, *Entreprises européennes et mondialisation*, La documentation française, Paris.
- NELSON R. (Ed.), 1993, *National Innovation Systems : A Comparative Analysis*, Oxford University Press, Oxford.
- NELSON R. R. et G. WRIGHT, 1992, « The Rise and Fall of American Technological Leadership : the Postwar Era in Historical Perspective », *Journal of Economic Literature*, 30, December.
- NORGAARD R., 1994, *Development Betrayed : The end of progress and a coevolutionary revisioning of the future*, Routledge, New York.
- NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1998, *Review of the Research Program for a New Generation of Vehicules*, Board on Energy, Commission on Engineering and Technical Systems and Environment Systems and Transportation Research Board, National Academy Press, Washington D.C., Fourth Report.

- NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1997, *Review of the Research Program for a New Generation of Vehicules*, Board on Energy, Commission on Engineering and Technical Systems and Environment Systems and Transportation Research Board, National Academy Press, Washington D.C., Third Report.
- NSF – NATIONAL SCIENCE BOARD, 1998, *Science and Engineering Indicators – 1998*, National Science Foundation, Arlington, VA.
- OATES W. E., K. PALMER et P.R. PORTNEY, 1994, « Environmental Regulation and International Competitiveness : Thinking About the Porter Hypothesis », *Resources For the Future Discussion Paper*, 94-02.
- OCDE, 1999, *Mondialisation de la R&D industrielle : questions de politique*, OCDE, Paris.
- OECD, 1997b, *National Innovation Systems*, Paris.
- OECD, 1997a, « Diffusing Technology to Industry : Government Policies and Programmes », OECD, Paris, *Document n°GD/97/60*, 107 p.
- OTA – US CONGRESS OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT, 1994, *Industry, Technology, and the Environment : Competitive Challenges and Business Opportunities*, US Government Printing Office, Washington D.C., OTA-ITE 586, January.
- PORTER M. E., 1990, *The Competitive Advantage of Nations*, Macmillan, London.
- PORTER M. E. et C. VAN DER LINDE, 1995, « Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship », *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), pp. 97-118.
- SUNDQVIST, 1990, *Nouvelles technologies : une stratégie socio-économique pour les années 90*, Rapport d'un groupe d'experts sur les aspects sociaux des nouvelles technologies, OCDE, Paris.
- SYMEONIDIS G., 1996, « Innovation, taille de la firme et structure du marché », *Revue Economique de l'OCDE*, 27.
- TURNER R. K., 1999, « Environmental and ecological economics perspectives », In : Van Den Bergh J. (Ed.), *Handbook of Environmental and Resource Economics*, Edward Elgar, Cheltenham, pp. 1001-1033.
- VALASKAKIS K., 1998, « Mondialisation et gouvernance : Le Défi de la Régulation Publique Planétaire », *Futuribles*, avril, pp. 5-28.
- VENCE X., 1997, « The globalisation of the innovation process and the new role of the regional system of innovation », In : Palloix, C. et Y. Rizopoulos, (s.l.d. de), *Firmes et économie industrielle*, Collection Economie et Innovation, L'Harmattan, Paris, pp. 317-36.
- WARHUST A. et R. ISNOR, 1996, « Environmental Issues for Developing Countries Arising from Liberalised Trade in the Mining Industries », *Natural Resources Forum*, 20(1).
- WHEELER D. et P. MARTIN, 1992, « Prices, Policies, and the International Diffusion of Clean Technology : The Case of Wood Pulp Production », In : Low P. (Ed.), *International trade and the environment*, World Bank Discussion Paper, Washington D.C, pp. 197-224.