

## Le progrès technique

### *Introduction*

Si on considère avec Paul Samuelson et William Nordhaus que « l'économie est l'étude de la façon dont les sociétés utilisent des ressources rares pour produire des biens ayant une valeur et les répartir entre les individus »<sup>1</sup>, On a déjà deux raisons fondamentales de s'intéresser au progrès technique, dans la mesure où ce dernier relâche la contrainte des ressources rares avec un impact variable sur l'utilisation des différents facteurs de production mais aussi un effet non négligeable sur la répartition des richesses entre les agents économiques.

Le progrès technique a pris une telle place aujourd'hui dans les économies qu'il est de plus en plus courant d'entendre dire que ces économies sont fondées sur l'innovation. Les facteurs de production traditionnels, terre, travail, capital prendraient toute leur importance grâce au progrès technique qu'ils incorporent : la terre sans les progrès de l'agronomie nous ramène à la vieille question des rendements décroissants ; alors que le travail non qualifié semble de plus en plus menacé, c'est le niveau d'éducation qui devient la variable déterminante pour trouver un emploi ; quant-au capital, il apparaît comme étant de plus en plus rapidement obsolète, obligeant les entreprises dans un contexte de concurrence internationale à augmenter constamment la part des investissements dans les nouvelles technologies.

De fait, on constate que le progrès technique est au cœur de nombreux débats économiques avec les stratégies de croissance des économies qui se rapprochent de la frontière technologique, avec la dynamique du marché du travail confrontée au progrès technique biaisé. Les travaux des économistes reflètent ce glissement des préoccupations avec l'essor depuis les années 1980 des théories de la croissance endogène qui modélisent les incitation à innover. Plus précisément on voit apparaître de nouvelles branches de l'analyse économique : économie de l'innovation, économie de la connaissance, économie des idées... pourtant, le rôle du progrès technique est une question qui depuis Adam Smith a confronté les économistes à des problèmes de cohérence théorique importants.

Si le progrès technique est aujourd'hui un phénomène central pour comprendre la dynamique des économies, il faut commencer par montrer en quoi, le concept de progrès technique est difficile à saisir et cela à trois niveaux : celui de sa représentation théorique, celui de son identification comme phénomène précis et celui de sa mesure. C'est en prenant en compte l'ensemble de ces difficultés que nous pourrions nous interroger sur les débats actuels concernant le progrès technique : y-a-t-il une diffusion internationale du progrès technique et comment ? Le progrès technique est-il un facteur de chômage et d'accroissement des inégalités de revenu ? L'Europe est-elle menacée par un rythme d'innovation insuffisant qui freinerait sa croissance économique ?

Les réponses apportées à ces questions conditionnent les choix de politiques à mettre en œuvre pour favoriser un rythme d'innovation soutenu et plus largement la compréhension de la nature des changements structurels que nous observons.

---

<sup>1</sup> Samuelson P. et Nordhaus W. (2005), Economie, 18<sup>e</sup> édition, Economica, p 4

## 1. – Le progrès technique, un concept difficile à saisir

Avec le progrès technique c'est d'abord un problème de cohérence intellectuelle qui s'est longtemps posé aux économistes qui tentaient de concilier les rendements croissants avec la concurrence sur le marché. A un niveau plus appliqué on constate qu'il est aussi difficile d'identifier précisément ce que l'on appelle le progrès technique (souvent appelé aujourd'hui innovation) et par conséquent de mesurer ce phénomène.

### 1.1 - La place ambiguë du progrès technique dans l'analyse économique

Un ouvrage récent de David Warsh : « Knowledge And The Wealth of Nations » présente une analyse passionnante des difficultés de l'analyse économique pour intégrer une explication cohérente du progrès technique. Le problème commence avec « un paradoxe au cœur de l'œuvre de Smith. D'un côté, il décrit avec la métaphore de la manufacture d'épingles la façon dont la division du travail permet d'abaisser les coûts de production, n'ayant pour limite que la taille du marché potentiel ; de l'autre, il montre avec l'idée de « main invisible » que la concurrence conduit des individus, en ne se préoccupant que de leur intérêt, à une situation émergente d'équilibre. Or ces deux idées sont contradictoires. Si la division du travail permet d'abaisser les coûts dans une entreprise (c'est l'idée de rendements croissants), alors une entreprise qui produit plus que les autres doit avoir des coûts plus faibles, et il ne devrait y avoir qu'une seule entreprise sur un marché. Mais dans ce cas, il n'y a pas de concurrence, et pas d'ordre spontané ; Ou alors, les rendements de la production sont décroissants, et il y a concurrence et équilibre par la main invisible ; mais très rapidement, la croissance économique s'arrête. En d'autres termes, soit on suppose que les rendements sont croissants, on explique la croissance, mais on aboutit à un résultat absurde : il devrait y avoir une seule entreprise produisant tout pour tout le monde ; soit on suppose que les rendements sont décroissants, on explique la concurrence et ses résultats – mais on ne peut expliquer la croissance économique telle qu'elle est »<sup>2</sup>.

En fait les auteurs classiques du XIXe siècle éviteront ce problème en concentrant leurs analyses sur d'autres sujets comme celui de la répartition du produit, des effets de l'ouverture des économies ou du choix du système monétaire et bancaire.

Alfred Marshall va développer la présentation de la courbe en U des coûts de production qui tente de combiner rendement croissant et décroissant

Cette courbe permet de "réunir" la firme. En effet :

- Si le rendement était décroissant sans limite, la taille de la firme deviendrait infiniment petite.

- Si le rendement était croissant sans limite, la taille de la firme deviendrait infiniment grande.

Il faut donc que le rendement soit décroissant- croissant pour qu'il y ait équilibre dans la firme. D'où la courbe en U reliant coût marginal à la quantité produite.

L'association des deux phases ( baisse du Cm et donc rendement croissant) et (hausse du Cm et donc rendement décroissant).

- Le rendement décroissant est lié à la hausse du degré d'utilisation d'un facteur ( les autres facteurs restant constants).

- Le rendement croissant est lié aux conditions générales de la production, par ex. transports et communications, c'est à dire à la variation de tous les facteurs.

Un tel rendement croissant est de deux types : interne à la firme - externe à la firme ( et joue alors sur l'ensemble des prix relatifs).

---

<sup>2</sup> Delaigue A., commentaire le 05/06/2006 pour Econoclaste du livre de David Warsh : « Knowledge And The Wealth of Nations », <http://econo.free.fr/scripts/notes2.php3?codenote=158>

D'où la proposition de Marshall que le rendement croissant soit externe à la firme et interne à l'industrie.

De son côté Schumpeter va produire une analyse de l'innovation dans le cadre d'une théorie du changement économique, mais il restait à combiner les analyse des rendements croissants avec la théorie de la concurrence de l'équilibre général, ce sera l'apport des théories de la croissance endogène. David Warsh, identifie cette rupture avec les articles de Paul Romer. Ce dernier publie un article en 1986<sup>3</sup> dans lequel il développe une idée de base : si la productivité marginale du capital est non décroissante alors l'économie peut croître sans limite, en niveau mais aussi par tête, sans l'intervention d'un progrès technique exogène. Cela pose deux problèmes fondamentaux : comment expliquer la présence au niveau macroéconomique de rendements d'échelle croissants ? Comment rendre compatibles ces rendements croissants avec l'existence d'un équilibre concurrentiel ? Romer va répondre en montrant la fonction de production macroéconomique qui est une agrégation de fonctions microéconomiques à rendements d'échelle constants a des rendements d'échelle croissants. Ainsi les entreprises opèrent dans un univers concurrentiel, bien qu'au niveau macroéconomique, les effets externes génèrent des rendements croissants. Il va perfectionner cette réflexion dans un article de 1990<sup>4</sup> qui reste la référence des travaux théoriques sur la croissance endogène, avec l'introduction d'un secteur de la recherche qui produit des idées nouvelles.

On sait que « les caractéristiques de la connaissance expliquent pourquoi les seules forces du marché ne peuvent conduire les agents économiques à adopter des comportements optimaux pour la collectivité. Deux raisons sont invoquées: les risques inhérents à toute recherche et la nature de bien public de la connaissance qui nécessite que soient mis en place des mécanismes incitatifs pour que les innovateurs puissent s'approprier les résultats de leur effort d'investissement »<sup>5</sup>.

L'économie pour mettre en œuvre les idées nouvelles qui conditionnent le rythme du progrès technique doit donc combiner la concurrence du marché et l'intervention publique.

## 1.2 - Identifier le progrès technique

Le Centre d'étude de l'emploi et de la technologie mis en place par le gouvernement du Québec donne la définition suivante du progrès technique : « nouvelles connaissances ou procédés appliqués à la production et/ou à l'organisation afin : (1) d'améliorer les méthodes de production et/ou l'organisation du travail; (2) de développer/améliorer les moyens de production; (3) d'inventer et de mettre sur le marché de nouveaux biens et services ou (4) de modifier/améliorer les biens et services existants »<sup>6</sup>.

Plus qu'une définition, on se rapproche d'une typologie, ce qui est encore plus frappant quand on parle d'innovation : innovation produit, innovation de procédé, innovation de rupture, innovation incrémentale, grappe d'innovation<sup>7</sup>

Pour l'économiste, le progrès technique permet, à une quantité donnée d'inputs (capital et travail) d'obtenir un accroissement de l'output ou d'arriver à produire le même output avec

---

<sup>3</sup> Romer P. (1986), *Increasing returns and long term growth*, **The journal of Political Economy**, vol 94, issue 5, octobre

<sup>4</sup> Romer P. (1990), *Endogenous Technological Change*, **The journal of Political Economy**, vol 98, issue 5, octobre

<sup>5</sup> Crampes Cl. Et Encaoua D. (2001), **Microéconomie de l'innovation**, cahiers MSE, p 2.

<sup>6</sup> Voir : <http://www.cetech.gouv.qc.ca/site/francais/lexique.asp - p>

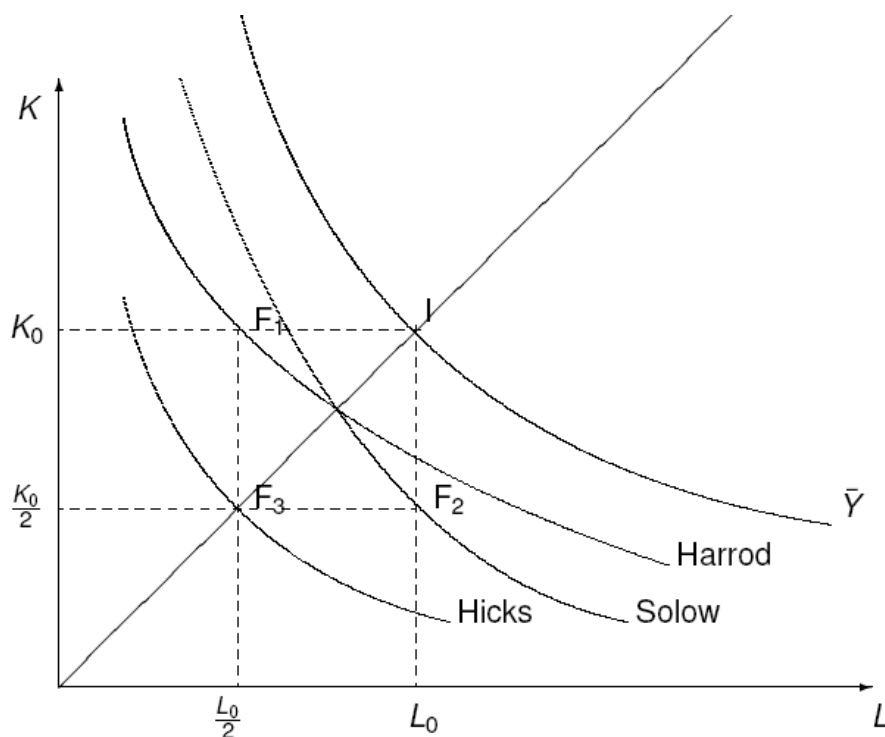
<sup>7</sup> Voir : <http://www.recherche.gouv.fr/technologie/concours/2006/definnovation.pdf>

moins de facteurs de production. Donc on peut dire que le progrès technique correspond à une déformation temporelle des possibilités de production :  $Y_t = F(K_t, L_t, t)$

Le problème est alors, comment intégrer le progrès technique dans la fonction de production ? On distingue : le **progrès technique non incorporé (ou autonome)** qui s'applique uniformément à toutes les ressources en hommes et en machines, indépendamment de l'âge des machines et de leur date d'installation, ou des différentes générations de travailleurs ; du **progrès technique incorporé** qui s'applique seulement à certaines parties de l'équipement en capital ou à certaines générations de travailleurs : les plus récentes. Le capital et le travail ne sont plus homogènes mais sont composés de générations successives.

Dans le cas du progrès technique non incorporé, on aura un progrès technique neutre si : «l'équilibre » entre capital et travail reste inchangé au cours du déplacement temporel de la fonction de production. Les trois formes de neutralité sont (présentation de K. Schubert) :

- la **neutralité au sens de Harrod** : Le progrès technique neutre au sens de Harrod : porte sur le travail et permet une croissance au cours de laquelle le rapport capital-produit reste inchangé à coût réel du capital inchangé.
- La **neutralité au sens de Solow** ; le progrès technique neutre au sens de Solow : porte sur le capital et permet une croissance au cours de laquelle le produit par tête reste inchangé pour un taux de salaire réel inchangé.
- la **neutralité au sens de Hicks** : le progrès technique neutre au sens de Hicks : porte sur la production. À proportion des facteurs inchangée ( $K_t/L_t$  constant) la répartition reste inchangée.



Comme le constate K. Schubert : « Sur longue période, le cas réaliste est celui d'un progrès technique portant sur le travail, neutre au sens de Harrod. Alors :

- le salaire réel croît au taux du PT
- le coût réel du capital est constant
- le rapport travail-produit décroît au taux du PT (i.e. la productivité du travail croît au taux du PT)
- le rapport capital-produit est constant

- le partage salaires-profits (la répartition) est constant

### **1.3 – Mesurer le progrès technique**

(utiliser le 2.2 de la première partie des diapositives ; [Innovation et niveau technologique des entreprises Française](#) in *Economie Française* de l'INSEE ; [Science, technologie et industrie : tableau de bord de l'OCDE 2005](#))

#### **Les indicateurs agrégés**

- variation et niveau relatif de la productivité du travail
- calcul de la productivité globale des facteurs

#### **Les indicateurs sectoriels**

- part des NTIC dans le total de l'activité économique
- identification des industries qualifiées d'intenses en connaissance

#### **Les indicateurs de la recherche – développement**

- dépôts de brevets
- dépenses de R&D

#### **Les indicateurs microéconomiques**

- enquête sur les caractéristiques des entreprises à la frontière technologique

## **2. - Mais un concept au cœur des débats actuels**

Trois thèmes sont au centre des réflexions sur le rôle du progrès technique dans les économies aujourd'hui : L'intégration internationale des économies favorise-t-elle la diffusion du progrès technique ? Le progrès technique aujourd'hui est-il défavorable aux travailleurs non qualifiés ? Y-a-t-il un retard technologique de l'Europe qui serait moins engagée dans les NTIC que les Etats-Unis ?

### **2.1 - Le progrès technique et intégration internationale**

Il faut développer la présentation des différents canaux par lesquels peut se diffuser le progrès technique :

- le canal du commerce international avec une interrogation sur le sens de la causalité entre commerce, croissance et progrès technique ;
- le canal des investissements directs à l'étranger semble le plus évident mais il ne joue pas automatiquement. Tous les IDE n'ont pas le même contenu technologique et tous les pays d'accueil ne sont pas dans la même situation pour bénéficier des effets de diffusion ;
- le canal des migrations conduit à aborder plusieurs sujets : celui de la qualification des migrants, celui de la formation des étudiants des pays du sud qui viennent étudier dans les pays occidentaux, celui des flux de revenus créés par les migrants vers leur pays d'origine...

### **2.2- Progrès technique, éducation, emploi et inégalités**

Pour développer cette partie il peut être utile de se reporter au chapitre synthétique sur « Progrès technique, chômage et inégalités », chapitre 20 du livre « Macroéconomie » de Daniel Cohen et Olivier Blanchard (3<sup>e</sup> édition, 2004, Pearson Education).

Les auteurs analysent la réponse de court terme et de moyen terme de la production consécutive à un progrès technique qui se traduit par des gains de productivité en utilisant le modèle offre et demande globale. Il apparaît que l'impact du progrès technique peut entraîner plusieurs déplacements de ces courbes. Ils montrent que lorsque l'augmentation de la productivité est forte, l'augmentation de la production tend à être suffisante pour éviter des destructions nettes d'emploi. Le problème est à plus long terme avec la possibilité d'une augmentation du chômage structurel avec des effets redistributifs importants.

### **2.3 – Les NTIC et le déclin européen : quelle politiques mettre en œuvre ?**

« Au sein d'une économie mondialisée caractérisée par la montée en puissance des pays émergents, la capacité à innover est devenue le principal avantage compétitif des pays développés... Un tel régime de croissance par innovation s'oppose au régime de croissance par imitation, dans lequel l'économie croît par adoption progressive de changements technologiques ou organisationnels initiés par d'autres pays. Le choix de l'un ou l'autre des deux régimes de croissance découle de la distance à la frontière technologique, car l'incitation à innover ou à imiter ne sont pas les mêmes selon le niveau technologique déjà atteint. Pour reprendre les termes d'Aghion et Cohen (rapport CAE, *Education et Croissance*, 2004) « l'intuition suggère que, pour un pays qui est loin derrière la frontière technologique, les gains de productivité passent plutôt par l'imitation des technologies existantes, alors que pour un pays proche de la frontière technologique, c'est l'innovation qui tend à devenir le principal moteur de la croissance »<sup>8</sup>.

Cette thèse de la frontière technologique que l'on peut définir comme l'ensemble des technologies les plus efficaces et les plus récentes implémentées dans les pays « leaders », est au cœur de débats entre économistes comme en témoigne cette analyse de Jean-Luc Gaffard : « La nouvelle théorie de la croissance s'inscrit dans cette dernière perspective. Elle a bénéficié des développements des modèles de concurrence imparfaite et introduit une référence essentielle à l'innovation source de destruction créatrice. Mais en même temps elle a révélé la nécessité d'explorer plus avant les relations entre innovation, concurrence et croissance. Alors qu'il est bien établi que les performances de l'économie dépendent de la croissance de la productivité dans les nouvelles industries, il est difficile de maintenir qu'elles sont déterminées seulement par les développements de la science et de la technologie, c'est-à-dire par le schéma incitatif associé à des institutions appropriées. La manière dont les technologies innovantes pénètrent l'ensemble de l'économie et les transformations de l'organisation industrielle qui s'ensuivent sont également des facteurs décisifs des performances obtenues. Aussi est-il important de considérer que la croissance est indissociable du changement structurel. Découvrir la vraie nature de ce changement est un problème beaucoup plus vaste que d'analyser les changements de capacité technologique, en fait les changements affectant la seule activité de R&D »<sup>9</sup>

#### **Quelle politique mettre en œuvre ?**

« Favoriser l'innovation dans l'industrie et dans les services et sa diffusion dans le tissu économique et social est au moins aussi important que promouvoir la concurrence sur le marché des produits... Notre conviction est claire : la concurrence est une condition nécessaire mais non suffisante pour que l'Union européenne retrouve le chemin de la croissance et de la compétitivité.

---

<sup>8</sup> INSEE, L'économie française en 2006 : **Dossier Innovation et niveau technologique des entreprises françaises**, p 69, [http://www.insee.fr/fr/ffc/docs\\_ffc/ECOFRA06b.PDF](http://www.insee.fr/fr/ffc/docs_ffc/ECOFRA06b.PDF)

<sup>9</sup> Gaffard J. L. (2006), *Dynamique industrielle, productivité et croissance*, **Revue de l'OFCE**, juillet 2006, p 246

S'en déduisent plusieurs interrogations qui concernent la politique de la concurrence. Quelles complémentarités faut-il développer avec les politiques de la recherche et de l'innovation ? Comment réconcilier le mécanisme d'incitation à l'innovation qu'est la protection intellectuelle avec les objectifs du droit de la concurrence ? Doit-on spécifier des conditions d'application particulières du droit de la concurrence dans les industries présentant de fortes opportunités technologiques, étant donné les caractéristiques particulières de l'activité de recherche menant à l'innovation ? Quel traitement doit-on réserver aux conditions de la diffusion du savoir technique dans les relations contractuelles entre les entreprises ? »<sup>10</sup>

**Débats : faut-il remplacer les politiques industrielles et d'innovation par la politique de la concurrence ?** Comme le remarquent Roger Guesnerie et David Encaoua : « Favoriser l'innovation dans l'industrie et dans les services et sa diffusion dans le tissu économique et social est au moins aussi important que promouvoir la concurrence sur le marché des produits. Les difficultés de l'Union européenne à atteindre en 2010 l'objectif qu'elle s'était assignée en 2000 au sommet de Lisbonne sont suffisamment connues pour qu'il n'y ait pas à y revenir ici. Laisser entendre que ce n'est que par une politique de la concurrence plus active que cet objectif pourra être atteint, est quelque peu incantatoire. Notre conviction est claire : la concurrence est une condition nécessaire mais non suffisante pour que l'Union européenne retrouve le chemin de la croissance et de la compétitivité »<sup>11</sup>.

**A quel niveau faire une politique de l'innovation ?** Au niveau local, national, européen...  
**Quelle complémentarité entre politique de concurrence et politique d'innovation ?**  
Thèse de la courbe en U inversée entre concurrence et innovation. La concurrence sur le marché des produits favoriserait l'incitation à innover tant que l'intensité de la concurrence reste en deçà d'un certain seuil.

**Faut-il privilégier la concurrence sur le marché ou pour le marché ?** Il est aussi important de maintenir une pression concurrentielle en facilitant les conditions d'accès au marché pour de nouveaux concurrents que de surveiller toutes les pratiques sur le marché.

## **Conclusion**

Des questions comme celles de la fracture sociale, du développement durable ou des tensions liées à la mondialisation nous rappellent que toute mutation économique est source de désordre mais qu'une vision pertinente de l'impact du progrès technique peut nous aider à voir les opportunités qui apparaissent pour utiliser le relâchement des contraintes de rareté des ressources afin de surmonter les tensions liées à des situations de transition. En effet, ce que l'on appelle le progrès technique est un processus à double tranchant, d'un côté c'est un phénomène de déstabilisation cumulatif qui bouleverse les positions des entreprises, des secteurs, des pays, des individus mais c'est aussi un extraordinaire potentiel à mobiliser pour surmonter les conflits à l'œuvre et créer des opportunités de développement partagé.

---

<sup>10</sup> Guesnerie R. et Encaoua D. (2006), **Politiques de la concurrence**, Rapport du CAE N°60, p 109-110, <http://www.cae.gouv.fr/rapports/dl/060.pdf>

<sup>11</sup> Guesnerie R. et Encaoua D., op cit, p109

## **Bibliographie**

- Broulès J., Lorenzi, 1995, **Le choc du progrès technique**, *Economica*.
- Bienaymé A., 1994, **L'économie des innovations technologiques**, PUF - *Que sais-je?*
- Cahiers français, 2004, **Croissance et innovation**, N°323, novembre – décembre, *La documentation française*
- Carlton D., Perloff J., 1999, **Economie industrielle**, DeBoeck University, p. 735-791.
- Foray D., 2000, **L'économie de la connaissance**, *Repères-La Découverte*.
- Foray D., Freeman C., 1992, **Technologie et richesse des nations**, *Economica*.
- Fourastié J., Harouel J. L., 2005, **Productivité et richesse des nations**, *Gallimard*
- Freeman C. Soete L., 1997, **The Economics of Industrial Innovation**, *Continuum*.
- Gaffard J.-L., 1990, **Economie industrielle et de l'innovation**, *Daloz*.
- Guellec D., 1999, **Economie de l'innovation**, *Repères-La Découverte*.
- Le Bas C., 1995, **Economie de l'innovation**, *Economica-Poche*.
- Nelson R., Winter S., 1982, **An Evolutionary Theory of Economic Change**, *The Belknap Press of Harvard University Press*.
- OCDE, 1992, **Technologie et économie : les relations déterminantes**, *OCDE*.
- OCDE, 2006, **Regards sur l'éducation 2006**, *OCDE*
- OCDE 2006, **Information technology outlook 2006**, *OCDE*
- OCDE 2006, **Panorama des statistiques de l'OCDE 2006**, *OCDE*
- OST, 1998, **Science et technologie : indicateurs**, *Economica*.
- Richard F., 1998, **Recherche, invention et innovation**, *Economica-Poche*.
- Romer P. 1990, **Endogenous technological change**, *The Journal of Political Economy*, volume 98, octobre
- Schumpeter, 1983 (1911), **Théorie de l'évolution économique**, *Daloz*.
- Schumpeter, 1990 (1942), **Capitalisme, Socialisme et Démocratie**, *Payot*.
- Stiglitz E., Walsh C. (2004), **Principes d'économie moderne**, 2e édition, *de Boeck*
- Warsh D. (2006), **Knowledge And The Wealth of Nations**, *Norton*

### **Sur internet :**

Au CNAM : <http://www.cnam.fr/cdht/index.html>

Sur Jean Fourastié : <http://www.jean-fourastie.org/anthologie/anthologieTabatoni.htm>

DEA d'économie industrielle de Dauphine : <http://www.dauphine.fr/DEASO/DEA129.html>

Economie d'Avant Garde : <http://www.jeremygreenwood.net/EAG.htm>

Le cahiers N°7, **TIC, après la bulle le temps du réel**, du Cercle des économistes  
<http://www.lecercledeseconomistes.asso.fr/data/master/webfile/165650989342711D3566F5A.pdf>

Les rapports du CAE N°60, 53, 48, 47, 46, 28, 10, <http://www.cae.gouv.fr/>

Crampes Cl. Et Encaoua D. (2001), **Microéconomie de l'innovation**, cahiers MSE  
<ftp://mse.univ-paris1.fr/pub/mse/cahiers2001/V01067.PDF>

INSEE, L'économie française en 2006 : **Dossier Innovation et niveau technologique des entreprises françaises**, [http://www.insee.fr/fr/ffc/docs\\_ffc/ECOFRA06b.PDF](http://www.insee.fr/fr/ffc/docs_ffc/ECOFRA06b.PDF)



Les publications du SESSI <http://www.industrie.gouv.fr/sessi/>

Pour une présentation des débats sur les rendements croissants :  
<http://www.volle.com/ouvrages/e-conomie/rendements.htm>