

BU 20.22388
**UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE
LILLE FLANDRES ARTOIS**

Faculté des Sciences Économiques et Sociales de Lille

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE LILLE I

Discipline : Sciences économiques.

par

Serge MACÉ

le 10 Mai 1999

Titre :

**EXTERNALITÉS
ET
MODÈLES DE CROISSANCE**



Directeur de thèse :

François-Régis MAHIEU

Jury

Mr Bruno AMABLE, Professeur, CEPREMAP/Université de Lille II.

Mr Abdelkader DJEFLAT, Professeur à l'Université de Lille I.

Mr Jean-François HENNER, (rapporteur), Professeur à l'Université de Clermont Ferrand I.

Mr Marc RAFFINOT, (rapporteur), Maître de Conférences HDR à l'Université de Paris IX.

À mes parents.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	1
--------------------------	---

INTRODUCTION GÉNÉRALE	8
-----------------------------	---

Partie I :

EXTERNALITÉS ET MODÈLES DE CROISSANCE : QUELQUES INTERROGATIONS

INTRODUCTION A LA PREMIÈRE PARTIE	14
---	----

I : LA DIVERSITÉ DES RECOURS AUX EXTERNALITÉS DANS LES MODÈLES DE CROISSANCE	15
---	----

I.1: Externalités et variations sur le modèle néo-classique	15
---	----

I.1.1: Prédications et validation du modèle néo-classique en économie ouverte.....	15
--	----

I.1.1.a) Le modèle de Solow avec accumulation exogène de capital humain	15
---	----

I.1.1.b) De bonnes prédictions qualitatives	18
---	----

I.1.1.c) Des prédictions quantitatives problématiques	20
---	----

I.1.1.d) Le modèle de Solow augmenté et ses limites	22
---	----

I.1.2: L'hypothèse de différences technologiques induites par les externalités	23
--	----

I.1.2.a) Différences dans les niveaux technologiques	23
--	----

I.1.2.b) Externalité sur le niveau de capital par tête (Romer [1987a])	25
--	----

I.1.2.c) Externalité sur le niveau de capital humain (Lucas [1990])	27
---	----

I.2: Externalité et endogénéisation de la croissance économique	30
---	----

I.2.1: Externalité sur le capital physique	31
--	----

I.2.2: Externalité sur le produit de la recherche	32
---	----

I.2.3: Transmission intergénérationnelle du capital humain	33
--	----

II: UN RECOURS AUX EXTERNALITÉS PROBLÉMATIQUE	33
---	----

II.1: Modèles de croissance et externalités.....	34
II.1.1: Quelques problèmes évidents	34
II.1.1.a) Problèmes posés par Romer [1987a]	34
II.1.1.b) Problèmes posés par le modèle de Lucas [1990]	35
II.1.2.c) La question de l'instabilité structurelle des modèles de croissance endogène	40
II.1.2: Quelques interrogations	41
II.2: Comptabilité de la croissance et externalités.....	43
II.2.1: L'estimation de Carré-Dubois-Malinvaut [1972]	43
II.2.2: La notion d'externalités chez Carré-Dubois-Malinvaut [1972].....	44
CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE	47
ANNEXE I : Endogénisation du taux d'épargne et interprétation des modèles de croissance	49

Partie II

LES EXTERNALITÉS INFORMATIONNELLES

INTRODUCTION A LA DEUXIÈME PARTIE	53
I: LES EXTERNALITÉS PHYSIQUES	55
I.1: La notion d'effet externe : bref historique	55
I.1.1: Le problème de Marshall	55
I.1.2: La complémentarité par le marché des investissements non rentables individuellement.....	56
I.2: Les externalités technologiques positives de production.....	59
I.2.1: Description et formalisation	59
I.2.1.a) Dépendance technique et produit joint	59
I.2.1.b) Effet externe multiplicatif et déformation de la fonction de production.....	62
I.2.1.c) Externalités collectives	64
I.2.1.d) Effet externe et bien collectif.....	65
I.2.1.e) Dimension temporelle des effets externes	66
I.2.2: Les conditions de la sous-optimalité de l'équilibre concurrentiel en présence d'externalités	67
I.2.2.a) Rendement social et rendement privé	67
I.2.2.b) Optimalité et sous-optimalité de l'équilibre décentralisé	

en présence d'effets externes.....	69
I.3: La persistance du problème allocatif posé par les externalités	70
I.3.1: Formes réelles et limites de l'internalisation par intégration	71
I.3.2: La marchandisation impossible	72
I.3.2.a) Le principe de la marchandisation	72
I.3.2.b) Indépendance des problèmes d'allocation et de répartition des droits de propriété	74
I.3.2.c) Création d'un marché ex nihilo et marchandisation sur un marché déjà existant.....	74
I.3.3: Les limites « relatives » des accords volontaires	75
I.3.3.a) Les gains de la coopération dans un cas simple.....	75
I.3.3.b) Retour sur l'absence de problème d'allocation	77
I.3.3.c) Contraintes à l'efficacité des accords volontaires.....	79
I.3.4: Les modalités d'intervention de l'Etat et leurs limites	81
I.4: Influence physique et interdépendance technique.....	82
I.4.1: Exemplifications imaginaires et effets externes positifs réels	82
I.4.2: Résumé : Quelques enseignements de la théorie traditionnelle des externalités	83

II: LES FORMES DE DIFFUSION DES EXTERNALITÉS INFORMATIONNELLES 85

II.1: La connaissance technique	85
II.1.1: Une conception extensive de la connaissance technique.....	85
II.1.2: Les propriétés particulière du bien « connaissance technique »	86
II.1.3: La notion de capital technologique.....	88
II.1.4: La spécificité des externalités de connaissance	90
II.2: Les externalités informationnelles directes	92
II.2.1: L'observation des produits sur le marché.....	92
II.2.2: La lecture des brevets	94
II.2.3: Les échanges informels.....	94
II.2.3.a) La diffusion des connaissances techniques à travers les contacts informels	94
II.2.3.b) Les avantages de l'échange informel.....	97
II.2.3.c) Echanges informels et externalités	98
II.2.4: Remarque : Les gains externes issus des relations interpersonnelles dans la firme.....	99
II.2.5: Externalités et mobilité professionnelle	102
II.2.5.a) Formation interne rivale et mobilité du travail.....	102
II.2.5.b) La diffusion des connaissances techniques à travers	

la mobilité du facteur travail	103
II.2.5.c) De telles externalités restent-elles non internalisées ?.....	104
II.2.5.d) Coopération dans l'organisation et internalisation des externalités	106
II.3: La médiatisation des externalités informationnelles	107
II.3.1: La diffusion des connaissances à travers la presse écrite	107
II.3.2: Le recours aux entreprises de conseil	110
II.3.3: L'extension aux organismes privés de formation professionnelle	111
II.3.4: Médiatisation par la sphère publique.....	112
II.3.5: Les dédales de la diffusion non marchande des connaissances	113
II.4: Le cas particulier des externalités « éducatives »	114
II.4.1: La notion d'externalités éducatives	114
II.4.2: La réduction du coût de maintien de l'ordre public.....	115
II.4.3: La transmission intergénérationnelle de capital humain	116
II.4.4: La question des « autres externalités éducatives ».....	118
II.4.5: Remarque : Les externalités « institutionnelles »	119
III: EXTERNALITES INFORMATIONNELLES ET REGULATION	
MARCHANDE.....	120
III.1: Les coûts d'appropriations	121
III.1.1 : L'appropriation nécessaire des externalités informationnelles	121
III.1.2 : Le second objectif de la Recherche-Développement	121
III.1.3 : Une forme particulière d'apprentissage.....	122
III.1.3 : Quelques conséquences.....	123
III.2: Incitations et externalités.....	125
III.2.1: Relativisation de l'effet désincitatif des externalités.....	125
III.2.2: Une situation extrême: l'invention collective	127
III.3: Accords volontaires de coopération	127
III.3.1: Information technologique et allocation des ressources	127
III.3.2: La diversité extrême des arrangements	129
III.3.2.a) Diversité et entrecroisement des motifs de la coopération dans le secteur technologique.....	129
III.3.2.b) Intérêt privé et intérêt collectif	130
III.3.2.c) Les arrangements en pratique	130
III.3.3: Quelques formes subtiles d'arrangements.....	131
III.3.3.a) Retour sur certaines formes de diffusion externe des informations	131
III.3.3.b) Remarque : Réappropriation des droits de propriété sur les biens externes et stratégies de menace	132
III.3.4: Les contraintes aux arrangements	135

III.3.4.a) Coûts de négociation	135
III.3.4.b) Incertitude fondamentale et externalité imprévisible	135
III.3.4.c) Quelques remarques sur l'intervention publique.....	137
III.4: La nécessité des externalités dans une économie concurrentielle	139
III.4.1: Les externalités et le rapprochement des trajectoires technologiques.....	139
III.4.2: Externalités et interaction producteurs-utilisateurs	141
IV : ÉCONOMIES D'AGGLOMERATION ET DIMENSION SPATIALE	
DES EXTERNALITÉS	142
IV.1: Les économies d'agglomérations.....	143
IV.1.1 : La diversité des gains collectifs produits par l'agglomération des activités	144
IV.1.2 : Effets statiques et effets dynamiques de l'agglomération.....	152
IV.2: Effets externes et agglomération	146
IV.2.1: Les effets de l'agglomération sur les économies externes	146
IV.2.1: La mise en évidence des externalités intersectorielles et intrasectorielles au niveau des métropoles	148
IV.2.3: La recherche d'économies externes dans l'accentuation actuelle de la polarisation des activités.....	149
CONCLUSION DE LA SECONDE PARTIE	151
ANNEXE II : Résolution du programme du planificateur dans l'économie simplifiée décrite en 1.1.2.a	157

Partie III

LE RECOURS AUX EXTERNALITÉS DANS LES MODÈLES DE CROISSANCE : UN POINT DE VUE CRITIQUE

INTRODUCTION A LA TROISIÈME PARTIE	160
I: EXTERNALITÉS ET CAPITAL PHYSIQUE	161
I.1: Quelques remarques préalables	161
I.1.1: Les propriétés traditionnelles des externalités macroéconomiques	161
I.1.2: Les contraintes de la prise en compte des externalités informationnelles dans les modèles de croissance	164
I.1.2.a) Les contraintes d'un indicateur dans un modèle de croissance	164
I.1.2.b) Les conséquences pour les externalités informationnelles	164

I.1.2.c) L'inexistence des externalités « de » capital physique.....	165
I.2: Accumulation de capital physique et apprentissage collectif	166
I.2.1: Modélisation de base	166
I.2.2: Facteur accumulable et accumulation d'expérience	168
I.2.3: Discussion des hypothèses sur les effets de l'apprentissage.....	169
I.2.3.a) Externalité sur le capital physique et apprentissage traditionnel	170
I.2.3.b) Externalité sur le capital physique et progrès technique induit	170
I.2.4: La question du coût de l'apprentissage.....	173
I.2.5: Remarque sur les pays « suiveurs »	174
I.3: Externalités liées au capital physique sans accumulation de connaissance	175
I.3.1: Croissance induite par la division du travail externe sans production de connaissances	175
I.3.2: Liaisons intersectorielles et complémentarité par le marché des investissements	177
I.4: Capital physique, capital technologique et externalités.....	180
I.4.1: Externalités et capital physique : quelques enseignements	180
I.4.2: Le rôle de l'accumulation du capital physique dans la croissance.....	181
I.4.3: Retour sur l'introduction d'une externalité sur le capital physique par tête dans le modèle néoclassique.	185
II: EXTERNALITÉS ET CAPITAL HUMAIN	186
II.1: La question de la transmission intergénérationnelle de capital humain dans les modèles d'éducation	186
II.1.1: Le processus d'accumulation du capital humain.....	186
II.1.1.a) Le modèle de base de Lucas [1988]	186
II.1.1.b) La question de la linéarité de l'accumulation sur le temps d'une vie humaine	187
II.1.2: L'accumulation du capital humain au delà de la finitude humaine	188
II.1.2.a) L'hypothèse de la transmission intergénérationnelle du capital humain	188
II.1.2.b) L'effet intergénérationnel sur la productivité de l'investissement en capital humain	190
II.1.3: Conception traditionnelle du capital humain et modèle d'éducation	191
II.1.3.a) La conception traditionnelle du capital humain	191
II.1.3.b) Effet intergénérationnel et conception traditionnelle du capital humain	192
II.1.3.c) Remarque : la question de l'internalisation de l'effet intergénérationnel	195
II.1.4: Une autre conception ?	196
II.1.5: Autres hypothèses sur le lien entre le capital humain et la technologie	197

II.1.5.a) Un « effet externe » purement macroéconomique	198
II.1.5.b) L'hypothèse d'un « capital humain et technologique »	199
II.2: Les externalités attachées au capital humain dans les modèles de recherche.....	201
II.2.1: Le rôle du capital humain dans la croissance économique.....	201
II.2.1.a) Un modèle de recherche macroéconomique.....	201
II.2.1.b) Un exemple de modèle de recherche avec fondements microéconomiques : le modèle de Romer [1990]	204
II.2.2: Discussion de l'externalité dans le secteur de la recherche dans les modèles de recherche-développement	207
II.2.2.a) Un modèle de recherche sans externalité.....	207
II.2.2.b) Nécessité technique et nécessité théorique des externalités dans les modèles de recherche	208
II.3: Les ambiguïtés de l'externalité de Lucas [1988] et [1990]	210
II.3.1: Différences technologiques sans externalité.....	211
II.3.1.a) Corrélation entre les différences technologiques et les différences dans les niveaux de capital humain.....	211
II.3.1.b) Inégalité d'accès à la dimension marchande de la technologie	213
II.3.2: L'externalité de Lucas sous l'hypothèse d'un égal accès à la dimension marchande de la technologie	213
II.3.2.a) L'hypothèse de différences technologiques induites par les externalités.....	213
II.3.2.b) L'inexistence d'externalités éducatives significatives	214
II.3.2.c) Externalité à la Lucas et externalité liée à l'utilisation de capital humain dans le secteur de production de connaissance	215
II.3.2.d) Remarque : Externalités sur le capital humain et interaction humaines	217
II.3.2.e) Un test récent.....	218
CONCLUSION DE LA TROISIÈME PARTIE	219
ANNEXES DE LA TROISIÈME PARTIE	229
Annexe III.A : Le modèle de Romer [1986]	224
Annexe III.B : Le modèle de Romer [1990].....	226
Annexe III.C : Le modèle de Romer [1990] sans externalité.....	230
CONCLUSION GÉNÉRALE	232
BIBLIOGRAPHIE.....	237

INTRODUCTION GENERALE

Des efforts considérables ont été consacrés depuis plus d'une dizaine d'années au développement de nouveaux modèles de croissance. L'une de leurs particularités est de recourir fréquemment mais sous des formes variées aux externalités en les attachant au capital physique (Romer [1986] réinterprété), au produit cumulé de la recherche (Romer [1990], Grossman-Helpman [1991] et Aghion-Howitt [1992]), au niveau moyen du capital humain (Lucas [1988]) ou à celui des parents dans un modèle d'éducation (Lucas [1988] ou d'Autume & Michel [1994] pour une interprétation plus explicite).

Bien que certaines soient purement macroéconomiques, au sens où elles ne renvoient pas aux phénomènes que l'on désigne comme tels au niveau microéconomique, par exemple Azariadis-Drazen [1991] ou Stockey [1991], la plupart et en particulier les quatre mentionnées précédemment correspondent bien à la définition traditionnelle : *effets positifs qu'exerce en dehors du marché l'activité d'un ou plusieurs agents économiques (hors Etat) sur celle d'un ou plusieurs autres*. Ce sont elles qui nous intéressent au premier plan.

L'introduction des effets externes n'est pas limitée en réalité aux modèles de croissance « endogène ». Ainsi, Romer [1987a] a présenté une version modifiée du modèle néoclassique avec une externalité sur le capital physique par tête. De même, les conséquences de l'externalité introduite par Lucas [1988] peuvent être étudiées indépendamment de la question de l'endogénéisation de l'épargne d'éducation, ce que fait d'ailleurs Lucas [1990].

Pour des raisons évidentes, l'introduction des externalités dans un cadre macroéconomique ne peut se faire que de manière très stylisée. Lorsqu'elles orientent largement la dynamique du modèle, le premier danger peut être d'attribuer à un raisonnement théorique une conclusion qui est tout entière contenue dans une hypothèse fragile. Mais le risque le plus important sans doute est de demeurer à ce niveau d'analyse en se contentant de quelques exemples généraux. Comme le dit Lucas [1988] pour introduire son raisonnement sur le capital humain et les effets externes qui y sont rattachés, « il y a des questions que les modèles macroéconomiques ne peuvent pas trancher » et « une bonne théorie du développement (ou de toute autre chose) exige plus qu'une modélisation au niveau purement agrégé ».

De fait, on trouve encore plus de dix ans après l'émergence des premiers modèles des demandes pour une analyse plus approfondie des externalités, par exemple Harberger [1998]. Ce sont sans doute Amable & Guellec [1992, p 372] qui ont été les plus explicites sur ce point :

« La distanciation des modèles de croissance endogène par rapport aux faits sociaux et historiques tient notamment à la faiblesse de leur analyse des externalités. Comment s'opère la transmission de l'information entre les firmes (les externalités technologiques) ? A quelles conditions les interactions entre individus font-elles émerger un supplément social de compétences ? Par quels canaux passe l'influence des biens et services publics sur la productivité ? Les réponses à ces questions requerraient, entre autres, des analyses micro-économiques précises, sans lesquelles les modèles de croissance endogène apparaissent eux-mêmes comme des formes réduites de modèles structurels plus complexes. En l'absence de ces fondements micro-économiques, une interprétation claire des coefficients présentés dans les modèles, par exemple l'ampleur des externalités, n'est pas possible ».

D'une certaine manière, ce travail a pour but de donner quelques éléments de réponses à ces questions. Il consiste

- 1) à étudier de manière systématique le contenu concret et les problèmes allocatifs spécifiques des externalités auxquelles les nouvelles théories accordent une si grande importance,
- 2) à examiner, avec le bénéfice de la réflexion antérieure, la pertinence de la manière avec laquelle certaines d'entre elles sont introduites au regard des objectifs poursuivis par les modèles.

Précisons chacun de ces points.

1) Le contenu concret et les problèmes allocatifs spécifiques posés par les externalités pertinentes pour l'étude de la croissance

Il est aisé de raisonner de manière générale sur les effets externes dans le cadre d'un modèle macro-économique en parlant d'externalité *de capital physique* ou d'externalité *de capital humain* mais un problème évident se pose dès que l'on cherche précisément à savoir ce que recouvre concrètement la notion. Il suffit pour s'en convaincre d'écouter quelques-uns des nombreux commentaires généraux, empreints de prudence et d'interrogations comme ceux de De Long & Summers [1991], Malinvaud [1995], D'autume & Michel [1994] ou encore Basu et Fernald [1995]¹.

¹ Pour être précis, on renvoie aux réflexions suivantes (les italiques sont mises par moi):

- « Comment l'investissement en équipement contribue-t-il à la croissance ? [...] Il y a vraisemblablement d'importantes économies externes qui agissent. Mais on n'a qu'une *compréhension très imparfaite* de ce qu'elles sont réellement, ou de leur importance quantitative relative ». De long & Summers [1991, p 487]

Une partie des interrogations tient sans doute à ce que, historiquement, les principales externalités étudiées aient été des externalités physiques (pollution, route commune,...). Mais comme l'a fait justement remarquer Krugman [1987, p 137], « *Il est possible d'imaginer des exemples avec des fleurs et des abeilles dans lesquels les externalités induisent des effets physiques entre les firmes, mais empiriquement la source la plus plausible d'externalité positive, c'est l'incapacité des firmes innovatrices à s'approprier complètement la connaissance technique qu'elles créent.* ». Autrement dit, les externalités qui importent sont, à quelques exceptions près, des externalités informationnelles (ou externalités de connaissance technique) et elles présentent du fait du bien particulier qu'elles transmettent, c'est-à-dire de l'information, des propriétés distinctes des externalités physiques. L'accent quasi-exclusif sur les secondes était sans doute nécessaire à l'épure conceptuelle mais celles qui sont pertinentes pour la croissance, ce sont les externalités informationnelles et il convient de les étudier précisément. Pour mener cette analyse, on s'appuiera sur les deux grands types de littérature existante sur les externalités :

- La littérature traditionnelle que l'on vient de mentionner qui a permis de conceptualiser rigoureusement la notion, les problèmes allocatifs associés et les conditions de leur internalisation. On peut citer entre autres Marshall [1870], Meade [1952], Scitovski [1954], Mishan [1970], Buchanan & Stubblebine [1962] et Coase [1960].

- la littérature ayant trait à l'économie de l'innovation et qui intègre explicitement la diffusion des connaissances techniques en dehors du marché. On recourra notamment aux travaux d'Arrow [1962b] et [1965], de Nelson [1980], Dosi [1988], Cohen & Levinthal [1989], Malerba [1992], et à d'autres plus empiriques comme Allen [1983], Jaffe [1986], Mansfield & alii [1977] et [1985], Levin [1986], Shrader [1990], Van Hippel [1987] ou encore Saxenian [1991].

- « Que sont au juste les effets externes ? (sous-entendu liée à l'éducation) : ils tiennent *vraisemblablement* à ce que l'éducation facilite la transmission des connaissances et des informations, ainsi que, plus accessoirement, la conception et la conclusion de contrats de plus en plus complexes. La diffusion de l'enseignement contribuerait à l'assimilation du progrès technique, elle permettrait à la société d'avoir des institutions et des pratiques économiques sophistiquées et efficaces. Dans la mesure où il doit alors s'agir d'effets externes à l'exclusion des compétences rémunérées par l'employeur, *j'ai tendance à penser* qu'ils doivent provenir surtout de l'élévation du niveau général d'éducation ». Malinvaud [1995, p 12].

- « Cette formalisation des effets externes de l'éducation [...] a malheureusement un caractère prononcé de boîte noire puisqu'on ne décrit pas les canaux par lesquels transitent ces effets d'entraînement, d'imitation... Elle permet pourtant de prendre en compte de manière globale des phénomènes dont *chacun sent l'importance* ». D'autume & Michel [1994, pp 432-463].

- « Une augmentation de l'activité de l'industrie automobile augmenterait d'une manière ou d'une autre la productivité d'une autre industrie, par exemple d'une usine chimique. Cette interprétation constitue un défi aux théoriciens pour articuler un modèle qui montre explicitement comment de tels spillovers opèrent. [...] Si les résultats de Caballero-Lyons reflètent effectivement de véritables spillovers, alors *on attend toujours une explication théorique satisfaisante du mécanisme* ». Basu & Fernald [1995, p 166]

- ***La pertinence de la manière avec laquelle elles sont introduites dans les modèles de croissance (2)***

Ce n'est qu'après avoir analysé au niveau microéconomique les externalités informationnelles que l'on peut examiner précisément le bien-fondé de la manière avec laquelle elle sont introduites dans les modèles de croissance. Notre interrogation portera essentiellement sur trois grands points :

- La possibilité de rendre compte à travers une externalité attachée au capital physique de la relation empirique entre le taux d'investissement et le taux de croissance de la productivité totale des facteurs (De Long & Summers [1991] & [1993]) ou de la vitesse de convergence observée (Romer[1987a]).

- la formalisation dans un modèle d'éducation de l'influence des parents ou du milieu social proche sur l'accumulation du capital humain de leurs enfants ainsi que la question de son internalisation.

- La pertinence de l'externalité introduite par Lucas [1988] et [1990] pour expliquer l'absence de flux massifs de capitaux vers les économies moins bien dotées et simultanément l'incitation des agents, à même niveau de qualification, à migrer vers les endroits où le capital humain est le plus important.

Evidemment, toute réflexion sur ces questions n'est pas absente des débats et on s'en servira largement dans notre analyse. Mais à l'exception peut-être de Lucas [1988], elles correspondent souvent davantage à des remarques dont les limites apparaissent dans la généralité et l'ambiguïté de certains commentaires ou dans les interrogations mentionnées précédemment.

Plan général

Ce travail est décomposé en trois grandes parties.

La première partie revient de manière détaillée sur la diversité des recours aux externalités dans quelques modèles de croissance « exogène » (Romer [1987a] et Lucas [1990]) ou « endogène » : modèles de capital physique de type Romer [1986], de recherche-développement de type Romer [1990]/Grossman-Helpman/Aghion-Howitt [1992], et d'éducation de type Lucas [1988]. On montre qu'avant toute interrogation précise sur la notion d'effets externes, le test mené par Lucas [1990] à partir des travaux de comptabilité de la croissance ne permet pas de valider son modèle et qu'il est d'ailleurs possible d'obtenir les mêmes conclusions en considérant une externalité sur le capital physique par tête. De manière plus générale, la conclusion essentielle est qu'en dépit du caractère plausible des idées avancées pour justifier l'introduction des externalités dans les modèles de croissance, il demeure un certain nombre de questions importantes, notamment sur leur mode d'action précis et la manière

d'en rendre compte dans une fonction de production agrégée, qui nécessitent une analyse systématique de la notion d'effets externes.

La deuxième partie est consacrée aux externalités « informationnelles » et dans une moindre mesure « éducatives ». Après un bref rappel des principaux résultats de la théorie microéconomique traditionnelle des effets externes physiques, on analysera leurs modes de diffusion, leurs propriétés, la nature du lien qui les unit au progrès technique et les problèmes allocatifs spécifiques qu'elles soulèvent dans une économie décentralisée en présence de coûts de transaction positifs. On montrera notamment que la diffusion des effets externes prend souvent des formes très indirectes, qu'il existe des processus très particuliers et généralement négligés d'internalisation mais qu'en même temps, certaines externalités ne sont pas par nature internalisables en raison de leur imprévisibilité. Enfin, on verra également que contrairement à ce qui est avancé, il n'existe pas d'externalités éducatives significatives pour la croissance à l'exception de l'influence exercée par les parents sur l'accumulation du capital humain, laquelle doit encore être précisée.

La troisième partie examine en détail la pertinence de trois formes d'introduction des externalités : le rattachement au capital physique, l'hypothèse d'une transmission intergénérationnelle du capital humain dans les modèles d'éducation et enfin le rattachement de l'externalité au capital humain dans un modèle de type Lucas [1988]. On verra qu'on peut réfuter les principaux arguments avancés pour justifier l'idée d'une externalité sur le capital physique, qu'il est difficile de trouver une conception du capital humain qui puisse justifier sa transmission intergénérationnelle en dépit de l'influence parentale, enfin que même avec l'interprétation la plus favorable, l'avantage externe décrit par Lucas n'est pas attaché de manière aussi simple au niveau moyen du capital humain que ne le laisse supposer son modèle.

**EXTERNALITÉS
ET
MODÈLES DE CROISSANCE :
QUELQUES INTERROGATIONS**

Première partie

EXTERNALITÉS ET MODÈLES DE CROISSANCE : QUELQUES INTERROGATIONS

INTRODUCTION

Cette première partie a essentiellement pour objectif de rappeler la diversité des recours des modèles de croissance aux externalités ainsi que les nombreux problèmes et interrogations qu'elles soulèvent.

La première section revient de manière détaillée sur les modèles de Romer [1987a] et Lucas [1990] qui montrent que l'introduction d'une externalité sur le capital par tête ou sur le niveau moyen du capital humain dans une Cobb-Douglas traditionnelle peut être un moyen simple de réconcilier les prédictions du modèle néoclassique avec certains faits empiriques. On rappelle aussi très succinctement le rôle joué par les externalités dans l'endogénéisation de la croissance dans trois grands types de modèles : modèle de capital physique (Romer [1986] réinterprété), modèle d'éducation (Lucas [1988]) et modèle de recherche-développement (Romer [1990], Grossman-Helpman [1991] et Aghion-Howitt [1992]).

La deuxième section présente les principaux problèmes et les principales interrogations que pose l'introduction des externalités dans ce type de modèles. On montre qu'il est possible d'obtenir les mêmes conclusions que Lucas [1990] en considérant une externalité sur le capital physique par tête, que le test proposé par Lucas ne permet pas vraiment de valider son modèle, et qu'en dépit du caractère plausible des idées avancées pour justifier l'introduction des externalités dans les modèles de croissance, il demeure un certain nombre de questions importantes qui nécessitent une analyse systématique de la notion d'effet externes. On verra également que les travaux de comptabilité de la croissance menés par Carré-Dubois-Malinvaut [1972] et les commentaires qui les accompagnent constituent un cas exemplaire pour témoigner

du flou qui entoure parfois la notion d'effet externe lorsqu'elle est introduite dans une fonction de production agrégée.

I LA DIVERSITE DES RECOURS AUX EXTERNALITES DANS LES MODELES DE CROISSANCE

I.1 EXTERNALITES ET VARIATIONS SUR LE MODELE NEO-CLASSIQUE

L'objet de cette section est de montrer que l'introduction d'externalité sur le capital physique ou le capital humain est un moyen de réconcilier certaines des prédictions du modèle traditionnel avec les observations empiriques. On pourrait se poser la question de son intérêt étant donné l'existence de modèles de croissance qui font un pas supplémentaire en endogénéisant le progrès technique. En réalité, bien qu'on ait pu croire que le modèle traditionnel était définitivement « dépassé », il est clair qu'il continue à être aujourd'hui l'un des modèles de base de l'analyse économique de la croissance. Comme le disent Barro et Sala-i-Martin [1995], ses prédictions sur les expériences comparées de croissance n'ont été bien comprises que récemment et c'est pourquoi il continue à donner lieu à de nouveaux développements (notamment Mankiw-Romer-Weil [1992], Barro-Mankiw-Sala-i-Martin [1994], Nonneman & Vanhoudt [1996]).

En outre, de notre point de vue, le point essentiel sur lequel les deux types de théories s'opposent, et qui font d'elles à certains égards des théories plutôt rivales que complémentaires, ce n'est pas l'exogénéité ou non du progrès technique mais l'identité des niveaux et des rythmes technologiques. Rigoureusement, aucune hypothèse n'est obligatoirement associée à l'une ou l'autre des approches. Ainsi, le modèle de Solow est parfaitement compatible avec des rythmes différents de progrès technique, même si naturellement il ne les explique pas, et il est possible d'imaginer un modèle général qui déterminerait de manière endogène un niveau et un rythme technologique unique pour toutes les économies. Mais de fait, la plupart des extensions du modèle de type Solow à l'économie ouverte maintiennent l'hypothèse d'un niveau et d'un rythme technologique identique pour toutes les économies, alors que les modèles de croissance endogène tendent plutôt à la récuser.

I.1.1 PREDICTIONS ET VALIDATION DU MODELE NEO-CLASSIQUE EN ECONOMIE OUVERTE

I.1.1.a) Le modèle de Solow avec capital humain exogène

L'approche traditionnelle de la croissance étant aujourd'hui largement diffusée, la présentation qui suit est réduite au minimum. Elle est surtout l'occasion de fixer les notations et de faire quelques remarques utiles pour la suite de la discussion.

Le modèle de Solow [1956] décrit le comportement agrégé d'une économie concurrentielle à un seul bien homogène épargnant à chaque période une proportion donnée (s) de sa production. Les contraintes techniques de la production sont résumées dans une fonction

de production néoclassique vérifiant les propriétés traditionnelles : décroissance des productivités marginales des facteurs, homogénéité de degré 1 sur les facteurs capital (K) et travail (L) et les conditions d'Inada². Pour obtenir un état régulier, on adopte la convention selon laquelle il est possible de mesurer l'influence du progrès technique de telle manière qu'il prenne la forme labor-saving. Afin de mettre clairement en évidence l'ensemble des prédictions notamment quantitatives qui peuvent être tirées du modèle initial, on considère immédiatement une spécification de type Cobb-Douglas puisque c'est celle qui est utilisée en pratique. On étend aussi quelque peu la présentation traditionnelle sur trois points :

- On prend en compte explicitement la qualité du facteur travail, dans le sens que lui attribuent les travaux de comptabilité de la croissance, i.e. indépendamment du progrès technique, en affectant la quantité globale de travail d'un indice moyen de « qualité » ou de « capital humain », noté h .

- On intègre un rythme d'accumulation exogène constant de ce capital humain : $h(t) = h_0 e^{vt}$. Evidemment, cette manière de faire est insatisfaisante. La formation de capital humain résulte comme le progrès technique d'un effort d'investissement dont ne tient pas compte le modèle de Solow non augmenté et qui implique un renoncement à la consommation présente. Cette hypothèse facilitera néanmoins la comparaison des prédictions avec d'autres modèles.

- On évite également de confondre dans une seule variable les facteurs techniques et non techniques (influence des politiques économiques, structure d'incitations,...) déterminant le niveau « technologique » au sens large de la fonction de production.

La fonction de production agrégée de l'économie est donnée par :

$$Y(t) = AK(t)^\alpha [X(t)h(t)L(t)]^{1-\alpha} \quad (1)$$

où $Y(t)$, $K(t)$ et $L(t)$ représentent respectivement le produit total, le stock de capital et le stock de travail (identifié ici à l'ensemble de la population) au temps t . Ce dernier est supposé croître au taux constant n : $L(t) = L_0 e^{nt}$; $X(t)$ est un paramètre décrivant l'évolution du progrès technique qui est introduit, pour simplifier, sous la forme d'un trend exogène : $X(t) = X_0 e^{xt}$. Les deux sources de productivité, éducation et technologie, apparaissent donc dans le modèle comme des facteurs gratuits. X_0 et h_0 ne sont pas normalisés à l'unité et leur influence sur la productivité des facteurs est présentée de la même manière que le paramètre A . Les contraintes productives sont alors résumées dans l'équation suivante :

$$L_0 e^{nt} c(t) + \dot{K}(t) + \delta K(t) = A(X_0 h_0)^{1-\alpha} K(t)^\alpha [e^{(x+v)t} L(t)]^{1-\alpha} \quad (2)$$

c représente la consommation par tête et δ le taux de dépréciation du capital physique. Pour analyser la période de transition du modèle avec progrès technique, le plus simple est de

² $\lim_{K \rightarrow 0} F'_K = \lim_{L \rightarrow 0} F'_L = +\infty$ et $\lim_{K \rightarrow +\infty} F'_K = \lim_{L \rightarrow +\infty} F'_L = 0$

réécrire le système à partir des variables qui restent constantes à l'état régulier. On pose ainsi $e^{(x+v)t} L(t) = \hat{L}(t)$. Cela ne mesure plus exactement la quantité de travail par unité efficace puisque l'on n'a pas inclus le niveau moyen initial du capital humain (h_0). On parlera simplement ici de quantité de travail « corrigée ». On note $\hat{k}$, $\hat{y}$ et $\hat{c}$ les valeurs respectives du capital, du produit et de la consommation, toutes exprimées par unité de travail « corrigées ».

La loi d'évolution de $\hat{k}(t)$ peut être déterminée en divisant (2) par $\hat{L}(t)$ puis en réarrangeant. Si l'on note $f(\cdot)$ la forme intensive de la fonction la fonction $F(\cdot)$, et que l'on divise à nouveau des deux côtés par $\hat{k}$, on obtient l'expression du taux de croissance de $\hat{k}$ ($g_{\hat{k}}$) durant la période de transition³ :

$$g_{\hat{k}} = \dot{\hat{k}}/\hat{k} = sA[X_0h_0]^{1-\alpha} \hat{k}^{\alpha-1} - (x+n+v+\delta) \quad (3)$$

La résolution de cette équation différentielle ($\dot{\hat{k}} = 0$) permet de déterminer la valeur d'équilibre de $\hat{k}$ ($\hat{k}^*$). La décroissance monotone de la productivité marginale du capital entraîne celle du produit moyen et assure l'unicité et la stabilité de l'équilibre, ce qu'on peut visualiser graphiquement :

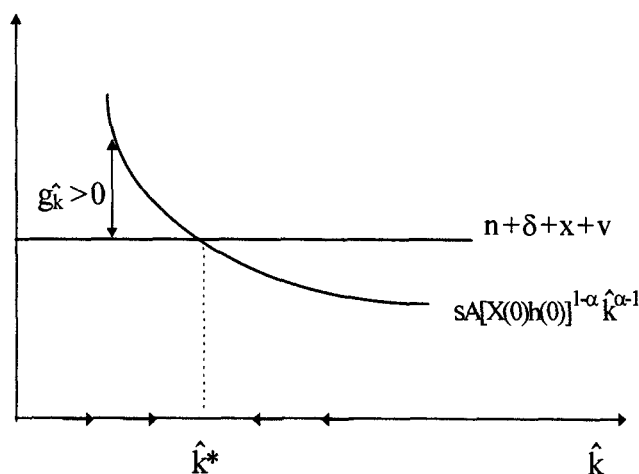


Figure I.1 : La dynamique dans la modèle de Solow.

La constance de $\hat{k}$ à l'équilibre entraîne celle de $\hat{y}$ et de $\hat{c}$, et donc :

$$(g_y)^* = (g_k)^* = (g_c)^* = x + v \quad (4)$$

Les taux de croissance de la consommation et du produit par tête sont déterminés à long terme par la somme des taux de croissance exogènes du capital humain et du progrès technique.

³ Comme cela est souvent fait pour alléger la notation, les fonctions temporelles sont écrites comme de simples variables. On recourra à cette présentation toutes les fois où il n'y a pas d'ambiguïté.

Les autres variables n'exercent que des « effets de niveaux ». $\hat{k}^*$ et donc $\hat{y}^*$, le revenu par unité de travail « corrigée », dépendent positivement de A , s , h_0 , X_0 , (ce que l'on visualise sur le schéma par un déplacement vers la droite de la courbe), mais négativement de n et δ (déplacement vers le haut de la droite horizontale).

Naturellement, cette dernière conclusion dépend de manière déterminante de l'hypothèse d'exogénéité des progrès technique et « éducatif ». Si ces derniers sont en partie le fruit de l'activité (et il n'y a pas de raison d'en douter) et si la relation est telle qu'ils ne s'épuisent pas, ce qui est probable au moins pour le progrès technique, alors toute forme d'investissement dans la production de connaissances techniques et tous les paramètres qui en déterminent la productivité, agiront sur le taux de croissance à long terme du produit par tête. La neutralité du taux « d'épargne » et des variables déterminant le niveau de la fonction de production semble donc plutôt s'apparenter à un artefact qui naît d'une hypothèse simplificatrice et il est préférable de dissocier autant que possible cette conclusion des autres prédictions du modèle⁴.

1.1.1.b) De bonnes prédictions qualitatives

Pour tirer des conclusions sur les expériences de croissance des économies, il faut étendre le modèle à l'économie ouverte, i.e. prendre en compte les conséquences de l'existence de flux de biens et services au sens large entre les économies (indicées par i). L'hypothèse traditionnelle consiste à supposer que les économies ont un égal accès à la connaissance technique, autrement dit un accès à une même fonction de production internationale ainsi qu'à ses déplacements. Elles connaissent donc toutes le même niveau et le même rythme technologique ($X_i(t) = X(t)$). Cette hypothèse repose sur deux postulats : i) Les contraintes qui pèsent et qui ont pesé sur la mobilité des biens et des hommes ne sont pas décisives pour l'accès à la technologie ; ii) les différences dans les spécialisations sont secondaires.

Ces postulats sont évidemment critiquables mais laissons-les de côté pour l'instant. D'un point de vue qualitatif, le modèle néo-classique fait trois grandes prédictions :

♦ Identité des rythmes de croissance à long terme : Il ne peut pas exister de différences durables dans les rythmes de croissance que connaissent à long terme les économies. Pour toute économie i , le modèle prédit en effet que $(g_{yi})^* = x + v_i$ et les différences entre les rythmes d'accumulation de l'éducation, bien que substantielles restent marginales pour les ordres de grandeur en jeu. En outre, il serait sans doute plus juste de supposer que les v_i convergent à terme vers une même valeur assez faible. Néanmoins, pendant des périodes intermédiaires qui peuvent être assez longues, il peut demeurer des écarts notables dans les rythmes de croissance des économies parce que les v_i diffèrent mais aussi parce que les économies peuvent être situées dans leur période de transition.

⁴ Voir annexe I pour quelques remarques sur la question de l'endogénéisation de l'épargne dans les modèles de croissance.

♦ Convergence conditionnelle : Si deux pays ne diffèrent qu'au niveau de leur capital par tête, le pays le plus faiblement doté croîtra plus rapidement que le pays fortement doté. Comme le taux de croissance du produit par tête est d'autant plus important que le niveau de capital par tête est faible du fait de la décroissance de la productivité du capital, le modèle prédit donc, toutes choses égales par ailleurs, i.e. pour s , A , X_0 , h_0 , n , δ , et v donnés, un mécanisme de convergence des pays pauvres vers les pays riches. Des valeurs différentes entre les pays peuvent néanmoins renforcer ou contrecarrer ce mécanisme de convergence.

♦ Effet positif de la mobilité des capitaux sur la convergence conditionnelle : Lorsque l'on raisonne en économie ouverte, on est obligé de tenir compte de la mobilité des facteurs de production. Même si elle est imparfaite pour le capital et souvent quasi-nulle pour le facteur travail, la mobilité des facteurs accentue le mécanisme de convergence puisque les facteurs et en particulier le capital doivent normalement affluer là où ils sont les mieux rémunérés (parce que les plus rares), i.e. dans les pays pauvres.

De manière qualitative et ainsi que l'ont montré les travaux de Barro & Sala-i-Martin [1992] et [1995], les prédictions du modèle néoclassique sont assez bonnes notamment au niveau régional, i.e. au niveau où l'on observe la plus grande similarité des paramètres : les mêmes goûts, la même culture, le même système politique, un égal accès à la technologie, des niveaux de formation et des niveaux d'épargne très semblables. On vérifie le phénomène de convergence pour les Etats américains entre 1880 et 1990, pour les préfectures japonaises entre 1930-1990, pour les régions françaises, allemandes, italiennes, hollandaises, belges, espagnoles sur la période 1950-1990. Le même phénomène de convergence inconditionnelle moins marqué eu égard aux différences notables dans les paramètres, est observé pour les pays industriels sur la période [1960-1985]⁵.

Enfin, bien que l'on constate une absence de convergence au niveau mondial, le modèle de Solow ne semble pas définitivement invalidé. Comme on le sait, celui-ci rend compte de cette possibilité lorsque les différences dans les paramètres contrecarrent systématiquement le mécanisme de convergence. Et a priori, il est probable que cela soit le cas dans la réalité parce que les pays commençant avec un faible niveau de produit par tête $y(0)$ sont probablement à ce niveau précisément parce que leur niveau d'état régulier $\hat{y}^*$ est faible (parce qu'ils manquent de manière chronique d'épargne ou parce que ils souffrent des distorsions systématiquement introduites par l'activité de l'Etat.). De manière générale, les tests de Barro & Sala-i-Martin [1992] confirment que les différences dans les paramètres jouent en moyenne contre le mécanisme de convergence et ne permettent pas de rejeter une nouvelle fois le modèle de Solow. On observe ainsi des corrélations significativement positives entre le produit par tête et le taux d'investissement, ou des indicateurs divers du niveau de la fonction de production ; et significativement négatives avec les niveaux d'éducation et les taux de croissance

⁵ On renvoie ici aux corrélations très claires établies par les auteurs et parfaitement résumées dans Barro & Sala-i-Martin [1995, chapitre 11]. Voir aussi Sala-i-Martin [1997].

démographique. Enfin les différences sont nettement moins marquées lorsqu'on raisonne par actif plutôt que par travailleurs⁶.

1.1.1.c) Des prédictions quantitatives problématiques

La vitesse de convergence

Au niveau quantitatif, les prédictions du modèle de Solow sont plus problématiques. Depuis Barro et Sala-i-Martin [1992] et Mankiw-Romer-Weil [1992], on a pris l'habitude de mesurer la vitesse de convergence d'une économie, i.e. la vitesse à laquelle se réduit l'écart entre le niveau de revenu à un moment donné et le revenu d'équilibre⁷. Celle-ci est donnée par l'expression :

$$B = [\ln \hat{k}^* - \ln \hat{k}(t)] / g_{\hat{k}}(t) \quad (5)$$

Pour $B = 0,05$ par exemple, cela signifie que l'écart entre $\hat{y}(t_0)$ et $\hat{y}^*$ se réduit de 5% chaque année. On peut exprimer la relation autrement, en disant que le temps qu'il faudra pour que $x\%$ de l'écart entre le revenu à un moment donné et le revenu d'équilibre est donné par :

$$T = - \frac{\ln(1-x)}{B} \quad (6)$$

Si par exemple, $B = 0.02$, alors cela implique que le temps nécessaire pour que 50% de l'écart initial soit comblé est égal à environ 35 ans. Pour obtenir une mesure quantitative de la vitesse de convergence dans le modèle de Solow, il faut spécifier la fonction de production. En prenant une Cobb-Douglas, il va :

$$B = (1-\alpha)(\delta+n+z) \quad (7)$$

(7) indique une relation inverse entre α et la rapidité de la convergence. Plus α est faible, et plus B est important, autrement dit, plus l'éloignement de l'état régulier se traduira par un taux de croissance important. On peut estimer quantitativement la vitesse de convergence prédite par le modèle de Solow avec une Cobb-Douglas en donnant une valeur aux paramètres z , n , δ et α . Si on prend les valeurs raisonnables empiriques suivantes : $z = 0.02$; $n = 0.01$, $\delta = 0.05$; $\alpha = 1/3$, B est égal à 0,056, ce qui implique une demi-durée de convergence d'environ 12 ans et demie. Avec $n = 0.02$, cette demi-vie passe à 11 ans.

Pour juger de la qualité de cette prédiction, il faut pouvoir comparer ce chiffre avec une mesure directe de la vitesse de convergence pour les économies. Les estimations récentes sont

⁶ Dowrick [1992] a ainsi montré que sur la période 1960-1984 et sur un échantillon de 113 pays, les taux de croissance annuels moyens par tête étaient de 1,36 pour les pays pauvres, 2,16 pour les pays intermédiaires et 2,49 pour les pays riches. Recalculés par actif, ces taux de croissance passaient à 1,90 pour les pays pauvres, 2,03 pour les pays intermédiaires et 2,06 pour les pays riches.

⁷ Plus exactement leur log népérien. Mais au voisinage de l'état régulier, on peut montrer que l'écart entre les ln des variables se réduit à la même vitesse même que l'écart entre les variables.

résumées dans Sala-i-Martin [1996]. Elles donnent en moyenne une valeur de 0,02 ce qui est une valeur inférieure à celle prédite par le modèle de Solow, plus proche de 0,06.

Différences de productivités marginales et différences dans les produits par tête

L'écart précédent indique que la décroissance de la productivité marginale se manifeste de manière trop forte dans le modèle de Solow, ce qui implique qu'un écart substantiel entre les niveaux de produits par tête induit tout de suite d'énormes différences dans les productivités marginales du capital. Supposons ainsi que la fonction de production de n'importe quel pays soit donnée par :

$$y_i = Ak_i^\alpha \quad (8)$$

avec A identique pour tous les pays. La productivité marginale du capital exprimée en fonction du produit par tête sera égale à :

$$y'(k)_i = \alpha A^{1/\alpha} y_i^{(\alpha-1)/\alpha} \quad (9)$$

En indiquant par les lettres r et p les pays riches et pauvres, on peut directement calculer à partir (9) le rapport des productivités marginales :

$$\frac{y'(k)_r}{y'(k)_p} = \left(\frac{y_r}{y_p} \right)^{1-\alpha/\alpha} \quad (10)$$

On voit que si le produit par tête du pays riche est 10 fois supérieur à celui du pays pauvre (soit à peu près l'écart qui sépare les Etats-Unis des Philippines)⁸, alors l'expression précédente indique que le rendement du capital aux Philippines doit être plus de 30 fois supérieur à celui des Etats-Unis, ce qui est parfaitement irréaliste et incompatible avec une mobilité même imparfaite des capitaux.

Naturellement, il existe des différences dans les niveaux de formations respectifs du pays dont il faudrait tenir compte pour faire de justes comparaisons. Si l'on note h le niveau moyen de capital humain, la productivité marginale devient égale à :

$$y'(k) = \alpha A^{1/\alpha} y^{(\alpha-1)/\alpha} h^{(1-\alpha)/\alpha} \quad (11)$$

En indiquant h de manière analogue au produit par tête, le même raisonnement que précédemment montre alors que le modèle prédit un rapport des productivités marginales égal à :

$$\frac{y'(k)_r}{y'(k)_p} = \left(\frac{y_r/y_p}{h_r/h_p} \right)^{1-\alpha/\alpha} \quad (12)$$

⁸ Exemple que prend Romer [1994] dont s'inspire cette présentation.

Si le capital humain par tête est 4 fois plus élevé, ce qui est une estimation raisonnable dans l'exemple Etats-Unis / Philippines, alors les productivités marginales ne varient plus que dans un rapport de 1 à 4, ce qui reste néanmoins encore important.

La prise en compte d'une correction qualitative du facteur travail est assurément un premier pas vers une meilleure spécification du modèle et correspond bien à l'esprit du modèle original de Solow. Mais comme on l'a dit au début de cette partie, l'introduction exogène du capital humain n'est pas très satisfaisante car son accumulation implique le renoncement à une consommation immédiate et traduit un effort d'épargne aussi important que l'accumulation du capital physique qui vient retarder la décroissance de la productivité marginale du capital. Cette idée peut d'ailleurs être rapprochée de la question de la vitesse de la convergence à laquelle elle est directement liée. Comme on l'a vu précédemment, la valeur déterminante dans la vitesse théorique de convergence est donnée par α , la part des revenus du facteur capital. Si l'on veut adapter la théorie aux observations, on peut chercher à augmenter l'élasticité sur le ou les facteurs accumulables en considérant une conception élargie du capital, ou en introduisant un autre facteur accumulable, le capital humain. Cette seconde option est la voie choisie par Mankiw, Romer & Weil [1992] et Barro, Mankiw & Sala-i-Martin [1994]. Examinons-la rapidement.

1.1.1.d) Le modèle de Solow augmenté et ses limites

Pour Mankiw, Romer, Weil [1992], il est possible de conserver les principales conclusions du modèle de Solow si l'on y inclut le capital humain comme un facteur accumulable supplémentaire (et non exogène). La fonction de production agrégée de l'économie i devient alors :

$$Y_i(t) = A_i K(t)^\alpha H_i(t)^\beta [X(t)L_i(t)]^{1-\alpha-\beta} \quad (13)$$

$$\text{avec } \alpha + \beta < 1$$

L'accumulation de H résulte comme celle de K de l'épargne à chaque période d'une partie du produit global. On note s_H la part du produit consacré à l'investissement dans le capital humain et s_K , celle qui est consacrée à l'accumulation du capital physique. Le modèle est analogue dans sa dynamique à celui du modèle de Solow. Toutes les économies doivent converger à terme vers le même taux de croissance exogène du progrès technique commun x . A l'Etat régulier, les différences dans les niveaux de produit par tête sont toujours attribuables aux différences dans les paramètres propres aux pays : ceux sur lesquels insistaient Solow A_i , s_{K_i} , n_i mais aussi maintenant s_{H_i} (plutôt que $h(0)_i$).

Mankiw, Romer & Weil [1992] ont montré, à partir d'un échantillon composé de 98 pays, que si l'on se base sur l'hypothèse selon laquelle les économies sont situées à leur état régulier, 80% de la variation actuellement observée des revenus par travailleurs peut s'expliquer dans le cadre de leur modèle par les différences dans s_{K_i} , s_{H_i} et n_i . La part non expliquée est alors attribuée aux différences internationales dans les A_i (différences de ressources naturelles,

de climat, de politiques économiques, etc...). D'autre part, leur modèle rend mieux compte des expériences de convergence. En effet, avec un second facteur accumulable, la vitesse de convergence prédite est désormais donnée par :

$$B = (1-\alpha-\beta)(z+n+\delta) \quad (14)$$

Si l'on pose $(z+n+\delta) = 0,06$ et que l'on retient $\alpha = \beta = 1/3$ ⁹, le coefficient de convergence est de l'ordre de 2% et reste compatible avec les vitesses mesurées de manière empirique, ce qui signifie en même temps que les différences dans les rendements du capital sont réduites. Barro, Mankiw & Sala-i-Martin [1994] ont élargi ce modèle à l'économie ouverte en endogénéisant les taux d'épargne. Il montre qu'il est possible de conserver une vitesse de convergence raisonnable si on tient compte du fait que les économies ne peuvent pas emprunter plus que le montant du capital physique qu'ils ont déjà accumulé.

Ces résultats assez remarquables sur le plan quantitatif ont eu un large écho mais la méthodologie employée les rend en réalité hautement critiquables, l'hypothèse la plus contestable étant celle de l'identité des niveaux et des rythmes technologiques. Ainsi que le font remarquer Grossman & Helpman [1994], il est difficile par exemple de penser que le taux auquel les producteurs japonais ont acquis des nouvelles technologies depuis la seconde guerre mondiale ne soit pas supérieur à celui du Tchad. Si l'on ne pose pas arbitrairement $x_i = x$, il est possible d'estimer directement les x_i par la méthode de la comptabilité de la croissance et les travaux ont montré des différences assez fortes dans les taux de croissance des productivités globales des facteurs y compris dans les pays proches et sur des périodes assez courtes. Or, si x_i est bien corrélé avec s_k , alors une régression qui pose $x = x_i$ attribuera à l'investissement ce qui est en fait dû à x_i .

La conclusion essentielle que l'on voudrait retenir ici est que les résultats obtenus dans les versions les plus récentes du modèle néoclassique sans externalité, ne permettent pas d'invalider, loin de là, l'hypothèse de la diversité des niveaux et des rythmes technologiques. Ils ne permettent pas non plus a priori de rejeter d'autres variations du modèle néoclassique qui conservent l'hypothèse simplificatrice d'un progrès technique exogène mais intègrent une externalité sur k ou sur h pour rendre compte des différences éventuelles dans les *niveaux* technologiques.

I.1.2 L'HYPOTHESE DE DIFFERENCES TECHNOLOGIQUES INDUITES PAR LES EXTERNALITES

I.1.2.a) Différences dans les niveaux technologiques

Pourquoi les pays ne convergent-ils pas ou pas aussi vite que la théorie le prévoit ? Pourquoi le rendement du capital n'est-il pas plusieurs fois supérieur dans les pays pauvres ? Pourquoi le capital n'afflue-t-il pas vers les pays pauvres ? La manière la plus simple de

⁹ Mankiw, Romer, Weil [1992] montrent que les valeurs de $\alpha = \beta \approx 1/3$ sont plausibles.

répondre à ces trois questions, qui sont équivalentes dans le modèle de Solow, est de postuler l'existence de différences technologiques.

Repartons de l'expression de la productivité marginale donnée par (11). En indiquant par r et p , les variables propres aux pays riches et aux pays pauvres, on peut noter immédiatement que l'égalisation des productivités marginales des deux pays implique :

$$\frac{A_r^{1/\alpha} y_r^{(\alpha-1)/\alpha} h_r^{(1-\alpha)/\alpha}}{A_p^{1/\alpha} y_p^{(\alpha-1)/\alpha} h_p^{(1-\alpha)/\alpha}} = 1 \quad (15)$$

En isolant $\frac{A_r}{A_p}$, on obtient alors directement l'expression de la différence dans les niveaux de technologie nécessaire pour compenser les écarts dans les rendements du capital :

$$\frac{A_r}{A_p} = \left(\frac{y_r/y_p}{h_r/h_p} \right)^{1-\alpha} \quad (16)$$

Dans l'exemple Etats-Unis/Inde que prend Lucas [1990], $y_r/y_p = 15$ et $h_r/h_p = 5$. Cela implique que A_r/A_p devrait être égal à environ 1,93 avec $\alpha = 0,4$. Cet écart signifie que même si l'Inde disposait du même niveau d'éducation et du même stock de capital qu'aux Etats-Unis, sa production par tête serait encore presque deux fois inférieure. Assurément cet écart est important. Le tableau suivant donne une idée des ordres de grandeurs en jeu pour $\alpha = 0,4$:

y_r/y_p h_r/h_p	2	3	4	5	10	15	25
2	1	1,27	1,52	1,73	2,62	3,35	4,55
3		1	1,18	1,39	2,06	2,62	3,57
4			1	1,14	1,73	2,21	3
5				1	1,73	1,93	2,62

On voit qu'une fois corrigées les différences qualitatives dans le facteur travail, les écarts technologiques nécessaires pour compenser les différences de rendements du capital ne sont absolument pas extrêmes d'autant plus que pour maintenir un mécanisme minimal de convergence conditionnelle, il faut considérer les chiffres précédents comme une limite supérieure.

Décalage temporel

Même si les différences technologiques compatibles avec une certaine égalisation des rendements du capital ne sont pas énormes, il est facile de voir qu'elles sont néanmoins suffisamment importantes pour qu'il soit difficile de les expliquer par un quelconque délai de diffusion des technologies des pays riches vers les pays pauvres. Pour s'en convaincre, supposons que les rythmes technologiques soient constants et identiques entre les pays ($\mu = \mu_i$)

et que les différences technologiques proviennent d'un simple décalage temporel dans l'accès aux technologies. Formellement, cela revient à poser :

$$A_{0p} = A_{0r} e^{-\mu T} \quad (17)$$

avec T constant représentant le nombre d'années de retard. Les contraintes productives du pays pauvre sont alors données par :

$$Y_p(t) = A_{0r} e^{\mu(t-T)} K_p(t)^\alpha [L_p(t) h_p(t)]^{1-\alpha} \quad (18)$$

En suivant le même raisonnement qu'au-dessus, on peut alors calculer la relation entre les écarts relatifs des niveaux produits par tête et la période de retard technologique T nécessaire pour égaliser les taux de rendements entre les deux pays. Celle-ci est donnée par :

$$T = \frac{1-\alpha}{\mu} \ln \left(\frac{y_r/y_p}{h_r/h_p} \right) \quad (19)$$

Les rapports en jeu sont résumés dans le petit tableau numérique suivant (avec $\alpha = 0,4$ et $\mu = 0,02$):

$\left(\frac{y_r/y_p}{h_r/h_p} \right)$	3	4	5	8	10
T	32	41,5	48	62	69

Si l'on suit le raisonnement précédent, alors on devrait conclure que la technologie met *en moyenne* au moins 32 ans pour se diffuser des Etats-Unis aux Indes, chiffre qui peut difficilement être réconcilié avec ce que l'on observe des flux de technologie même si l'on perçoit en même temps que ce calcul n'est pas dénué de tout fondement étant donné ce que l'on connaît également sur les cycles de diffusion des technologies¹⁰.

On peut faire un pas supplémentaire dans l'adaptation du modèle de Solow en essayant de rattacher cette fois-ci le niveau technologique à une variable mesurable de manière telle qu'elle ne remette pas en cause la constance des rendements.

1.1.2.b) Externalité sur le niveau de capital par tête (Romer [1987a])

Comme le montre Romer [1987a], si l'on veut réconcilier la vitesse de la convergence observée avec la théorie, l'une des possibilités consiste à construire un modèle dans lequel on augmente l'élasticité du facteur capital et on baisse celle du facteur travail. Mais il faut alors justifier en même temps que le facteur capital puisse être rémunéré en deçà de sa contribution

¹⁰ Il s'agit d'une estimation minimale dans la mesure où les écarts estimés dans les niveaux moyens entre les deux pays (1 contre 5) semblent un peu exagérés si l'on suit Olson [1996]. Voir sur ce point II.1.1.b.

réelle et le facteur travail au-delà de telle manière que la part de chaque facteur dans le revenu national ne reflète plus son élasticité par rapport au produit global¹¹.

L'introduction de deux externalités, l'une positive sur le capital physique et l'autre négative sur le facteur travail sont alors, au moins d'un point de vue technique, les candidats idéaux. Naturellement, il faudrait s'interroger davantage sur la nature de ces externalités. Pour l'instant, considérons la spécification proposée par Romer. Les contraintes productives de la firme représentative sont données par :

$$Y_j = A K_j^\alpha L_j^{1-\alpha} \bar{K}^\theta \bar{L}^{-\theta} \quad (20)$$

avec $K = \sum_j K_j$ et $L = \sum_j L_j$ et $\theta > 0$

$\bar{K}^\theta$ traduit l'influence de l'externalité positive, $\bar{L}^{-\theta}$ celle de l'externalité « négative ». La barre au dessus de la variable est là pour rappeler que la firme j considère ces influences sur sa production comme données¹². Si toutes les firmes sont identiques, elles font le même choix à l'équilibre et l'on peut déterminer directement la fonction de production agrégée de l'économie.

En posant $\beta = \alpha + \theta$ et $Y = \sum_j Y_j$, il va :

$$Y = A K^\beta L^{1-\beta} \quad (21)$$

β et $(1-\beta)$ sont en quelque sorte les élasticités sociales au niveau agrégé du produit respectivement par rapport au capital et par rapport au travail. Etant donné qu'elles mesurent les effets productifs réels, ce sont celles qui importent véritablement pour mesurer la vitesse de convergence. De ce point de vue, la chose importante ici est que $(1-\beta)$ est désormais inférieur à $(1-\alpha)$, la part des revenus du travail dans le produit global.

Romer procède alors à une estimation empirique de $(1-\beta)$ dans laquelle la valeur de 0,25 apparaît plausible. Cela implique $\beta = 0,75$ et donc $\theta = \beta - \alpha = 0,42$ (pour $\alpha = 1/3$) ou 0,35 (pour $\alpha = 0,4$). Comme la part du capital dans une fonction qui est toujours à rendement constant est désormais égale à 0,75, la vitesse de convergence prédite par le modèle est exactement celle qui est estimée empiriquement par les travaux de Barro et Sala-i-Martin [1992], soit 0,02.

Reprenons maintenant le raisonnement avec deux pays (riche et pauvre). Si l'on suppose $A_r = A_p$, les différences de productivités marginales autorisant cette vitesse de convergence sont toujours données par :

¹¹ Bien que Romer [1994] se soit montré a posteriori très critique sur ce modèle, celui-ci constitue bien l'une des manières de résoudre en partie le problème de la convergence en modifiant légèrement le cadre néo-classique, c'est pourquoi il est utile de s'arrêter sur la manière dont les externalités y sont introduites.

¹² On adoptera cette notation tout au long du travail.

$$\frac{y'(k)_p}{y'(k)_r} = \left(\frac{y_r}{y_p} \right)^{1-\beta/\beta} \quad (22)$$

Mais avec $\beta = 0,75$, le coefficient important $(1-\beta)/\beta$ devient égal à $1/3$ contre $1,5$ en l'absence d'effets externes. Le tableau ci-dessous permet de se faire une idée des nouveaux rapports en jeu :

(y_r/y_p)	2	5	10	15
$\frac{y'(k)_p}{y'(k)_r}$	1,25	1,70	2,15	2,44

D'une certaine manière, les différences de productivité marginale prédites par le modèle ne sont pas très importantes pour les valeurs extrêmes (rendement seulement 2,5 fois plus important pour un pays 15 fois moins « riche ») étant donné que l'on n'a pas tenu compte des différences dans les niveaux d'éducation ou des autres facteurs susceptibles d'influencer le niveau de la fonction de production¹³.

1.1.2.c) Externalité sur le niveau de capital humain (Lucas [1990])

Chez Romer [1987a], l'introduction d'une double externalité permet de réduire la vitesse de convergence prédite par le modèle de Solow mais les différences dans les niveaux de produits par tête restent à l'origine de différences (réduites) dans les rendements du capital. En outre, la fonction de production maintient l'hypothèse de rendements constants au niveau agrégé. En abandonnant la question de la vitesse de la convergence qui ne se pose qu'entre les pays qui convergent effectivement, on peut également considérer comme le fait Lucas [1990] que le principal problème du modèle néoclassique dans un monde d'économies ouvertes est qu'il prédit un afflux massif de capitaux des économies riches vers les économies pauvres.

L'un des premiers objectifs que l'on pourrait se donner serait de modifier le modèle néoclassique de telle sorte qu'il ne fasse plus une telle prédiction. Et comme l'a montré Lucas [1990], une manière simple de le faire consiste à poser une externalité sur le niveau moyen du capital humain. Bien qu'il y ait un doute sur la conception du capital humain retenue par Lucas qui semble parfois mêler comme le dit Romer [1990] une « *notion de savoir qui peut survivre à chaque individu avec une notion spécifique au marché du travail, le capital humain, qui ne le peut pas* », toutes les conclusions du modèle sont parfaitement compatibles avec une vision traditionnelle du capital humain telle qu'elle est mesurée par les travaux de comptabilité de la croissance. C'est d'ailleurs à partir de ces estimations que Lucas teste son modèle. C'est aussi la conception que retiennent Malinvaud [1995] ou Olson [1996] dans leur commentaire critique du modèle en question.

¹³ On remarquera que pour qu'il y ait égalisation des productivités marginales, il faut que $\left(\frac{y_r}{y_p} \right)^{1-\beta/\beta} = 1$, i.e. que $\beta = 1$. Mais il n'y a plus alors de phénomène de convergence.

Avec cette interprétation, on peut considérer son modèle comme une variation du modèle de Solow dans laquelle on a simplement introduit une externalité sur le capital humain (i.e. le facteur travail corrigé qualitativement). Remarquons également que la question de l'endogénéisation du capital humain n'est pas importante pour le raisonnement mené puisque l'on cherche seulement à savoir quel est le niveau d'externalité qui permettrait d'égaliser les taux de rendement du facteur capital entre les économies à un moment donné.

Etant donné les remarques précédentes, la fonction de production décrivant les contraintes productives de n'importe quelle économie i est simplement du type :

$$Y_i = A_i K_i^\alpha [h_i L_i]^{1-\alpha} \bar{h}_i^\gamma \quad (23)$$

Supposons pour simplifier comme le fait Lucas, une mobilité parfaite pour le capital physique et nulle pour le capital humain, ce qui n'est pas une approximation déraisonnable pour ce dont on cherche à rendre compte. Avec cette spécification et en supposant que les $A_i(t)$ sont identiques entre les pays, on montre alors facilement en suivant le même genre de raisonnement qu'au dessus, que pour γ donné, l'écart relatif entre les niveaux de capital humain qui égalise les taux de rendements entre deux économies riche et pauvre doit être tel que :

$$\frac{h_r}{h_p} = \frac{y_r}{y_p}^{(1-\alpha)/(1-\alpha+\gamma)} \quad (24)$$

h_r/h_p dépend positivement de l'écart des produits par tête mais négativement de la magnitude de l'externalité.

On peut aussi inverser le raisonnement. Si le modèle est exact et si l'égalisation des productivités marginales du capital est valable en tendance, alors il est possible de déterminer, pour $\frac{h_r}{h_p}$ et $\frac{y_r}{y_p}$ donnés, la valeur de γ qui égalise les taux de rendements. Cette valeur est immédiatement donnée en isolant γ dans l'équation précédente :

$$\gamma = (1-\alpha) \frac{\ln(y_r/y_p)}{\ln(h_r/h_p)} - (1-\alpha) \quad (25)$$

On voit sans surprise que si le rapport des produits par tête est égal au rapport des niveaux de capital humain, alors $\gamma = 0$. Si dans l'exemple Etats-Unis/Inde sur lequel se base Lucas [1990], $y_r/y_p = 15$ (en 1988) et $h_r/h_p = 5$, cela implique $\gamma = 0,4$. Autrement dit lorsque le niveau du capital humain moyen d'un pays quelconque augmente de 1%, la production par tête augmente « gratuitement » de 0,4%.

Pression migratoire :

L'une des propriétés remarquables du modèle précédent est qu'il prédit qu'à l'équilibre, lorsque les rendements du capital sont égalisés, les rendements du facteur humain eux ne le sont

pas. A même niveau de qualification, les salariés des économies pauvres gagnent moins que ceux des pays riches et seraient donc inciter à migrer vers les économies riches si on leur en donnait l'occasion. Pour le montrer simplement, réexprimons la fonction de production en unité de travail d'efficience en divisant simplement des deux côtés par L_h .

$$y_h = A k_h^\alpha \bar{h}^\gamma \quad (26)$$

avec $k_h = \frac{K}{L_h}$ et $y_h = \frac{Y}{L_h}$

Les rendements des deux facteurs en économie concurrentielle sont donnés par :

$$\frac{dy_h}{dk_h} = \alpha A k_h^{\alpha-1} \bar{h}^\gamma \quad (27)$$

$$w_h = (1-\alpha+\gamma) A k_h^\alpha \bar{h}^\gamma \quad (28)$$

L'égalisation des rendements des capitaux entre deux pays riche et pauvres implique :

$$\frac{k_{hr}}{k_{hp}} = \left(\frac{h_r}{h_p} \right)^{\gamma/(1-\alpha)} \quad (29)$$

Après simplification, le rapport des rémunérations du travail exprimé par unité d'efficience entre les deux pays est donné par :

$$\frac{w_{rh}}{w_{ph}} = \left(\frac{k_{hr}}{k_{hp}} \right)^\alpha \left(\frac{h_r}{h_p} \right)^\gamma \quad (30)$$

En intégrant (29) dans (30), on obtient l'expression du rapport entre les rendements du capital humain entre les deux pays lorsque les rendements des capitaux sont égalisés :

$$\frac{w_{rh}}{w_{ph}} = \left(\frac{h_r}{h_p} \right)^{\gamma/(1-\alpha)} \quad (31)$$

On voit clairement que si h_r est supérieur à h_p , alors la rémunération du travail par unité d'efficience, (i.e. pour un même niveau de qualification) sera d'autant plus grande par rapport à celle du pays pauvre que l'élasticité de l'externalité γ est élevée.

Le même genre de raisonnement¹⁴ permet de montrer facilement que le rapport des salaires moyens *par tête* lorsque les rendements des capitaux sont égalisés est donné par :

¹⁴ Cette fois-ci, la productivité marginale du travail est donnée par $Y'_L = (1-\alpha) A k_h^\alpha \bar{h}^{1+\gamma}$

$$\frac{w_r}{w_p} = \left(\frac{h_r}{h_p} \right)^{(1-\alpha+\gamma)/(1-\alpha)} \quad (32)$$

Avec $\gamma = 0,4$ et $\alpha = 0,4$, (31) montre alors directement que si $h_r = 5 h_p$, le salaire dans le pays riche sera $5^{0,66} \approx 2,9$ fois plus élevé que dans le pays pauvre *pour un même niveau de qualification*. Etant donné (32), le niveau de salaire moyen par tête dans le pays riche sera quant à lui, $5^{1,66} \approx 14,5$ fois plus élevé que dans le pays pauvre.

Implication du modèle en économie ouverte avec mobilité du travail

Dans le modèle précédent, l'externalité sur le capital humain est à l'origine de différentiels de salaires et donc de fortes incitations à la mobilité pour ceux qui à même niveau de qualification ont les revenus les plus bas. Cette propriété du modèle est bien compatible avec la pression migratoire actuelle observée vers les pays riches.

Mais le modèle fait implicitement une autre prédiction : En l'absence de barrières à la mobilité du facteur travail, les deux facteurs afflueraient vers les régions riches¹⁵. Et comme le fait remarquer avec justesse Lucas [1988], au sein d'une même nation où il n'existe la plupart du temps aucune barrière légale à la mobilité du travail, on observe bien un processus de concentration géographique de l'activité dans un nombre relativement petit de métropoles, processus qui se poursuit encore à l'heure actuelle.

A travers Romer [1987a] et Lucas [1990], on a donc vu l'un des premiers rôles qui est attribué aux externalités : réconcilier les prédictions du modèle néoclassique avec deux grands faits stylisés étroitement liés : la faiblesse de la vitesse de convergence et l'absence de flux massifs de capitaux vers les pays pauvres. On revient maintenant brièvement sur le rôle que lui font tenir trois grands types de modèles de croissance endogène.

I.2 EXTERNALITE ET ENDOGENEISATION DE LA CROISSANCE ECONOMIQUE

Comme on l'a dit au début, les nouveaux modèles de croissance endogène recourent aussi aux externalités pour assurer une croissance auto-entretenu. Il existe une très large littérature mais les problèmes auxquels on va chercher à répondre peuvent être simplement posés à partir de trois types de modèles :

¹⁵ Au moins tant que le niveau moyen du capital humain dans l'économie riche ne devient pas inférieur, du fait des migrations, à celui de ceux qui n'ont pas encore migré.

- les modèles de type Arrow [1962b], Sheshinski [1967] Romer [1986] avec externalité sur le capital physique¹⁶.

- les modèles de recherche de type Romer [1990], Grossman-Helpman [1991] et Aghion-Howitt [1992] (désormais Romer/GH/AH) avec externalité sur le produit cumulé des résultats de la recherche.

- Les modèles d'éducation de type Lucas [1988] avec une externalité sur le niveau d'éducation des parents censée décrire un processus de transmission intergénérationnelle de capital humain.

Présentons rapidement les principes de chacun d'eux en nous limitant pour l'instant et comme précédemment à leur aspect purement technique. On y reviendra de manière plus détaillée dans la troisième partie.

I.2.1 EXTERNALITE SUR LE CAPITAL PHYSIQUE GLOBAL DE L'ECONOMIE

L'idée de base de ce type de modèle est la même que celle que l'on a présentée dans Romer [1987a] et qui était résumée dans l'équation (20) si on laisse de côté la question de l'externalité négative sur L : L'investissement en capital physique par chaque firme j est à l'origine d'une externalité collective dont chaque firme profite et vis-à-vis de laquelle elle adopte un comportement paramétrique. Si on rattache à nouveau simplement l'externalité au volume cumulé de l'investissement net, i.e. au stock de capital global, et si l'on considère une nouvelle fois une fonction de type Cobb-Douglas, la technologie de la firme j est résumée par :

$$Y_j(t) = K_j(t)^\alpha L_j(t)^{1-\alpha} \bar{K}(t)^\theta \quad \text{avec } K(t) = \sum_j K_j(t) \quad (33)$$

Avec des fonctions de production identiques, chaque firme j fait le même choix à l'équilibre et l'on peut dériver immédiatement la fonction de production agrégée de l'économie soit :

$$Y(t) = K(t)^\alpha L(t)^{1-\alpha} \bar{K}(t)^\theta \quad (34)$$

$$\text{avec } Y(t) = \sum_j Y_j(t) \text{ et } L(t) = \sum_j L_j(t)$$

Si l'on pose $\theta = 1-\alpha$, ce qui est une possibilité considérée par Romer [1986], alors il va

$$Y(t) = K(t)L(t)^{1-\alpha} \quad (35)$$

¹⁶ Ici, on suppose que K représente bien le capital physique et non le stock de connaissance comme dans l'article initial de Romer [1986]. Pour cette raison, il est aussi possible de parler de modèle de Romer [1986] « réinterprété ». On reviendra en détail sur ce point dans la troisième partie.

La fonction présente des rendements constants au niveau agrégé sur le facteur accumulable K et autorise pour cette raison une croissance auto-entretenu.

I.2.2 EXTERNALITE SUR LE PRODUIT DE LA RECHERCHE

Dans les modèles de recherche de type Romer/GH/AH, le processus de croissance ne réside plus dans une externalité de capital physique mais dans un processus coûteux de production de connaissance. De manière générale et si on ne fait pas référence aux fondements microéconomiques, on peut résumer l'essence de leur structure formelle dans les deux équations suivantes :

$$Y(t) = AK(t)^\alpha [X(t)u(t)hL]^{1-\alpha} \quad (36)$$

$$\dot{\bar{X}}(t) = B[(1-u(t))hL] \bar{X}(t) \quad (37)$$

h et L sont donnés. X(t) est un *indicateur* traduisant l'augmentation du niveau technologique de l'activité de production, identique à celui du modèle de Solow. Mais contrairement à ce dernier, l'augmentation du niveau technologique exige des ressources en capital humain. (1-u(t)) représente la part du capital humain employée à la production de connaissances. Les modèles varient selon la forme de progrès technique qu'ils considèrent : différenciation des inputs intermédiaires chez Romer [1990], augmentation de leur qualité chez Grossman & Helpman [1991] et Aghion & Howitt [1992].

L'externalité est rattachée au volume cumulé des résultats de la recherche, i.e. $\bar{X}(t)$, l'idée étant que la production de technologie est à l'origine de l'augmentation d'un stock de connaissances publiques dont bénéficient toutes les entreprises engagées dans la recherche. Par exemple dans Romer [1990], la technologie est représentée par le nombre d'inputs intermédiaires N disponibles dans l'économie. Si on remplace $\dot{\bar{X}}$ par $\dot{N}$ dans (37), et que l'on divise par $[1-u(t)]L$, la quantité d'individus travaillant dans le secteur de la recherche, on peut écrire :

$$\dot{N}_i(t) = B h \bar{N}(t) \quad (38)$$

Cette expression indique qu'au moment t, le nombre de nouveaux inputs réalisés par un chercheur i dépend de son niveau de capital humain h mais aussi du stock de connaissances produit par les générations passés auquel il a accès gratuitement et que l'on peut supposer proportionnel au nombre d'inputs déjà inventés jusque là : N(t).

C'est l'existence de cette externalité qui doit entrer dans le cas présent avec une élasticité exactement unitaire qui permet d'assurer une croissance auto-entretenu et régulière. Ainsi, si l'on peut montrer à partir d'un modèle macroéconomique entièrement spécifié que le programme des ménages et des entreprises conduit l'économie à allouer une quantité fixe de capital humain (1-u*) au secteur de recherche, le taux de croissance du produit par tête sera constant (pour h et L eux-mêmes constants) et égal à :

$$g_X = g_Y = B[(1-u^*)] hL \quad (39)$$

I.2.3 TRANSMISSION INTERGENERATIONNELLE DU CAPITAL HUMAIN

Dans le modèle de Solow considéré au début de cette partie, l'accumulation du capital humain était exogène. De la même manière que pour la technologie, on peut vouloir endogénéiser cette accumulation pour rendre compte d'un processus de croissance auto-entretenu. Formellement, le processus est très similaire à celui d'un modèle de recherche où aucun fondement microéconomique n'est introduit. Si l'on supprime h et que l'on remplace simplement $X(t)$ par $h(t)$ dans les équations (36) et (37) puis qu'on divise par L pour raisonner par tête, il va :

$$y(t) = A k(t)^\alpha [u(t)h(t)]^{1-\alpha} \quad (40)$$

$$\dot{h}(t) = B[(1-u(t))]h(t) \quad (41)$$

$1-u(t)$ représente désormais le temps consacré par un individu à son éducation. (41) présente comme (37) une linéarité dans l'accumulation de la variable par rapport au niveau précédemment atteint et autorise pour cette même raison une croissance à taux constant du produit par tête pour $u(t) = u^*$ constant.

Mais pour justifier cette formalisation, il faut maintenant expliquer comment le capital humain parvient à s'accumuler chez l'individu type au-delà de la finitude humaine, dans l'hypothèse où le processus d'accumulation d'un individu serait bien soumis à une telle technologie linéaire dans la secteur d'éducation.

L'hypothèse considérée par Lucas [1988] et discutée dans D'autume et Michel [1994] consiste à considérer que tout se passe comme si l'influence des parents ou du milieu social se traduisait par la transmission intergénérationnelle d'au moins une part constante de leur capital humain aux enfants. En considérant l'hypothèse d'un individu type vivant éternellement, Lucas suppose que cet effet externe est parfaitement internalisé. Mais cette hypothèse n'est pas nécessaire au caractère auto-entretenu de la croissance, et on peut revenir aisément dessus dans le cadre d'un modèle présentant une structure générationnelle explicite.

II UN RECOURS AUX EXTERNALITES PROBLEMATIQUE

La présentation précédente a montré que le recours aux externalités dans les modèles de croissance permet selon les cas d'adapter dans une certaine mesure les prédictions du modèle néo-classique aux observations, d'endogénéiser le progrès technique ou de maintenir l'accumulation du capital humain au-delà de la finitude humaine. Après s'être volontairement cantonné à l'aspect purement technique de cette introduction, on peut maintenant se pencher de manière plus précise sur les problèmes et les interrogations qu'elle soulève.

II.1 MODELES DE CROISSANCE ET EXTERNALITES

II.1.1 QUELQUES PROBLEMES EVIDENTS

II.1.1.a) Problèmes posés par Romer [1987a]

Revenons d'abord sur l'externalité « négative » : $L^{-\theta}$. Dans l'équation (20) et avec les chiffres retenus par Romer [1987a], l'introduction de $L^{-\theta}$ indique qu'une augmentation brutale « exogène » de L (indépendante de K) de 1% se traduit en moyenne par une baisse de 0,35% (pour $\alpha = 0,4$) du niveau de production de chaque firme, ce qui justifie le qualificatif de « négatif ».

Au niveau microéconomique, il existe de nombreux exemples d'externalités négatives (pollution de toutes formes : air, bruit, etc...) mais à quoi renvoie exactement $L^{-\theta}$ dans la modèle précédent ? Romer fait valoir qu'une augmentation de l'offre totale de travail réduit l'incitation pour la firme à découvrir et mettre en oeuvre des innovations labor-saving pourtant créatrices d'externalités positives. Mais une diminution du flux d'externalités positives n'est pas équivalente à une déséconomie, i.e. à une baisse toutes choses égales par ailleurs du niveau technologique de la fonction de production. Un ralentissement du rythme du progrès technique n'est en aucun cas assimilable à une baisse du niveau de la fonction de production.

Naturellement, cette manière de présenter les choses est un peu artificielle dans le sens où une augmentation de L doit aussi induire une augmentation de K et ne modifie que de manière marginale le niveau de capital par tête d'état régulier mesuré en unité d'efficience ($\hat{k}^*$). On lit peut-être plus facilement la formalisation de Romer si on réexprime (21) par tête, ce qui donne :

$$y = Ak^\alpha \bar{k}^{-\theta} = A k^\beta \quad \text{avec } \beta = \alpha + \theta \quad (42)$$

Il n'en reste pas moins que le terme d'externalité négative est impropre et qu'il nous invite en fait à s'interroger sur le sens réel de l'externalité attachée au capital par tête. En effet, pour garder la cohérence du modèle et des conclusions que l'on veut en tirer, il faut maintenir l'hypothèse selon laquelle A , i.e. le rythme technologique est commun à tous les pays. Mais l'interprétation précédente montre que Romer fait dépendre implicitement l'intensité de l'externalité du niveau de production de connaissances technologiques réalisées par le pays, lequel dépend à son tour du niveau de capital par tête.

Comment A peut-il alors rester commun à tous les pays, si les niveaux technologiques qui dépendent de k , diffèrent entre les pays ? La seule explication possible est que k^y saisisrait *un avantage gratuit* résultant d'une plus grande production technologique sans que celle-ci se traduise par un rythme technologique supérieur à celui des autres pays. C'est une idée plausible a priori mais il faudrait la développer davantage pour pouvoir la discuter.

II.1.1.b) Problèmes posés par le modèle de Lucas [1990]

Externalité sur k

Dans Lucas [1990], on a introduit une externalité sur le capital humain. Il est important de voir que l'on aurait pu aboutir aux mêmes conclusions en considérant une externalité sur le capital physique comme l'a fait Romer [1987a]. Supposons que l'on ait ainsi :

$$Y = AK^\alpha (hL)^{1-\alpha} \bar{k}^\theta \quad (43)$$

ou exprimé par unité d'efficienne :

$$y_h = Ak_h^\alpha \bar{k}^\theta \quad (44)$$

Etant donné que k est un facteur accumulable à la différence de h précédemment, on doit faire l'hypothèse ici que $\theta < 1-\alpha$ de telle sorte que la productivité marginale du capital ne soit pas constante. En effet si $\theta = 1-\alpha$, toute différence dans les niveaux de capital humain interdirait l'égalisation des productivités marginales du capital entre les pays.

Bien que (44) soit quasiment identique à la fonction présentée par Romer [1987a] à l'exception de la correction introduite par h, la démarche de Lucas se distingue par le fait qu'il ne cherche pas à seulement à réduire les différences dans les rendements prédits du capital afin de rendre compte d'un quelconque processus de convergence mais directement à les égaliser. Les mêmes remarques adressées à Romer [1987a] pour l'introduction d'une externalité sur le capital physique restent valables ici mais on voudrait tirer souligner un autre point important.

Commençons par réarranger (44) de manière à obtenir :

$$y_h(t) = Ak_h(t)^{\alpha+\theta} h^\theta \quad (45)$$

Etant donné (45), on peut déterminer directement le rapport des produits par unité d'efficienne entre les pays r et p :

$$\frac{y_{hr}}{y_{hp}} = \left(\frac{k_{hr}}{k_{hp}} \right)^{\alpha+\theta} \left(\frac{h_r}{h_p} \right)^\theta \quad (46)$$

La condition d'égalisation des rendements du facteur capital entre deux pays r et p est quant à elle donnée après réarrangement par :

$$\left(\frac{k_{hr}}{k_{hp}} \right) = \left(\frac{h_r}{h_p} \right)^{\theta/(1-\alpha)-\theta} \quad (47)$$

En intégrant (47) dans (46), on obtient :

$$\frac{y_{hr}}{y_{hp}} = \left(\frac{h_r}{h_p} \right)^\beta \quad (48)$$

avec $\beta = \frac{\theta(\alpha+\theta)}{1-\alpha-\theta} + \theta > 0$ pour $\theta < 1-\alpha$

Cette relation montre que toute différence entre les produits par unité d'efficacité est compatible dans une économie ouverte avec un certain degré θ d'externalité sur le capital par tête, à condition que le pays riche dispose initialement d'un avantage (ici la supériorité du niveau moyen de son capital humain) qui lui permette d'attirer le capital physique et de bénéficier ainsi de l'externalité¹⁷.

Supposons par exemple que $\left(\frac{h_r}{h_p} \right) = 2$; $\alpha = 0,4$ et $\theta = 0,3$. Dans ce cas, $\beta = 1$, et l'égalisation des rendements du capital entre les pays implique qu'à l'équilibre, le revenu par unité d'efficacité du pays riche est deux fois plus élevé que celui du pays pauvre.

Externalités sur k et h et pression migratoire

Il est essentiel de voir que l'on obtient également les mêmes conclusions sur la force de migration. En suivant le même raisonnement qu'en (I.1.2.c), on montre en effet facilement que le rapport des rendements du capital humain entre les deux pays lorsque les rendements des capitaux sont égalisés est donné par :

$$\frac{w_{rh}}{w_{ph}} = \left(\frac{h_r}{h_p} \right)^{\theta / (1-\alpha-\theta)} \quad (49)$$

Avec $\theta = 0,4$ et $\alpha = 0,4$, le rapport entre les salaires du pays riche sur celui du pays pauvre pour *un même niveau de qualification* sera exactement égal au carré du rapport des niveaux de capital humain. Si l'on a $\left(\frac{h_r}{h_p} \right) = 5$, $\frac{w_{rh}}{w_{ph}}$ sera égal à 25.

On pourrait généraliser davantage encore le raisonnement en considérant une double externalité sur k et h. Exprimée par unité d'efficacité, la fonction devient alors :

$$y_h = A k_h^\alpha \bar{h}^\gamma \bar{k}^\theta \quad (50)$$

avec toujours $\theta < 1-\alpha$

¹⁷ On vérifie également qu'en l'absence d'externalité ($\theta = 0$), l'égalisation des rendements du capital entraîne celle des revenus par unité d'efficacité.

Et le rapport des rémunérations du facteur travail exprimé en unité d'efficience lorsque les rendements du capital sont égalisés est alors donné¹⁸ :

$$\frac{w_{rh}}{w_{ph}} = \left(\frac{h_r}{h_p} \right)^{(\gamma + \theta) / (1 - \alpha - \theta)} \quad (51)$$

Le rapport des *salaires moyens par tête* est quant à lui donné par :

$$\frac{w_r}{w_p} = \left(\frac{h_r}{h_p} \right)^\varepsilon \quad (52)$$

$$\text{avec } \varepsilon = \frac{\alpha\theta + \theta^2 + 1 - \alpha - \theta + \gamma}{(1 - \alpha - \theta)}$$

Une petite estimation numérique permet de se faire une idée des rapports en jeu. Supposons comme en (I.1.2.c) que $\alpha = 0,4$ mais que cette fois-ci $\gamma = \theta = 0,2$. Avec ces chiffres,

$$(\gamma + \theta) / (1 - \alpha - \theta) = 1$$

$$\text{et} \quad \varepsilon = 1,8$$

Si $h_r = 5 h_p$, le salaire dans le pays riche sera 5 fois plus élevé que dans le pays pauvre *pour un même niveau de qualification*, le niveau de salaire moyen par tête dans le pays riche étant quant à lui $5^{1,8} \approx 18$ fois plus élevé que dans le pays pauvre¹⁹.

Toutes ces variations sur l'externalité montrent bien que les objectifs que fixait Lucas [1990] à son modèle ne dépendent pas spécifiquement de la variable à laquelle est rattachée l'externalité. On peut obtenir les mêmes conclusions en posant une externalité sur k ou sur k et h à la fois. Comment trancher entre ces différentes alternatives ? En supposant même qu'il n'y ait d'externalité que sur h , pourrait-on confirmer de manière empirique la valeur γ nécessaire pour égaliser les taux de rendements ?

Estimation à l'aide des travaux de comptabilité de la croissance

A priori, comme l'a montré Lucas, on pourrait se servir des travaux de la comptabilité de la croissance pour estimer autrement la valeur de γ et voir si l'ordre de grandeur fourni est compatible avec la valeur qui égalise les rendements du capital. Supposons à la différence de Lucas que la croissance du produit par tête soit attribuable à un trend exogène de progrès technique $\bar{\mu}$. La fonction de production agrégée, exprimée par tête est alors donnée par :

¹⁸ On vérifie qu'on retrouve (49) en posant $\gamma = 0$ dans (51)

¹⁹ Si l'on voulait retrouver l'ordre de grandeur des différentiels de la partie (I.1.2.c), il faudrait plutôt définir $\gamma + \theta$ de telle sorte que leur somme soit égale à 3

$$y(t) = A e^{\bar{\mu} t} k(t)^\alpha h(t)^{1-\alpha} \bar{h}(t)^\gamma \quad (53)$$

Exprimée en taux de croissance, la relation devient :

$$g_y = \bar{\mu} + \alpha g_k + (1-\alpha) g_h + \gamma v \quad (54)$$

La méthode traditionnelle de la comptabilité de la croissance ne distingue pas l'influence des externalités éducatives éventuelles dans le calcul de son résidu. Après correction qualitative du facteur travail, celui-ci est donné par :

$$\mu_c = g_y - \alpha g_k - (1-\alpha)v \quad (55)$$

v est le taux de croissance du capital humain par tête. Notons ici que le résidu calculé est un résidu corrigé (μ_c) obtenu après la correction qualitative du facteur travail. En l'absence de cette correction, le résidu serait égal à $\mu^* = g_y - \alpha g_k$

Etant données (54) et (55), on peut exprimer simplement γ en fonction du résidu corrigé et du taux de croissance du capital humain²⁰ :

$$\gamma = \frac{\mu_c - \bar{\mu}}{v} \quad (56)$$

Le problème principal de l'estimation d'une telle relation réside évidemment dans le paramétrage du trend exogène de progrès technique ($\bar{\mu}$). En fonction de la valeur qu'on fixera, on pourra obtenir n'importe quelle intensité pour γ ²¹. Lucas [1990] a pu mener son estimation parce qu'il a attribué la totalité du résidu calculé à l'augmentation de h , ce qui revient dans notre exemple à poser $\bar{\mu} = 0$. S'appuyant sur les travaux de Denison pour les Etats-Unis sur la période 1909 and 1958, il a posé $\mu_c = 0,01$, $v = 0,009$ et $\alpha = 0,25$, ce qui lui a permis d'obtenir :

²⁰ Si le résidu n'a pas été déterminé après correction qualitative du facteur travail, alors on aura :

$$\gamma = \frac{\mu^* - \bar{\mu}}{v} - (1-\alpha) \quad \text{avec } \mu^* = \mu_c + (1-\alpha)v$$

²¹ Evidemment, la même méthode peut également être appliquée à d'autres types d'externalités présumées : Avec une externalité sur le capital physique uniquement comme dans la fonction (44) on a :

$$\theta = \frac{\mu_c - \bar{\mu}}{k/k}$$

Et si on estime qu'il faudrait mieux représenter une externalité sur les deux facteurs (pondérée pour simplifier par la part de chaque facteur dans le produit global) de sorte que la fonction soit :

$$y(t) = A k(t)^\alpha h(t)^{(1-\alpha)} [\bar{k}(t)^\alpha \bar{h}(t)^{1-\alpha}]^\gamma$$

l'élasticité cherchée devient égale à $\gamma = \frac{\mu_c - \bar{\mu}}{\alpha g_k + (1-\alpha)v}$

$$\gamma = \frac{0,01}{0,009} - 0,75 = 0,36$$

soit à peu près la valeur souhaitée pour égaliser les taux de rendements entre les Etats-Unis et l'Inde. Le problème est qu'on voit mal quelles hypothèses il faudrait former sur la notion du capital humain pour expliquer que la totalité du résidu soit attribuable à une externalité liée uniquement à l'augmentation du niveau moyen d'éducation des individus. Lucas [1990, p 94] précise seulement que *« pour que le calcul précédent soit valable, il faut que le niveau moyen du 'capital humain' augmente au même rythme que la part de ce stock qui est accumulée à travers l'éducation formelle, ce qui est une hypothèse sur laquelle il est difficile de se prononcer »*.

Supposons qu'on puisse définir rigoureusement une telle conception. Est-ce que cette estimation implique que le meilleur modèle est encore celui où l'on pose une externalité sur le niveau moyen du capital humain. Manifestement non. Il existe de fortes variations non systématiquement reliées dans les résidus et dans les taux d'augmentation de la qualité moyenne du travail pour un même pays et entre différents pays et il serait facile de montrer que le test n'est pas bien solide²².

Pour obtenir une estimation des écarts relatifs dans les niveaux de capital humain, Olson [1996] par exemple s'est servi des différences observées dans les revenus des travailleurs de pays différents ayant migré aux Etats-Unis. Les enquêtes qu'ils citent ont établi que les entrepreneurs venus d'Haïti gagnaient 18 900 \$ par an contre 27 300 \$ pour les entrepreneurs venus d'Allemagne tandis que les salariés venus d'Haïti gagnaient 10 000 \$ par an contre 21900 \$ pour les salariés venus d'Allemagne. Si on se base sur ces derniers chiffres, on a dans nos notations $h_T/h_P \approx 2$. Comme les écarts entre les produits par tête sont d'environ 1 contre 10, l'égalisation des taux de rendements impliquerait une élasticité sur l'externalité égale à 1,39, ce qui n'est pas une valeur acceptable. Lucas a obtenu l'essentiel de son résultat de fortes estimations dans les niveaux moyens de capital humain (rapport de 1 à 5). Or, dès que l'on suppose des différentiels de capital humain plus faibles, la magnitude de l'externalité nécessaire pour égaliser les taux de rendements entre des pays de revenus par tête différents devient très vite irréaliste, au moins dans une conception microéconomique des externalités.

En outre, quand on y réfléchit bien, il est peu probable que la méthode de la comptabilité de la croissance puisse aider à valider ce genre de théorie : On a présenté trois types d'externalité (sur k , h , puis k et h simultanément) et l'on aurait pu considérer également des externalités sur K , H ou k_h . Aucun test empirique ne peut permettre de trancher entre ces différentes alternatives. Ce qui importe d'abord, c'est de comprendre précisément les phénomènes que l'on cherche à recouvrir sous ces notions pour voir si elles peuvent être utilisées pour améliorer comme on le fait ici les prédictions du modèle néoclassique, et si c'est

²² On peut se reporter ici par exemple à Logossah [1995] qui dresse un inventaire des résultats très contrastés obtenus selon les périodes et les pays sur la part du résidu attribuable à l'augmentation de la qualité du travail, résultats qui jettent d'ailleurs un doute sur la méthode même de correction.

le cas pour déterminer quelle est a priori la variable la plus pertinente pour saisir l'effet externe en question.

II.1.1.c) La question de l'instabilité structurelle des modèles de croissance endogène

L'un des grands problèmes soulevés par l'introduction des externalités dans les modèles de croissance endogène tient à la fragilité des conclusions qu'elles impliquent à long terme. Pour le résumer de manière simple, reprenons les équations (35), (37) et (41) des trois types de modèles de croissance endogène, en notant θ l'élasticité de l'output par rapport au facteur accumuable :

- Romer [1986] :	$Y = AL^{1-\alpha} K^\theta$
- Romer/G-H /A-H :	$\dot{X} = B h L X^\theta$
- Lucas [1988]	$\dot{h} = B(1-u)h^\theta$

Dans ces trois cas, on montre directement en raisonnant avec les taux de croissance qu'il faut que θ soit égal à l'unité pour que le modèle engendre une croissance auto-entretenu et régulière²³. Si l'élasticité de l'externalité est inférieure à 1, la croissance finit par s'interrompre ; si elle est supérieure, elle devient explosive. Ce problème a été très largement souligné (par exemple Solow [1992] et [1994] ou Malinvaud [1993]). Il semble apparemment très dommageable dans la mesure où il n'y a aucune raison a priori pour que θ soit égal l'unité²⁴. De notre point de vue cependant, il n'est pas si décisif.

- D'abord, la question de l'instabilité devient sans fondement si le mécanisme décrit dans le modèle peut être réfuté. Et de ce point de vue, les externalités introduites par Romer [1986] ou Lucas [1988] dans son modèle d'éducation posent beaucoup d'interrogations.

- Ensuite, même si le rôle qu'on fait jouer aux externalités est « plausible » au sens où il peut être justifié théoriquement, la valeur de l'élasticité ne doit pas nécessairement être vue comme une hypothèse qu'il s'agit de tester empiriquement mais plutôt comme une hypothèse qui est délibérément posée pour obtenir une croissance auto-entretenu et régulière. Considérons par exemple les externalités introduites dans le secteur de la recherche. Pour nous, ce sont celles qui posent le moins de problèmes conceptuels. Comme on l'a dit dans l'introduction, les externalités importantes pour la croissance sont pour l'essentiel des externalités informationnelles. Il est légitime de les attacher au volume cumulé du produit de la recherche. Dès lors, si l'on pense que la transmission des connaissances en dehors du marché est nécessaire pour maintenir la croissance du progrès technique, alors l'objectif que doit se fixer le modèle est d'assurer une croissance auto-entretenu et les hypothèses doivent être posées pour parvenir à cet objectif. C'est exactement ce que fait valoir Romer [1990, p 84] lorsqu'il avance que dans le cadre de son modèle que « *La spécification choisie ici, dans laquelle une croissance*

²³ Ce qui implique une élasticité égale à $1-\alpha$ dans le modèle de Romer [1986].

²⁴ Voir néanmoins Romer [1994] pour une défense de la robustesse relative de ses modèles, en particulier Romer [1986].

sans limite à taux constant est réalisable a été retenue car il est difficile de croire à partir de l'histoire récente que les opportunités dans la recherche diminuent ».

On peut néanmoins admettre que ce dernier argument est discutable et qu'il demeure intéressant de tester empiriquement les implications de cette élasticité unitaire. Comme le montre par exemple Jones [1995a], la prédiction du modèle Romer/G-H /A-H selon laquelle une augmentation des ressources consacrées à la recherche (hommes ou capitaux) induit une augmentation durable du taux de croissance, semble bien réfutée empiriquement au niveau des pays de l'OCDE après guerre. Et il pourrait être préférable de construire un modèle de croissance semi-endogène dans laquelle la croissance dépendrait des ressources consacrées à la connaissances mais aussi à long terme de l'augmentation de la population, ce qui impliquerait de poser $\theta < 1$ (Jones [1995b]). Mais ce point n'est pas crucial pour les interrogations qu'on voudrait mener ici au sujet des externalités.

II.1.2 QUELQUES INTERROGATIONS

Jusqu'à présent, on a volontairement laissé de côté la question de l'interprétation des externalités. Comme on vient de le dire, leur rattachement à un indicateur du volume de la recherche ne pose pas véritablement de problèmes conceptuels. La recherche produit des connaissances et c'est un fait empirique incontestable que les entreprises ne peuvent pas exclure totalement les autres du produit de leur recherche. La seule question essentielle que l'on posera à leur propos tiendra aux différentes formes de diffusion et à la particularité des problèmes allocatifs qu'elles induisent *en pratique*. Par défaut, l'introduction d'une externalité dans un modèle de croissance est presque systématiquement associée à un problème allocatif mais ainsi que le rappelle Lucas [1988], les modèles macroéconomiques ne peuvent pas trancher ce genre de question et doivent uniquement s'appuyer sur ce que l'on en sait au niveau microéconomique.

Par contre, on peut s'interroger sur le sens à donner aux trois autres types d'externalités que l'on a présenté :

- l'externalité de capital physique
- l'externalité attachée au capital humain par Lucas [1990]
- l'effet intergénérationnel

Externalité sur le capital physique :

Comme on l'a vu au-dessus, plusieurs modèles ont introduit une externalité sur le capital physique par tête ou global : Romer [1986] pour garantir une croissance auto-entretenu, Romer [1987a] pour limiter la vitesse de convergence, et ainsi qu'on l'a montré, on aurait également pu l'invoquer dans la perspective de Lucas [1990]. C'est aussi la même idée que reprennent De Long & Summers [1991] et [1993] pour expliquer la forte corrélation observée entre taux d'investissement dans les machines et taux de croissance de la productivité totale des facteurs.

Mais quels sont au juste les phénomènes auxquels est censé renvoyer ce genre d'effet externe ? En quoi l'achat d'équipements par un certain nombre de firmes peut-il profiter à d'autres firmes en dehors du marché ? Dès qu'on y réfléchit un peu, la réponse est loin d'être évidente. Si on suit la littérature, il y a au moins deux arguments distincts qui sont avancés pour justifier une telle hypothèse²⁵ :

- La première idée est que l'accumulation de capital physique permet à l'économie de dégager un volume d'expérience et de connaissances techniques qui permet non seulement de mieux utiliser les inputs de la production (hypothèse classique d'apprentissage) mais servent aussi directement à produire de nouveaux procédés (causalité inversée à la Schmookler [1966]).

- La deuxième idée est que l'accumulation de capital physique permettrait d'exploiter les gains qui naissent de la complémentarité de certains investissements non rentables individuellement.

Ces mécanismes paraissent plausibles mais assurément, il faut les discuter plus en détail pour voir dans quelle mesure ils justifient l'introduction d'une externalité sur le capital physique et s'ils peuvent réellement expliquer la corrélation entre le taux d'investissement et le taux de croissance du produit par tête ou encore la faiblesse de la vitesse de convergence.

Externalité sur le capital humain :

On retrouve le même genre d'interrogations à propos de l'externalité introduite par Lucas [1988] et [1990] qui revient à poser l'hypothèse selon laquelle il existe un avantage non marchand pour les agents économiques à être entourés de gens plus éduqués. A quoi en effet correspond exactement cet avantage ? Est-il indépendant de toute production de connaissance comme semble l'interpréter Malinvaud [1995] ?

Lucas [1988] présente cette idée comme un fait établi de l'expérience quotidienne, arguant que dans les activités créatives, la plupart de ce que l'on connaît, on l'apprend d'autres individus alors qu'on rémunère seulement très peu d'entre eux. Cela signifierait alors que l'externalité reflète en réalité une causalité sous-jacente entre le niveau moyen du capital humain et les activités « créatives » génératrices d'externalités. Mais ce point n'est pas très évident et on pourrait peut-être mieux en rendre compte dans un modèle de recherche de type Romer/GH/AH. En outre, en considérant qu'une interprétation est meilleure que l'autre, cette externalité peut-elle vraiment être le facteur pertinent pour expliquer que les capitaux n'affluent pas systématiquement vers les endroits où ils sont rares, une fois corrigées les différences dans les niveaux de capital humain ? Il est clair une nouvelle fois que seule une analyse précise des phénomènes que recouvrent les notions d'externalités « éducatives » et « informationnelles » et notamment de leur dimension spatiale peut répondre à ce genre de questions.

²⁵ On verra dans la troisième partie qu'on pourrait encore en distinguer un ou deux autres.

L'hypothèse de transmission intergénérationnelle de capital humain

La troisième grande interrogation porte uniquement sur les modèles d'éducation et peut être résumée de manière assez simple : Peut-on admettre que l'influence, empiriquement attestée, exercée par le niveau d'éducation des parents sur l'accumulation du capital humain de leurs enfants prend véritablement la forme d'une transmission de capital ou y a-t-il une conception du capital humain qui permette une telle hypothèse ? Et peut-on dire pour autant qu'elle est internalisée ? Là encore, les réponses ne sont pas évidentes avant un examen précis de l'influence parentale.

II.2 COMPTABILITE DE LA CROISSANCE ET EXTERNALITE

II.2.1 L'ESTIMATION DE CARRE-DUBOIS-MALINVAUD [1972]

On a vu précédemment qu'on pouvait appliquer sans problème la méthode de la comptabilité de la croissance à une fonction de production agrégée dans laquelle on a introduit des externalités lorsque l'on a une idée de la valeur de l'élasticité. Carré, Dubois & Malinvaud [1972] ont procédé à une telle estimation et il est très instructif de s'arrêter sur leur méthode et surtout sur les commentaires qui l'accompagnent car ils sont révélateurs d'un certain type de recours très général de la notion d'externalités dans la littérature macroéconomique. Les auteurs partent d'abord de l'hypothèse selon laquelle la fonction de production agrégée de l'économie prend la forme²⁶ :

$$Y(t) = A(t) K(t)^{\alpha+\theta} L(t)^{1-\alpha+\gamma} \quad (57)$$

θ et γ sont censés représenter non seulement l'influence des économies (d'échelles) externes mais aussi celle des économies d'échelles internes, l'argument étant qu'en présence d'économie d'échelle interne, les facteurs ne peuvent plus être rémunérés à leur productivité marginale puisque cela ferait plus qu'épuiser le produit. On pourrait critiquer cette hypothèse mais ce n'est pas très important ici.

Comme il le disent, on ne peut pas faire autrement que de poser une hypothèse sur leur valeur si l'on veut estimer la part de la croissance qu'on peut leur attribuer. Ils font alors l'hypothèse que pour ce qu'ils cherchent à saisir, on peut raisonnablement penser que $\theta > \gamma$ et ils retiennent les valeurs suivantes qu'ils considèrent comme maximales :

$$\begin{array}{l} \theta = 0,12 \\ \text{et} \quad \gamma = 0,08 \end{array}$$

Sur la période 1951-1959, le taux de croissance annuel moyen du stock de capital est de 4,8%, tandis que celui du facteur travail est de 1,3%). Toutes choses égales par ailleurs, les

²⁶ Leur présentation est beaucoup plus indirecte et utilise une autre notation mais cela ne change rien au raisonnement.

économies d'échelles internes et externes « expliqueraient » ainsi avec toutes les réserves que l'on doit accorder à ce terme, environ 0,7²⁷ point de croissance sur la période considérée.

II.2.2 LA NOTION D'ECONOMIES EXTERNES CHEZ CARRE-DUBOIS-MALINVAUD [1972]

Quels enseignements peut-on tirer d'une telle méthode et d'une telle estimation du point de vue du rôle des effets externes dans la croissance ? Notons déjà que si l'on ôte l'influence des économies d'échelles purement internes, il reste déjà peu à leur attribuer. Mais pour pouvoir répondre précisément à cette question, il est intéressant de voir ce que les auteurs entendent par économies d'échelles externes :

« Elles [Les économies externes] peuvent tenir soit à des phénomènes diffus dus à l'accroissement de la taille du marché (meilleure diversification des produits, réduction du poids relatif de certains coûts fixes sociaux d'information et d'organisation, etc.), soit à des phénomènes beaucoup plus localisés, notamment à la formation que la main d'oeuvre reçoit dans une entreprise, souvent par le simple fait de sa participation à la production, et qui la valorise pour son activité dans une autre entreprise (plus le secteur productif est vaste, mieux la formation reçue dans une entreprise est adaptée à l'emploi dans quelque autre entreprise et plus le bénéfice social retiré de cette formation est important) ».
p 280.

Trois facteurs sont donc explicitement avancés :

- l'accroissement de la division du travail entre les firmes (« meilleure diversification des produits »)
- la réduction du poids relatif de certains coûts fixes sociaux d'information
- les bénéfices externes liés à la mobilité du travail.

Il est clair que le premier facteur n'est pas un véritable effet externe. L'analogie est tentante parce que l'ensemble des agents économiques bénéficient effectivement de la division générale du travail mais aussi parce que cette dernière peut conduire sous certaines hypothèses à un sous-investissement dans la production de nouveaux biens comme l'a montré Romer [1987b]²⁸. Mais il ne suffit pas qu'un effet profite indirectement aux autres pour qu'il puisse être défini comme une externalité. Il faut encore que le gain soit transmis en dehors du marché et sans contrepartie, ce qui n'est pas le cas.

²⁷ Soit exactement $\theta_{gK} + \gamma_{gL} = (0,12 \cdot 0,048) + (0,08 \cdot 0,013) = 0,0068$

²⁸ L'idée essentielle est qu'une économie décentralisée ne peut soutenir un processus d'innovation que si elle donne un pouvoir de marché minimal aux innovateurs, lequel est alors à l'origine d'une inefficacité « statique ». On reviendra sur ce point dans la troisième partie.

Le troisième facteur est un cas classique mais on verra dans la seconde partie qu'une analyse approfondie conduit à en circonscrire largement les effets et à mettre en doute l'idée que le phénomène resterait toujours *non internalisé*²⁹.

Il est difficile enfin de savoir ce que recouvre concrètement le second facteur. Le chapitre final de l'ouvrage laisse penser que les auteurs font référence à l'amélioration du réseau public et des circuits privés d'information économiques et d'informations sur l'existence des connaissances techniques (par opposition aux informations techniques). Ils citent pêle-mêle le développement ou la création de services de statistiques et d'études économiques au sein de la plupart des administrations importantes : INED, CREDOC, BIPE..., le développement de la presse économique, professionnelle et technique, l'organisation de missions de productivité à l'étranger pour les industriels français, la création de services d'études et de contrôle de gestion, l'organisation de la documentation technique au sein de nombreuses grandes entreprises, les efforts menés dans le cadre de l'école, de l'université ou de cycles de conférence visant à donner une formation économique minimum aux chefs d'entreprises et aux cadres des organisations professionnelles et syndicales.

Il faudrait beaucoup de temps pour discuter précisément du rapport que l'on peut établir entre certains de ces exemples et la notion d'effet externe. Tous ne renvoient pas manifestement à des externalités. On pourrait certes retenir uniquement ceux qui renvoient à la diffusion non marchande des connaissances techniques (presse technique, centre de documentation technique), puisque comme on le montrera dans la seconde partie, ce sont les seuls phénomènes, à une ou deux exceptions près, qui importent dans le processus de croissance.

Mais le problème est que les auteurs parlent de *réduction du poids relatif* des coûts fixes sociaux sous-entendant par là que la constance de ces coûts fixes sociaux relatifs ne pourrait être associée aux effets externes. Ils évaluent donc l'influence sur la croissance de ce qu'ils appellent les externalités de la même manière que les inputs, en rapportant leur taux de variation au taux de croissance. C'est d'ailleurs pourquoi ils parlent d'abord d'*économies d'échelles externes* plutôt que d'effets externes même s'ils utilisent ensuite indifféremment les deux notions montrant par là qu'elles sont équivalentes dans leur esprit.

Une telle position n'est pas tenable. Que le coût de diffusion des l'information baisse ou non, cela ne change rien au fait qu'elles bénéficient à des agents économiques qui n'en ont pas assumé le coût de production. C'est un peu la même chose pour le progrès technique. Celui-ci ne prend pas la forme de la réduction du coût de mise au point d'un nouveau procédé. Il ne se confond pas avec la réduction relative des coûts dans la recherche. Il traduit simplement l'influence productive des connaissances techniques issues de la recherche, que ces connaissances aient été ou non plus coûteuses à produire que d'autres plus anciennes. Pas plus que le progrès technique, les effets externes ne peuvent donc être définis comme réduction d'un coût relatif.

²⁹ Cela ne signifie pas pour autant que la mobilité du capital humain ne puisse pas être associée à un phénomène de diffusion technologique important. Voir toute la section II.2.5 de la seconde partie.

Il est toujours possible d'avancer qu'il s'agit d'un problème de terminologie, que les phénomènes évoqués par les auteurs ne sont pas des effets externes même s'ils emploient le terme et donc que leur analyse se justifie pour les effets qu'ils désignent. Mais cette remarque ne tient pas sinon les auteurs n'auraient pas conservé l'idée selon laquelle en présence d'externalités, le rendement social des facteurs est supérieur au rendement privé. Ils n'auraient pas non plus inclus une « vraie » externalité (celle qui est liée à la mobilité³⁰) ni un phénomène (division générale du travail entre les firmes) que l'on a longtemps mêlé à la notion d'externalité et que l'on continue à mêler par abus de langage et en raison de l'analogie évidente.

Les auteurs n'ont probablement pas intégré comme une évidence le fait que les seuls effets externes importants étaient liés à la diffusion non marchande des connaissances techniques. Ou plutôt, s'ils y ont pensé, ils les ont automatiquement associés au progrès technique en général en conservant malheureusement à l'esprit des phénomènes qui n'étaient pas de « véritables » effets externes, et qui donc ne posaient pas les problèmes d'allocations corrélatifs.

Même dans le cas où ils auraient clairement identifié les effets externes importants pour la croissance, i.e. les externalités informationnelles, il reste qu'on peut douter de la possibilité d'isoler leur influence dans le cadre des travaux de comptabilité de la croissance qui déterminent le progrès technique de manière résiduelle. En fait, le principal problème n'est pas tant de mesurer directement la part de la variation de la croissance du produit par tête attribuable aux externalités que de préciser explicitement leur rôle dans le cadre d'un modèle de croissance.

Naturellement, il s'agit d'un travail déjà ancien, construit dans une autre problématique, à un moment où l'endogénéisation du progrès technique et par conséquent le rôle éventuel joué par la diffusion non marchande de la technologie, n'étaient pas des questions prédominantes. Mais, comme il a été consacré par une large diffusion, il constituait un cas exemplaire pour témoigner du flou persistant entourant la notion d'effet externe lorsqu'elle est appliquée à l'étude de la croissance économique, et donc de la nécessité d'une analyse systématique.

³⁰ « vraie » avant toute discussion approfondie comme on l'a dit précédemment.

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

Les externalités ne sont pas seulement introduites dans les modèles de croissance endogène pour garantir une croissance auto-entretenu. Elles peuvent également être utilisées pour réconcilier les prédictions du modèle néoclassique avec certaines observations empiriques sur la vitesse de convergence (Romer [1987b]) ou l'incitation des agents économiques à migrer à même niveau de qualification vers les endroits où le niveau moyen du capital humain est le plus abondant (Lucas [1990]). Ce recours aux externalités pose néanmoins un certain nombre de problèmes. Les principaux enseignements de cette première partie sont les suivants :

i) Avant toute interrogation précise sur la notion d'effets externes, le test mené par Lucas [1990] à partir des travaux de comptabilité de la croissance ne permet pas de valider son modèle.

Premièrement, on voit mal a priori quel sens il faudrait donner à la notion de capital humain pour justifier qu'on puisse imputer à l'externalité la totalité du résidu. Deuxièmement, même si on acceptait cette hypothèse, la diversité des expériences de croissance telles qu'elles sont mesurées par les travaux de comptabilité de la croissance conduisent forcément à des estimations très variables. Troisièmement, si l'on se sert, comme l'a fait Olson [1996], des différentiels de revenus obtenus par les migrants pour mesurer les différences dans les niveaux de capital humain, la valeur de l'élasticité nécessaire pour égaliser les taux de rendements devient vite irréaliste. Enfin quatrièmement et comme on l'a montré, les conclusions de son modèle ne dépendent pas en fait spécifiquement de la variable à laquelle est rattachée l'externalité. On peut obtenir les mêmes résultats en considérant une externalité sur le capital physique par tête (k) ou alternativement sur k et h à la fois, ce que le test proposé par Lucas ne permet pas de trancher.

ii) En dépit du caractère plausible des idées avancées pour justifier l'introduction des externalités dans les modèles de croissance, il demeure un certain nombre de questions importantes.

L'avantage non marchand pour les agents économiques à être entourés de gens plus éduqués s'explique-t-il par exemple par l'existence « d'externalités éducatives » ou reflète-t-il seulement un lien sous-jacent entre le niveau de capital humain et les activités créatrices,

génératrices d'externalités informationnelles ? Dans quelle mesure le processus d'apprentissage ou la causalité inversée de la production vers l'invention mise en évidence par Schmookler [1966] peuvent-ils vraiment justifier la proposition qui voudrait que l'achat d'équipements par un certain nombre de firmes profite à d'autres en dehors du marché ? Comment réconcilier l'idée de Romer [1987a] selon laquelle k^Y saisirait un avantage gratuit résultant d'une plus grande production technologique avec l'hypothèse selon laquelle les rythmes technologiques sont communs à tous les pays ? Peut-on prendre au mot l'hypothèse d'une transmission intergénérationnelle du 'capital humain' et considérer comme le fait Lucas [1988] qu'elle est essentiellement internalisée ?

iii) Une partie des interrogations sur les effets externes tient à ce qu'il a longtemps existé et qu'il demeure encore souvent une certaine imprécision autour de la notion d'effets externes lorsqu'elle est introduite dans un modèle à une fonction de production agrégée, ce dont témoignent assez bien comme on s'est efforcé de le montrer, les commentaires qui accompagnent la méthode d'évaluation ex post des externalités dans les travaux de comptabilité de la croissance comme ceux de Carré-Dubois-Malinvaut [1972].

Pour aller plus loin et pour pouvoir répondre aux questions précédentes, il est nécessaire d'analyser précisément le contenu concret et les problèmes allocatifs associés aux phénomènes recouverts par les notions d'externalités informationnelles et éducatives.

ANNEXE I : Endogénéisation du taux d'épargne et interprétation des modèles de croissance

On relâche souvent, depuis les travaux de Cass [1965] notamment et à la suite Ramsey [1928], l'hypothèse simplificatrice ou descriptive de l'exogénéité de l'effort d'épargne d'une économie. Bien qu'il soit possible et même souvent plus intéressant d'adopter une conception positive, considérons dans un premier temps et pour l'exposition du problème seulement le modèle sous un angle normatif. Le programme est alors celui d'un planificateur idéal qui cherche à déterminer le sentier $c(t)$ qui maximise une fonction d'utilité dont les arguments sont les consommations à des dates différentes :

$$\int_0^{\infty} e^{-(p-n)t} u[c(t)] dt \quad (1)$$

c , p , n et $u(.)$ désignent ici respectivement la consommation par tête, le taux de préférence pour le présent, le taux de croissance démographique, et la fonction d'utilité individuelle. Pour obtenir une solution de croissance équilibrée, il est établi que $u(.)$ doit présenter une élasticité de substitution intertemporelle constante et l'on pose traditionnellement

$$u(c) = \frac{c^{1-\sigma}}{1-\sigma} \quad (2)$$

Dans le modèle de Solow par exemple, la détermination de $c(t)$ se fait conjointement à celle de $K(t)$. En raisonnant à partir des variables qui restent constantes à l'état régulier, i.e. les variables exprimées par unité d'efficacité, on peut alors réécrire la technologie de production sous la forme :

$$\dot{\hat{k}} + c e^{(x+v)t} = f(\hat{k}) - (x+v+n+\delta)\hat{k} \quad (3)$$

La variable d'état du système devient $\hat{k}$. Le programme du planificateur consiste à maximiser à chaque période la somme de l'utilité tirée de la consommation et celle qui provient de la valeur « fictive » attribuée à la constitution du capital à cette période. Pour $\hat{k}(0)$ donné, on montre alors qu'il n'existe qu'une seule trajectoire qui converge vers l'état régulier tel qu'il a été défini dans le modèle de Solow. La condition de transversalité, qui impose que le prix fictif du capital tende asymptotiquement vers 0 lorsque t tend vers l'infini assure que le planificateur choisira la valeur $\hat{c}(0)$ qui situe l'économie sur le sentier de convergence vers l'état régulier. Tout autre choix conduirait à une trajectoire qui finirait par violer cette condition.

Le programme précédent était celui d'un planificateur social mais ainsi qu'on l'a fait remarqué, il est généralement préférable de l'interpréter de manière positive. On peut montrer en effet que l'on aboutit à des résultats identiques si l'on considère alternativement un environnement concurrentiel où sont distingués le programme des ménages identiques qui

offrent leur travail et détiennent une partie des entreprises et celui des firmes identiques qui utilisent la force de travail et réalisent la production. La simplicité conduit alors à mener le raisonnement à partir d'un ménage-entreprise représentatif.

Le problème de la finitude humaine est résolu en considérant que le ménage représentatif maximise son utilité ainsi que celle de tous ses descendants, cette famille immortelle augmentant au taux de croissance démographique n . On sait que cette hypothèse revient à supposer de manière équivalente des individus altruistes ayant des vies finies prenant en compte mais de manière décroissante l'utilité de tous leurs descendants. C'est une manière élégante de rendre compte de l'imbrication des générations et de l'altruisme plus ou moins institutionnalisé d'une génération pour les suivantes, mais il peut être aussi préférable dans certains cas de recourir à un modèle à générations imbriquées, plus explicite.

La multiplicité des interprétations

L'hypothèse de l'individu représentatif est introduite pour donner un minimum de fondements microéconomiques à des modèles macroéconomiques et l'on sait qu'elle est utilisée de manière privilégiée dans les développements théoriques récents sur la croissance économique. Ces fondements sont forcément sommaires mais ils permettent d'enrichir l'analyse de manière notable à condition toutefois que les mécanismes qui assurent la cohérence interne du modèle renvoient à des forces réelles identifiées.

Dans ses grandes lignes et pour les phénomènes dont il cherche à rendre compte, le modèle de Cass-Ramsey ne pose pas trop de problèmes. L'hypothèse du ménage-entreprise représentatif permet de dériver rigoureusement le comportement des agents économiques des préférences que l'on a spécifiées, spécifications qui renvoient immédiatement à des phénomènes réels et identifiés attachés aux entités distinguées par le modèle : « vrais » individus, « vraies » firmes. Par exemple, le modèle prévoit que si le niveau de capital est faible, sa productivité marginale sera importante et il sera intéressant pour le ménage représentatif, et pour certaines valeurs de σ et p , d'épargner davantage, i.e. s'il se confond avec la firme d'investir. Cette conclusion interne pourra s'interpréter comme l'idée selon laquelle si une économie dispose de peu de capital et d'une préférence pour l'épargne, alors les entreprises dans leur ensemble seront conduites à investir massivement.

Mais les phénomènes concrets auxquels renvoie la formalisation ne sont pas toujours aussi clairs. Considérons par exemple, en sortant maintenant de l'approche traditionnelle de la croissance, la technologie dans le secteur d'accumulation d'un modèle d'éducation pure de type Lucas [1988] :

$$\dot{h} = B(1-u)h \quad (4)$$

Si l'on se situe à un niveau directement microéconomique, en prenant « au mot » l'hypothèse de l'individu représentatif, les décisions d'éducation renverront clairement à celles que prennent les agents (enfants et parents). Pour être compatible avec l'horizon infini de

l'individu représentatif, il faudra alors poser l'hypothèse de la « transmission intergénérationnelle de capital humain ». Prenons maintenant l'équation suivante :

$$\dot{H} = B(1-u)H \quad \text{avec } H = hL \quad (5)$$

Formellement, cette équation est équivalente à la précédente (on a multiplié par L des deux côtés) et l'on peut très bien reprendre l'interprétation précédente. Mais on peut aussi préférer raisonner directement au niveau macroéconomique. $(1-u)H$ représente alors la part de son capital humain qu'une société consacre à l'accumulation de celui-ci. Le modèle ne fait plus alors seulement référence aux décisions individuelles des enfants et parents puisqu'il intègre les dépenses de temps des professeurs et autres formateurs³¹. En maintenant le programme de maximisation d'un individu représentatif, il suppose cependant que par des mécanismes qu'il reste à préciser, ces dépenses demeurent optimales.

L'enseignement essentiel ici est donc qu'il n'est pas possible de réfléchir correctement sur le sens des externalités et le problème allocatif éventuel qu'elles soulèvent sans une conception claire du niveau où l'on situe l'analyse.

³¹ On pourrait aussi introduire le capital physique avec une élasticité plus faible que dans le secteur des biens finals.

On aurait alors $\dot{H} = (1-a)K^\beta B(1-u)H^{1-\beta}$

Deuxième partie

LES EXTERNALITÉS INFORMATIONNELLES

Deuxième partie

LES EXTERNALITÉS INFORMATIONNELLES

INTRODUCTION

On a montré dans la partie précédente de quelle manière les effets externes pouvaient résoudre certains problèmes posés par les théories de la croissance. Dans les modèles macroéconomiques, leur introduction est cependant fort stylisée. Pour justifier leur caractère plausible, les auteurs avancent des arguments aisément corroborés par l'intuition que l'on peut avoir de tels phénomènes et pour cela assez convaincants : Romer [1990b] par exemple rappelle qu'il est évident qu'une grande partie de la connaissance produite par les firmes ne peut pas être appropriée. Lucas [1988] souligne quant à lui l'influence des parents sur l'accumulation du capital humain de leurs enfants mais aussi l'importance des échanges inter-personnels dans la vie courante.

Etant donné le rôle joué par les externalités dans les modèles précédents, leur discussion n'est pas absente des débats théoriques, que ce soit dans les nouveaux développements, les tentatives de synthèses ou les commentaires critiques, mais elle demeure toujours à un niveau très général. En outre, certaines interprétations sont plus problématiques. On dissocie par exemple automatiquement les externalités associées au capital physique et au capital humain, ou l'on mêle la notion à d'autres phénomènes (complémentarité par le marché de certains investissements ou division du travail entre les firmes). Pour l'essentiel, ces problèmes tiennent à l'absence d'analyse systématique de ce qu'elles recouvrent réellement au niveau microéconomique.

Dans cette partie, on va donc mener une analyse plus détaillée des externalités en s'appuyant d'abord sur la littérature traditionnelle sur les effets externes physiques, notamment Marshall [1890], Meade [1952], Scitovski [1954], Mishan [1970], Buchanan & Stubblebine [1962] et Coase [1960] puis les travaux ayant trait à l'économie de l'innovation et portant directement sur la diffusion des connaissances techniques en dehors du marché, notamment Arrow [1962b] et [1965], de Nelson [1980], Cohen & Levinthal [1989], Malerba [1992], Jaffe

[1986], Mansfield & alii [1977] et [1985], Levin [1986], Shrader [1990], Mairesse et Mohnen [1990], Van Hippel [1987] et Saxenian [1991].

Comme à notre connaissance, les externalités informationnelles n'ont jamais l'objet de travaux synthétiques, leur seule étude constitue en soi un objet de recherche théorique très étendu qu'il serait possible de traiter de manière totalement indépendante de la question de leur introduction dans les modèles théoriques de croissance.

Plan de la seconde partie

Cette seconde partie est divisée en quatre grandes sections.

La première section revient sur les principaux résultats mobilisables pour notre propos obtenus par l'analyse traditionnelle des externalités physiques. On se démarquera de la présentation usuelle¹ d'une part en ne traitant que des effets externes positifs de production (dont l'analyse n'est pas toujours exactement symétrique aux effets externes négatifs), d'autre part en mettant surtout l'accent sur les accords contractuels et en négligeant les questions normatives sur la possibilité théorique de certaines formes d'intervention (subventions optimales, fourniture publique...). L'objectif est de rappeler certains grands résultats qui sont pertinents pour l'analyse des externalités informationnelles soit parce que on peut les reprendre comme tels, soit précisément pour souligner la particularité de ces dernières.

Dans la seconde section, on présente les différentes formes de diffusion des externalités informationnelles : Les formes directes comme l'observation des produits des concurrents, la lecture des brevets, les échanges inter-personnels entre les firmes, les échanges d'informations à travers la mobilité du travail mais aussi les formes indirectes passant par un intermédiaire marchand ou public (presse, ouvrages, consultant, organismes de formation). On s'interrogera aussi assez longuement sur les ambiguïtés de la notion d'externalités éducatives.

La troisième section traite des problèmes allocatifs spécifiques que pose ce type d'externalité dans une économie de marché, en raison de la particularité du bien transmis, c'est-à-dire de l'information technique. On verra notamment qu'il existe des formes très particulières et généralement négligées d'internalisation mais qu'en même temps certaines externalités ne sont pas par nature internalisables du fait de leur imprévisibilité.

Enfin, la quatrième section examine l'influence de l'agglomération des activités sur les effets externes, i.e. la dimension spatiale de ces derniers, afin de voir dans quelle mesure ils contribuent à entretenir le processus de polarisation des activités, et cela en référence à Lucas [1988]. On présentera notamment deux débuts de tests empiriques des modèles de croissance endogène menés au niveau des cités par Glaeser & alii [1992] et Henderson, Kuncoro & Turner [1995].

¹ Traditionnellement, la présentation des externalités est basée sur les externalités négatives et elle reflète souvent le débat normatif des années soixante. On expose ainsi d'abord les solutions pigouviennes puis on les relativise à partir du théorème de Coase.

I LES EXTERNALITES PHYSIQUES

I.1 LA NOTION D'EFFET EXTERNE : BREF HISTORIQUE

I.1.1 LE PROBLEME DE MARSHALL

Le concept d'effet externe a été introduit par Marshall [1890] pour expliquer que la croissance industrielle puisse se poursuivre tout en maintenant les conditions de la concurrence. Pour ce dernier, étant donné que des économies d'échelles remettent forcément en cause le caractère concurrentiel des marchés si elles demeurent « internes » aux firmes, il faut bien qu'elles leur soient d'une manière ou d'une autre « externes ». Les exemples qu'il avance, souvent repris, sont étroitement liés aux avantages de la concentration spatiale des industries. Ils concernent notamment :

- la diffusion publique des idées.

« Lorsque une industrie a choisi une localité, elle a des chances d'y rester longtemps, tant sont grands les avantages que présente pour des gens adonnés à la même industrie qualifiée, le fait d'être près les uns des autres. Les secrets de l'industrie cessent d'être des secrets; ils sont pour ainsi dire dans l'air, et les enfants apprennent inconsciemment beaucoup d'eux. On sait apprécier le travail bien fait; on discute aussitôt les mérites des inventions et des améliorations qui sont apportées aux machines, aux procédés, et à l'organisation générale de l'industrie. Si quelqu'un trouve une idée nouvelle, elle est aussitôt reprise par d'autres, et combinée avec des idées de leur crû. ». Tome II, p 465.

- la spécialisation croissante liée à la division du travail entre les firmes.

« Beaucoup des économies que donne l'emploi de main d'oeuvre et de machines spécialisées [...] ne tiennent pas à l'importance des entreprises individuelles. Quelques-unes sont dues à l'importance de la production de même espèce dans le voisinage; tandis que d'autres, notamment celles qui sont liées au progrès des connaissances et des arts, dépendent surtout du volume total de la production dans l'ensemble du monde civilisé [...] ». Tome II p 458.

- la constitution d'une importante réserve de main d'oeuvre spécialisée.

« [...] une industrie localisée tire un grand avantage du fait qu'elle est constamment un marché pour un genre particulier de travail. Les patrons sont disposés à s'adresser à un endroit où ils ont des chances de trouver un bon choix d'ouvriers possédant les aptitudes spéciales qu'il leur faut; de leur côté les ouvriers cherchant du travail vont naturellement dans ces endroits où se trouvent

beaucoup de patrons ayant besoin d'ouvriers de leur spécialité et où ils ont par suite des chances de trouver un marché avantageux ». Tome II, p 466.

Il est clair rétrospectivement que Marshall a mêlé dans la même notion d'effets externes plusieurs phénomènes qu'il aurait mieux valu distinguer conceptuellement. Une longue clarification s'étalant sur plusieurs décennies s'en suivra. Elle a permis de préciser la définition des effets externes et de les distinguer en particulier d'un autre phénomène important mais distinct : les *externalités pécuniaires*. Celles-ci reflètent simplement une interdépendance entre les producteurs à travers le marché sous la forme d'effets-prix ou d'effets-quantités. Ces effets surgissent, en pratique, chaque fois qu'une entreprise bénéficie brusquement d'une baisse du prix de ses inputs ou d'une augmentation de la demande. Par rapport au modèle concurrentiel, ces effets ne traduisent qu'un phénomène d'ajustement. Ils ne posent pas de problèmes spécifiques d'allocation et disparaissent dans un cadre d'équilibre général. Cela ne signifie pas pour autant qu'ils n'importent pas dans la réalité ou qu'il ne soit pas nécessaire de les étudier. Ainsi beaucoup de ce qu'on l'on range derrière l'idée d'économies d'agglomérations sont uniquement formées d'externalités pécuniaires et ont pour cette raison des conséquences extrêmement importantes sur la localisation des activités ou le commerce international (voir par exemple Krugman [1991]).

Pendant longtemps, le problème allocatif induit par les « vraies externalités » a aussi été mêlé à un autre problème distinct qui est celui posé par l'absence de coordination dans une économie décentralisée d'investissements individuellement non rentables. Etant donné que ce phénomène est encore invoqué aujourd'hui dans certains travaux sur la croissance, il n'est pas inutile d'y revenir rapidement.

I.1.2 LA COMPLEMENTARITE PAR LE MARCHE DES INVESTISSEMENTS NON RENTABLES INDIVIDUELLEMENT

Dans les années cinquante, la distinction entre externalités pécuniaires et externalités technologiques reflétait dans beaucoup d'esprits l'application des effets externes à deux domaines différents : l'industrialisation des pays sous-développés et les travaux théoriques sur l'équilibre général. La réalité des marchés, en particulier celle des pays en développement, conjuguée à l'incertitude inhérente à l'investissement, justifiaient ainsi pour Scitovsky [1954] le maintien de l'idée selon laquelle les externalités pécuniaires pouvaient ne pas être exploitées. Mishan [1965] clarifiera de manière définitive le débat sur les externalités en distinguant le problème allocatif associé aux « vraies externalités » d'un autre problème conceptuellement différent qui est celui de la sous-optimalité liée à l'absence de coordination d'investissements dont la rentabilité ne peut être assurée que s'ils sont entrepris simultanément.

Par exemple, la création de deux nouveaux marchés (monopolistiques) par deux firmes différentes A et B peut n'être profitable que si A fournit les débouchés à B et que si B bénéficie des inputs nécessaires produits par A. Dans une telle situation A n'investira que si B a elle-même déjà investi, ce que B n'aura pas fait puisqu'il attend lui-même la décision de A. On pourrait étendre le raisonnement à plusieurs firmes. Ce qui importe c'est que l'on soit en présence d'indivisibilités suffisantes pour que les deux activités ne puissent pas être entreprises

sur une base purement individuelle. Plusieurs arguments ont été avancés pour limiter l'importance empirique d'un tel échec de marché :

- Il ne faut pas négliger les anticipations que peut former une entreprise d'une part sur les investissements futurs d'autres firmes, et d'autre part sur les répercussions de ses propres investissements sur ces mêmes autres firmes [Stockfish, 1955].
- Il faut aussi tenir compte des accords volontaires de coopération que peuvent nouer les firmes pour pallier au défaut de coordination du marché.
- Enfin, dans certains cas le progrès technique peut permettre de rétablir une rentabilité individuelle minimale susceptible de déclencher d'autres vagues d'investissements.

Que peut-on dire de ces arguments ? Avant tout, il est essentiel de remarquer qu'en réalité, toutes les activités sont complémentaires sur le marché : En l'absence de commissaire priseur, la décision de produire un bien dépend toujours d'une estimation de la demande potentielle, des inputs disponibles (technologie) et de leurs prix. La différence par rapport au cas des deux firmes A et B décrit précédemment réside dans le fait que, lorsque les marchés existent déjà, les décisions et les anticipations peuvent facilement s'appuyer sur les informations passées (inputs existants, prix de ces inputs, quantité demandée...). Ainsi, l'offre d'un nouveau produit qui nécessite l'utilisation d'inputs déjà existants dispose déjà d'une estimation assez bonne de son prix et de la demande potentielle (qui est formée par une part de la demande globale de l'input auquel elle va se substituer partiellement). Par contre, le problème de la coordination peut devenir décisif lorsque ce sont de nombreuses firmes qui doivent être créées simultanément pour assurer la rentabilité de chacune. On peut donc admettre que les trois mécanismes invoqués pour limiter l'existence en pratique d'un échec de marché ont une certaine efficacité lorsque un petit nombre de firmes seulement sont concernées (dans leur existence ou dans leur niveau d'investissement). Mais ils deviennent largement insuffisants lorsque les complémentarités sont telles que le problème de la coordination interdit l'existence de branches entières.

On comprend mieux alors pourquoi, même s'il concerne également les pays développés, cette forme particulière d'échec de marché ait surtout été employée (et découverte) par les théoriciens du développement pour rendre compte de l'incapacité des pays pauvres à développer leur base industrielle et pour justifier une forme ou une autre d'intervention publique. A la base il y a toujours la même idée qui est bien résumée par Bardhan [1994]: Lorsque les marchés domestiques sont petits et que les technologies imposent des coûts fixes importants, aucun des sous-secteurs industriels ne peut individuellement se développer, alors que leur expansion simultanée pourrait être permise à travers le soutien mutuel de leur demande. Si le développement passe forcément par l'industrialisation, alors l'économie se trouve coincée dans un piège de pauvreté. L'ouverture de l'économie au commerce international peut certes atténuer le problème mais même dans ce cas, la taille du marché domestique continue d'importer tant que la production nécessite l'utilisation de biens et services non échangeables (maintenance,

réparation, services financiers, de communication ou de distribution) ou d'infrastructures aux coûts fixes très élevés (trains, routes, barrages électriques, canaux..)².

Un tel échec de marché crée une opportunité pour une intervention de l'Etat sous une forme ou une autre : coordination au sein d'un secteur public industriel nationalisé [Rosenstein-Rodan, 1943], [Nurske, 1952], réalisation des Infrastructures Economiques et Sociales publiques nécessaires [Hirschman, 1958], ciblage sur certains secteurs susceptibles d'exercer le plus d'effets amont ou aval, etc.. Notons qu'il ne s'agit pas de créer *d'un seul coup* un secteur industriel complet ayant une taille optimale minimisant le coût moyen de production mais simplement de permettre à quelques firmes d'abord d'utiliser des techniques occasionnant un coût fixe encore supportable (avant de passer progressivement à d'autres techniques générant des indivisibilités toujours plus grandes).

Aujourd'hui, l'argument dans sa dimension normative a perdu beaucoup de sa force, sans doute parce que, comme le fait valoir Bardhan [1994], on avait longtemps sous-estimé les difficultés de la coordination politique³.

Ce que Marshall avait initialement appelé économies externes recouvre donc deux phénomènes distincts : l'interdépendance technique (économies externes) et l'interdépendance par le marché. Cette seconde interdépendance est certes à l'origine de gains pour les agents économiques mais ces gains résultent simplement de l'échange et leur exploitation ne pose donc pas en principe de problèmes sur les marchés concurrentiels sauf s'ils sont liés à la mise en place simultanée des investissements qui n'ont une rentabilité que collective. Dans tous les cas, même si la conséquence peut être identique à celle des « vraies » externalités (niveau de l'investissement privé inférieur à son niveau social dans le secteur en question), il s'agit là d'un problème tout à fait étranger à la théorie des effets externes⁴.

Bien que les principaux résultats de l'analyse traditionnelle des externalités soient aujourd'hui largement divulgués (approche en terme de produit joint, sous-optimalité de l'équilibre concurrentiel et procédures d'internalisation), il est essentiel de les présenter à

² Murphy, Shleifer & Vishny [1988] ont proposé à travers plusieurs modèles une formulation rigoureuse de ce mécanisme. Dans l'un d'entre eux en particulier, ils montrent comment chaque firme utilisant une infrastructure commune contribue au financement de son coût fixe et favorise ainsi l'industrialisation.

³ Une anecdote de Little et Mirrlees de 1969 vaut d'être reprise ici : « L'un d'entre nous qui visitait un nouveau et vaste complexe industriel qui était en fonctionnement depuis plus de deux ans avait demandé à quoi servait une zone annexe entièrement vide qu'il avait aperçu et qui devait apparemment faire l'objet d'une utilisation industrielle. On lui répondit qu'elle était en fait réservée aux fournisseurs d'inputs qui devraient croître pour répondre aux besoins du complexe. » cité in Stewart et Ghani [1991, p 592].

⁴ Le terme équivoque "d'externalité latente" continue épisodiquement d'être employé pour désigner la potentialité de l'exploitation des gains permis par la résolution du problème de coordination des investissements n'ayant une rentabilité que collective.

nouveau rapidement, moins pour eux-mêmes en fait que parce que leur rappel fournit l'occasion de faire de nombreuses remarques et clarifications indispensables pour la suite du raisonnement. Pour éviter les répétitions, on se contentera néanmoins de raisonner de manière très théorique sans trop insister sur le genre de phénomènes que cela pourrait recouvrir.

I.2 LES EXTERNALITES POSITIVES DE PRODUCTION

I.2.1 DESCRIPTION ET FORMALISATION

On développe ici les différentes manières de décrire et de formaliser la notion d'externalité, ce qui permet notamment de rappeler toute la particularité de leur formalisation habituelle, notamment dans les modèles macroéconomiques.

I.2.1.a) Dépendance technique et produit joint

Il y a création d'externalité positive de production dans toute situation où l'activité d'un agent exerce une influence directe sur l'activité d'un ou plusieurs autres. Comme l'effet agit directement, en dehors du marché, on parle aussi d'interdépendance technique entre les fonctions de production. L'agent économique concerné par l'effet externe est le plus souvent une firme mais il est important de remarquer qu'il peut aussi s'agir d'un individu en tant qu'unité de décision offrant son capital humain sur le marché du travail⁵. Pour ne pas tout mélanger, la présentation qui suit concerne uniquement les effets externes inter-firmes. On verra cependant que les deux types d'externalités ne forment pas nécessairement des catégories distinctes.

Pour traduire la dépendance technique, on fait souvent figurer dans la fonction de production du récepteur un indicateur, quantité produite ou quantité d'un certain type d'input utilisée, reflétant l'influence d'un agent économique sur un autre. On note par exemple⁶ :

$$y^j = f^j (X^j, \bar{y}^i) \quad (1)$$

ou
$$y^j = f^j (X^j, \bar{x}_k^i) \quad (2)$$

y^j et y^i représentent les productions respectives d'un output quelconque (identique ou pas) des firmes j et i , X^j désigne le panier d'input de j et $\bar{x}_k^i$ la quantité de bien k utilisé par i . La barre mise au-dessus de la variable souligne que le récepteur a un comportement paramétrique vis-à-vis de celle-ci.

⁵ Il existe ainsi des cas notables d'effets externes productifs entre individus ou entre firmes et salariés. Ceux-ci ne doivent pas être confondus avec les effets externes de consommation qui n'affectent positivement ou négativement que les fonctions d'utilité des individus.

⁶ Dans cette partie, on raisonnera souvent à partir du cas simple mais extrapolable d'un seul émetteur (indiqué i) et d'un seul récepteur (indiqué j).

Cette formalisation peut être une simplification adéquate, mais il est souvent plus judicieux pour certaines analyses, comme l'ont montré notamment Buchanan [1966] et Mishan [1971], de désigner explicitement le bien dont bénéficiera gratuitement le récepteur. Il suffit pour cela de considérer que l'effet externe correspond en fait à l'émission d'un bien, le *bien externe*, qui est non exclusif et intrinsèquement joint, du fait des contraintes techniques de production, à un autre bien produit ou consommé par l'émetteur⁷. Formellement, si on désigne par z^i la quantité de bien externe émise par i , on est alors amené à écrire :

$$y^j = f^j(X^j, z^i) \quad (3)$$

avec
$$f^i(z^i, y^i; X^i) = 0 \quad (4)$$

où X^i représente le panier d'input utilisé par i .

L'approche en terme de produit joint est beaucoup plus précise que la simple description d'une interdépendance technique. D'une part, elle spécifie directement le bien transmis et sa quantité ; d'autre part, elle permet de préciser l'origine de la modification d'une interdépendance entre deux agents : une variation de la quantité de bien externe émise, une variation de son influence dans la fonction du récepteur ou les deux à la fois. Souvent malheureusement, le bien externe est difficilement mesurable soit parce que l'on raisonne au niveau macroéconomique, ou soit parce qu'il s'agit d'information. Il faut alors estimer sa quantité en la rattachant à celle d'une variable observable. A priori, ce sont les biens qui sont à l'origine même du bien externe qui sont les meilleurs candidats. On parle parfois à leur propos de *bien support* du bien externe.

- Il peut s'agir du niveau d'output de i et l'on a alors quelque chose du type :

$$z^i = \varphi(y^i) \quad (5)$$

La spécification la plus courante est celle d'une fonction linéaire (et pour simplifier une fonction identité⁸) mais il est clair que de nombreux cas réels doivent être décrits par d'autres fonctions. En plus du cas linéaire (a), on a représenté graphiquement trois autres possibilités assez pertinentes :

- b) L'émission de biens externes à partir d'un certain niveau de production $y^i_{\min}$.
Formellement, on a alors :

$$y^j = f^j[X^j, z] \quad (6)$$

⁷ Généralement, la littérature parle d'effet externe pour désigner indifféremment le bien externe ou l'effet qu'il exerce proprement dit. L'approche en terme de produit joint établit une distinction entre les deux.

⁸ Le cas où $z^i = ky^i$ peut toujours être ramené $z^i = y^i$ si l'on choisit l'unité de mesure adéquate pour z^i .

$$\begin{array}{ll} \text{avec} & z = y^i \quad \text{si } y^i \geq y_{\min}^i \\ \text{et} & z = 0 \quad \text{si } y^i < y_{\min}^i \end{array} \quad (7)$$

c) la disparition de l'émission du bien externe au-delà d'un certain niveau de production y_0 , celui par exemple qui conduit l'entreprise à changer de technologie,

d) la constance de l'émission du bien externe à partir d'un certain niveau de production (y_0).

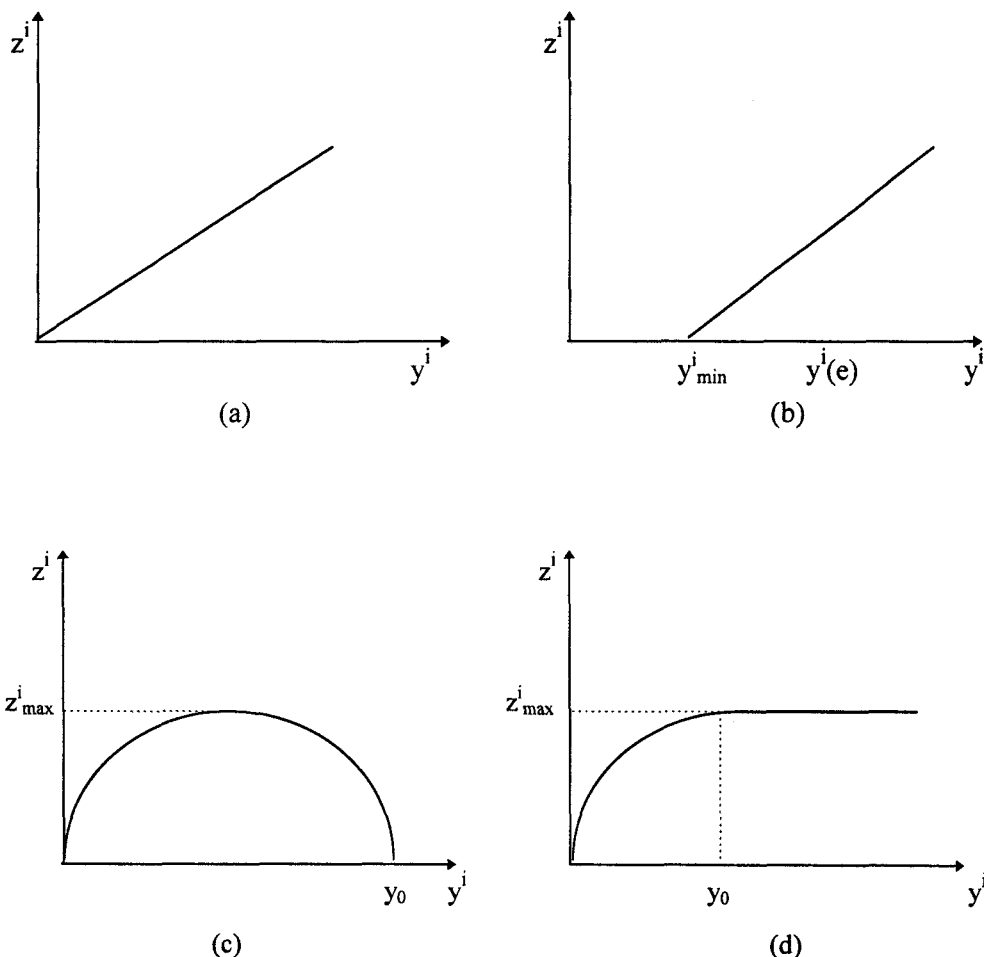


Figure II.1 : Effets externes et niveau d'activité de l'émetteur : différentes spécifications.

- On peut aussi prendre la quantité utilisée par i de certains inputs :

$$z^i = \Phi(\tilde{X}^i) \quad (8)$$

où $\tilde{X}^i$ représente un sous ensemble de X^i , le panier d'input de i . Lorsque le sous-ensemble n'est pas réduit à un seul élément, ce qui est le cas le plus fréquent au niveau macroéconomique, $\Phi(\cdot)$ peut désigner par exemple une moyenne pondérée quelconque.

Cette question de l'indicateur étant réglée, il faut rappeler que z n'a aucune raison de rentrer de manière simple dans la fonction de production de j . Il se pourrait ainsi que la quantité de bien externe mesurée par z n'améliore *directement* la productivité que d'un sous-ensemble de facteurs utilisés par le récepteur j . On aurait alors par exemple :

$$y^j = f^j(h(\tilde{X}^j; \bar{z}^j), \bar{X}^j) \quad (9)$$

$\bar{X}^j$ étant le complément de $\tilde{X}^j$ dans l'ensemble X^j .

La formulation qu'on rencontre le plus souvent néanmoins est celle d'une externalité entrant de manière multiplicative dans un Cobb-Douglas, i.e. quelque chose de la forme :

$$f^j(x_1, x_2, \bar{z}) = A x_1^\alpha x_2^{1-\alpha} \bar{z}^\gamma \quad (10)$$

Il vaut la peine de s'y arrêter quelques instants.

1.2.1.b) Effet externe multiplicatif et déformation de la fonction de production

L'introduction d'un effet externe multiplicatif a pour conséquence immédiate d'élever la productivité de chaque facteur en les multipliant par $\bar{z}^\gamma$. Graphiquement, l'effet externe s'analyse donc manière analogue au progrès technique par une déformation *globale* de la fonction de production. En considérant pour simplifier un seul input ($X = \{x_1\}$) et des rendements constants, on a quelque chose de la forme⁹ :

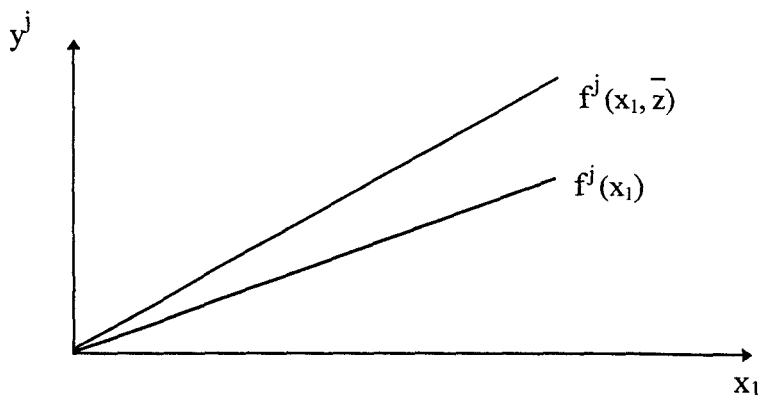


Figure 11.2 : Déformation globale de la fonction de production avec un effet externe multiplicatif

Les déformations induites par les externalités multiplicatives peuvent prendre bien d'autres formes pour peu qu'on modifie légèrement les spécifications. Etant donné l'analyse que l'on voudrait mener ultérieurement, en particulier sur les problèmes qui se posent concrètement aux firmes dans leur effort d'internalisation, on peut distinguer trois cas :

⁹ Si la production se fait à rendements décroissants, on remplace simplement les deux droites par deux fonctions concaves.

♦ Il est d'abord possible qu'une certaine quantité d'effet externe soit nécessaire à toute production par le récepteur. En supposant donnée la quantité d'input ($x^j = x^{j*}$), on a alors :

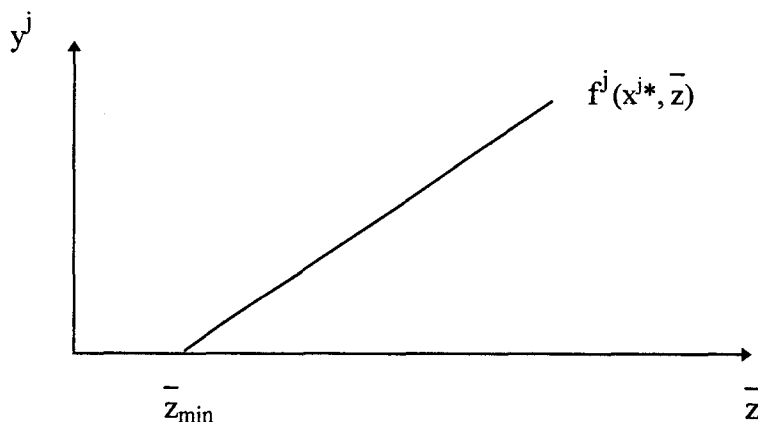


Figure 11.3 : Effet externe nécessaire à la production du récepteur.

♦ On peut aussi très facilement envisager des « effets seuils » (a) ou même dans des cas particuliers sur lesquels il faudra revenir, des « effets plafonds » (b) pour faire référence à la situation dans laquelle à partir d'un certain moment, il peut devenir préférable pour une firme réceptrice de produire elle-même le « bien externe ». Si on peut maintenir l'hypothèse de rendements constants, alors on aura quelque chose de la forme :

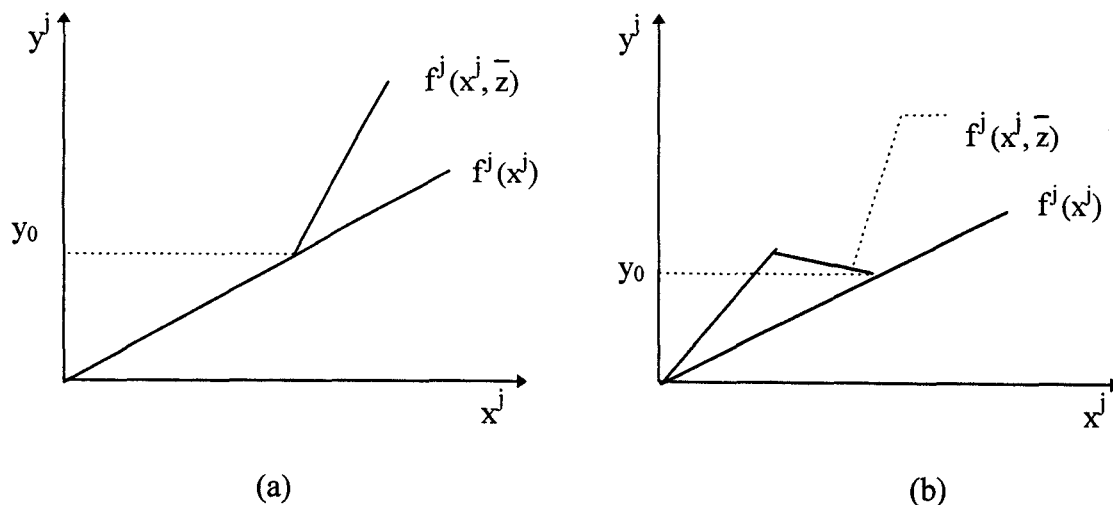


Figure 11.4 : Effet seuil (a) et plafond d'externalité (b)

Les effets externes multiplicatifs sont essentiels puisque ce sont les seuls qui soient introduits dans les modèles de croissance mais il faut bien voir qu'il ne sont qu'une forme

d'externalité parmi d'autres. On pourrait très bien imaginer qu'elles prennent une forme une forme additive du type :

$$Y_j = A(K_j + \bar{K})^\alpha L_j^{1-\alpha} \quad (11)$$

ou
$$Y_j = AK_j^\alpha L_j^{1-\alpha} + b\bar{K} \quad (12)$$

ou
$$Y_j = AK_j^\alpha L_j^{1-\alpha} + b\bar{Y} \quad (13)$$

1.2.1.c) Externalités collectives

Dans certaines situations, une firme peut bénéficier des effets externes exercés par de nombreuses firmes, par exemple l'ensemble des firmes de son industrie. La fonction de production du récepteur j est alors donnée par :

$$y^j = f^j([..... ; z_1^j, z_2^j, z_{j-1}^j, z_{j+1}^j, ...]) \quad (14)$$

avec z_i^j quantité de bien externe émis par i et dont bénéficie j.

Avec des biens externes parfaitement substituables, on pourra noter de manière plus simple :

$$y^j = f^j([..... ; \sum_i z_i^j]) \quad (15)$$

Si l'on fait maintenant l'hypothèse selon laquelle chaque firme bénéficie également de toutes les autres, toutes en définitive profiteront d'une quantité de biens externes approximativement identique, à laquelle chacune a contribué mais vis-à-vis de laquelle chacune adopte un comportement paramétrique. On peut parler alors d'une *externalité collective*. Rigoureusement, il n'est pas nécessaire que les biens externes soient non rivaux pour qu'il y ait une externalité collective. Mais il paraît plus plausible de supposer que l'entreprise n'émet qu'un seul bien externe non rival qui profite à tous.

Ce type d'externalité, baptisé également « création d'atmosphère » a été introduit initialement par Meade [1952], qui sans doute inspiré par les travaux de Marshall, cherchait à représenter une situation dans laquelle la fonction de production de chaque entreprise est à rendements constants tandis que la société dans son ensemble bénéficie de rendements croissants. Ce nouveau concept était illustré par l'exemple de deux industries, blé et bois, la seconde permettant d'augmenter la première, grâce aux pluies induites par son activité. Il n'est pas nécessaire de s'attarder sur cette illustration tant il est clair que s'il existe bien des externalités collectives positives, elles n'ont rien à voir avec cela. Mais il est remarquable de constater que bien après et à plusieurs reprises, notamment Chipman [1970] pour un modèle

complet d'équilibre général¹⁰, on ait cherché à satisfaire le même objectif, la croissance des rendements au niveau agrégé avec la même idée, l'externalité collective.

1.2.1.d) Effet externe et bien collectif

Les notions de biens externes et de biens collectifs entretiennent des liens très étroits et cela explique qu'on puisse être fondé à parler « d'externalités publiques » ou « de création d'un bien collectif par le secteur privé ». Pourtant si on veut éviter les confusions, il faut caractériser rigoureusement ce qui unit et sépare les deux notions.

On sait que le bien collectif pur est celui qui satisfait aux trois conditions posées par Samuelson [1954]: impossibilité d'exclusion, obligation d'usage et non rivalité parfaite de consommation i.e. absence d'effet d'encombrement. L'origine technique de l'interdépendance créée par le bien externe implique en premier lieu le partage de deux des propriétés du bien collectif pur : l'impossibilité d'exclusion par le prix du producteur qui caractérise le bien collectif pur (puisque'il n'y a pas de marché, donc pas de prix) et l'obligation d'usage¹¹. Par contre, l'externalité à la différence du bien collectif pur, n'est pas toujours synonyme de non rivalité. Le bien transmis dans la dépendance technique peut donc ou non partager les mêmes propriétés que le bien collectif pur. Lorsque c'est le cas, on peut dire avec Samuelson, que le bien collectif pur est porteur d'un effet externe de consommation puisque dès qu'il est produit, i.e. dès que le paiement est effectué par au moins un agent économique, le bien collectif pur figure ipso facto dans les fonctions de production (et/ou d'utilité) de tous les agents économiques concernés.

Une distinction majeure sépare cependant les deux notions : A la différence du bien collectif, *le bien externe est associé à la production d'un autre bien marchand*. C'est un produit joint. C'est cette caractéristique qui rend possible la production par le marché de biens externes, l'existence d'externalités négatives, et qui explique surtout aussi qu'un bien externe puisse faire l'objet d'un processus marchand parallèle traditionnel. (Dans l'exemple de Meade, l'apiculteur peut aussi, s'il le désire acheter directement des fleurs). Cela explique aussi la différence de traitement des effets externes. La plupart du temps, il ne peut pas y avoir en effet de production publique proprement dite des effets externes et l'Etat ne peut en augmenter la quantité qu'en *composant*, au moyen de subventions ou de protection avec la structure d'incitations complexe des agents économiques privés.

Si l'on revient aux notions mentionnées précédemment « d'externalité publique » ou de « création d'un bien collectif par le secteur privé », on est aussi logiquement amené à conclure que ces termes sont manifestement impropres puisque la production d'un bien collectif est assurée par l'Etat et que le bien est transmis *intentionnellement* vers un groupe d'agents

¹⁰ Laffont [1977, pp 51-53] en donne une présentation rigoureuse.

¹¹ Comme on le verra juste après, lorsque l'on parle d'externalités informationnelles, il n'y a plus de dépendance technique et l'on est obligé de relâcher la propriété d'obligation d'usage. L'impossibilité d'exclusion est une condition suffisante à l'externalité. Naturellement, la définition de l'externalité comme interdépendance technique est alors un peu pervertie.

récepteurs. Mais naturellement, tant que l'analogie n'introduit pas de confusions, ce n'est jamais qu'une question secondaire de terminologie.

1.2.1.e) Dimension temporelle des effets externes

Jusqu'à présent, on a négligé la dimension temporelle des effets externes. Dans beaucoup de cas, on peut dire que cela s'est fait à juste titre car le lien « technique » qui unit les fonctions de production de deux entreprises ne disparaît pas habituellement tant que les activités restent inchangées. Mais il ne s'agit pas d'une règle générale. En fait, pour être précis, il faut établir à nouveau une double distinction conceptuelle un peu lourde mais nécessaire entre d'une part les *externalités de flux* et les *externalités de stock* et d'autre part entre les *externalités ponctuelles* et les *externalités durables*. On peut partir des définitions suivantes :

- ◆ *L'externalité de flux* est une situation dans laquelle l'activité de la firme i pendant la période t n'influence la productivité de la firme j que pendant cette période (en supposant qu'il n'y ait pas d'effet retard).
- ◆ *L'externalité de stock* caractérise au contraire la situation dans laquelle l'activité de i pendant la période t augmente définitivement la productivité de j .

Imaginons qu'à la période t , une grande entreprise i jette à la décharge publique une vieille fraiseuse défectueuse mais réparable ainsi que des chutes de métaux qui encombrant son entrepôt. La récupération par une entreprise j de la vieille fraiseuse prendra la forme d'une externalité de stock tandis que celle des métaux s'apparentera à une externalité de flux.

- ◆ *L'externalité ponctuelle* est une situation dans laquelle l'activité de i n'influence de manière définitive ou non la productivité de j que pendant une seule période.
- ◆ *L'externalité durable ou renouvelée* est une situation dans laquelle la productivité de j est influencée à chaque période par l'activité de i à ces différentes périodes.

Si l'on reprend l'exemple fictif précédent, on parlera d'externalités ponctuelles (de flux et de stock) si la mise au rebut ne se produit qu'à une seule période et d'externalité durables si elle se renouvelle à chaque période.

Rigoureusement, toute externalité est soit une externalité de flux soit une externalité de stock et elle est simultanément soit durable soit ponctuelle, le cas le plus classique étant celui de l'externalité de flux durable. L'écriture formelle de chacun des quatre cas est résumée dans le tableau suivant :

	flux	Stock
durable	$y^j(t) = f^j [X^j(t), \bar{y}^i(t)] \quad \forall t$	$y^j(t) = f^j [X^j(t), \bar{y}^i(t_0), \dots, \bar{y}^i(t-1), \bar{y}^i(t)]$
ponctuelle	$y^j(t_0) = f^j [X^j(t_0), \bar{y}^i(t_0)]$ et $y^j(t) = f^j [X^j(t)]$ pour $t > t_0$	$y^j(t) = f^j [X^j(t), \bar{y}^i(t_0)] \quad \forall t \geq t_0$

De telles distinctions sont nécessaires si l'on veut correctement poser la question des coûts mais aussi des gains de l'internalisation. Il est clair par exemple que les externalités durables sont, toutes choses égales par ailleurs, celles qui posent les plus grands problèmes allocatifs, mais donc aussi celles dont la correction apporte le plus grand gain potentiel et qui ont donc le plus de chances d'être internalisés. On y reviendra après.

1.2.2 LES CONDITIONS DE LA SOUS-OPTIMALITE PARETIENNE DE L'EQUILIBRE CONCURRENTIEL EN PRESENCE D'EXTERNALITES

1.2.2.a) Rendement social et rendement privé

Si les externalités ont suscité tant d'intérêt, ce n'est pas seulement parce qu'elles sont à l'origine de gains quasi-gratuits (ou de pertes), c'est peut-être avant tout parce qu'elles rendent très probable l'inefficacité de l'allocation des ressources dans une économie décentralisée et qu'elles offrent ainsi la potentialité d'une intervention étatique correctrice. Le résultat est connu. On en rappelle le fondement dans un cadre qui sera réutilisé ensuite pour la discussion des formes d'internalisation¹².

Soit une économie composée d'un consommateur et de deux producteurs i et j produisant respectivement les biens 1 et 2 en quantité y_1^i et y_2^j . Chaque producteur utilise l'output de l'autre comme input. Le producteur i émet un effet externe positif sur j . On suppose pour simplifier que

$$z = y_1^i \quad (16)$$

Les fonctions de production différentiables et concaves sont données par :

$$y_1^i = f^i(y_2^i) \quad (17)$$

$$\text{et} \quad y_2^j = f^j(y_1^j, y_1^i) \quad (18)$$

¹² On adapte ici à notre propos la présentation que fait Laffont [1988] du problème de la pollution sans reprendre toutefois le cas de l'externalité de consommation.

La fonction d'utilité du consommateur $U(x_1, x_2)$ est différentiable, croissante et strictement quasi-concave, x_1 et x_2 représentant respectivement les quantités consommées des biens 1 et 2. Les ressources initiales du consommateur dans les deux biens sont données par w_1 et w_2 . L'optimum de Pareto de cette économie est obtenu par la résolution du programme suivant :

$$\text{Max } U(x_1, x_2) \quad (19a)$$

$$w_1 + y_1^i - y_1^j - x_1 \geq 0 \quad (19b)$$

$$w_2 + y_2^j - y_2^i - x_2 \geq 0 \quad (19c)$$

$$-y_1^i + f^i(y_1^i) \geq 0 \quad (19d)$$

$$-y_2^j + f^j(y_1^j, y_1^i) \geq 0 \quad (19e)$$

Les conditions de premier ordre, qui sont suffisantes du fait des hypothèses de concavité des fonctions peuvent être résumées, après élimination des multiplicateurs et réarrangement dans la condition d'équilibre suivante (voir Annexe II):

$$\frac{U'_{x_1}}{U'_{x_2}} = \frac{df^j}{dy_1^j} = \frac{1}{\frac{df^i}{dy_2^i}} - \frac{df^j}{dy_1^i} \quad (20)$$

Le taux marginal de substitution social entre les biens 1 et les biens 2 doit être égal aux taux marginaux de transformation sociaux. La structure du problème permet de parler du taux marginal de transformation (TMT) social de *chaque* producteur.

Le TMT privé de j est donné par sa productivité marginale privée $\frac{df^j}{dy_1^j}$ au sens où au sens où l'entreprise j peut transformer une unité de bien 1 en $\frac{df^j}{dy_1^j}$ unités de biens 2 ou inversement $\frac{df^j}{dy_1^j}$ unités de biens 2 en unité de bien 1 (en renonçant à utiliser cette dernière unité). On voit dans (20) qu'il est identique à son TMT social.

Si elle ne tient pas compte de l'externalité, l'entreprise i peut quand à elle transformer une unité de bien 2 en $\frac{df^i}{dy_2^i}$ unités de biens 1, ou encore $1 / \frac{df^i}{dy_2^i}$ unités de bien 2 en une unité de bien 1. L'inverse de la productivité marginale donne donc son TMT privé. Mais on voit qu'en présence d'externalité, celui-ci est supérieur au TMT social qui est donné par :

$$\frac{1}{\frac{df^i}{dy_2^i}} - \frac{df^j}{dy_1^i} \quad (21)$$

En raison de l'externalité, l'entreprise i peut donc *transformer* $\left(1 / \frac{df^i}{dy_2^i}\right) - \frac{df^j}{dy_1^i}$ unités de bien 2, (soit une quantité inférieure à celle du TMT privé), en une unité de bien 1. Sa productivité marginale sociale est plus élevée, et c'est sur celle-ci qu'il faudrait inciter l'entreprise à baser sa décision de production afin d'atteindre l'optimum parétien, ce qui devrait alors la conduire à produire davantage.

1.2.2.b) Optimalité et sous-optimalité de l'équilibre décentralisé en présence d'effet externe

Le premier intérêt du raisonnement précédent est de rappeler qu'il n'est pas nécessaire que l'émetteur bénéficie déjà à l'équilibre de l'effet externe pour qu'il y ait un problème allocatif. En fait, la seule chose qui importe, c'est qu'il soit sur le point d'en bénéficier (à nouveau ou pas). Ainsi qu'on l'a déjà vu, on peut facilement imaginer des situations dans lesquelles deux activités ne deviennent interdépendantes qu'à partir d'un certain niveau d'activité de i . Si ce niveau d'activité est juste supérieur à celui atteint dans le cadre d'un équilibre décentralisé, cela implique qu'un problème allocatif peut exister alors même que j n'est pas encore affecté par i . Formellement, on a à l'équilibre :

$$\frac{df^j}{dy_i} > 0 \quad \text{mais} \quad \int_0^{y_i} \frac{df^j}{dy_i} dy_i = 0 \quad (22)$$

Mais inversement, il est essentiel de remarquer que toutes les externalités ne conduisent pas à la sous-optimalité de l'équilibre décentralisé, bien qu'elles y soient traditionnellement associées. C'est évident dans le cas précédent si l'on considère

$$-\frac{df^j}{dy_1^i} = 0 \quad \text{pour les différentes valeurs d'équilibre} \quad (23)$$

Autrement dit, il est possible qu'un agent ait bénéficié de l'activité d'un autre agent sans pour autant qu'il puisse encore tirer avantage d'une variation marginale positive de cette activité. Cette idée, très importante, a d'abord été soulignée par Buchanan & Stubblebine [1962] qui ont introduit la notion d'*externalité infra-marginale*. Formellement, une telle externalité existe lorsque l'on a :

$$\frac{df^j}{dy_i} = 0 \quad \text{mais} \quad \int_0^{y_i} \frac{df^j}{dy_i} dy_i > 0 \quad (24)$$

Une dernière remarque pour finir : On vient de distinguer deux situations : Celle où l'effet externe ne pose plus de problème allocatif, celle où il en pose mais seulement à la marge, i.e. avant même que le récepteur ait reçu une quelconque quantité de biens externes. Ces deux situations sont distinctes conceptuellement mais elles peuvent se présenter de manière conjointes pour une même entreprise. En effet, comme le seuil à partir duquel l'activité d'une entreprise crée une interdépendance n'a aucune raison d'être identique pour toutes les entreprises, on peut très bien imaginer que i exerce un effet externe inframarginal sur j mais qu'une augmentation du niveau d'activité crée quand même une amélioration parétienne en raison de la création d'un nouvel effet externe sur une autre firme k . On aurait ainsi à l'équilibre :

$$\frac{df^j}{dy_i} = 0 \quad \text{avec} \quad \int_0^{y_i} \frac{df^j}{dy_i} dy_i > 0 \quad (25a)$$

et en même temps :

$$\frac{df^k}{dy_i} > 0 \quad \text{avec} \quad \int_0^{y_i} \frac{df^k}{dy_i} dy_i = 0 \quad (25b)$$

Cette situation est loin d'être purement théorique. Comme on le verra dans la section II, beaucoup d'externalités informationnelles liant deux entreprises données sont infra-marginales. Mais c'est parce que l'augmentation de l'activité de la ou les entreprise(s) émettrice(s) est susceptible d'affecter au moins statistiquement d'autres entreprises que son niveau reste sous-optimal.

1.3 PERSISTENCE DU PROBLEME ALLOCATIF POSE PAR LES EXTERNALITES

Bien que l'on vienne de voir que cela n'est pas automatique, l'externalité reste souvent à l'origine d'une allocation sous-optimale des ressources, et donc d'un gain potentiel pour les agents économiques concernés qui devrait normalement les inciter à coopérer. Sous certaines conditions, la théorie a établi depuis longtemps que le problème allocatif posé par les externalités pouvait disparaître de lui-même, sans que l'Etat ait besoin de recourir à une subvention pigouvienne ou à une autre forme d'intervention. Trois types de stratégies sont théoriquement possibles :

- L'internalisation par la fusion des agents économiques concernés
- la *marchandisation* des externalités.
- L'internalisation dans le cadre d'accords volontaires passés entre les agents.

Si de tels accords étaient systématiques dans la réalité, les externalités ne poseraient plus de problème allocatifs. Une grande partie d'entre elles disparaîtraient même. C'est bien parce qu'il existe des limites inhérentes à l'internalisation, et a fortiori à la marchandisation, que subsistent des externalités pareto-pertinentes. Avant d'aborder des formes d'externalités plus particulières, il est utile de rappeler les limites de ces stratégies. On le fait une nouvelle fois en ne considérant que les externalités positives et en insistant surtout sur les aspects importants

pour la suite de l'analyse¹³. Un accent particulier est mis cependant sur le troisième type de stratégie, i.e. l'internalisation par la négociation des parties entre elles, d'abord parce qu'elle est la plus courante, ensuite parce qu'elle est une forme de progrès technique dont ne tiennent pas compte explicitement les modèles de croissance, enfin parce qu'elle prend des aspects souvent subtils qui sont ignorés la plupart du temps des raisonnements généraux.

I.3.1 FORMES REELLES ET LIMITES DE L'INTERNALISATION PAR INTEGRATION

Lorsque plusieurs entreprises sont liées par des externalités technologiques à l'origine d'une sous-optimalité substantielle, il est évident que la recherche du profit doit les amener à coordonner leurs activités, le cadre le plus simple étant celui d'une seule organisation. L'opération prend alors la forme d'une absorption par l'un des acteurs ou d'une fusion (qui peut d'ailleurs être réalisée par une firme extérieure souhaitant exploiter l'opportunité de profit qui naît de la coordination).

Reprenons l'exemple précédent d'une économie à deux biens, deux entreprises liées par une externalité et un consommateur. Si les entreprises i et j fusionnent, le programme de la nouvelle entreprise sera donné par :

$$\text{Max } \pi | y_1, y_2 = p_1 f^i(y_2^i) + p_2 f^j(y_1^j, y_1^i) - p_2 y_2^i - p_1 y_1^j \quad (22)$$

Après réarrangement, les conditions de premier ordre permettent d'écrire :

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{df^j}{dy_1^j} = \frac{1}{\frac{df^i}{dy_2^i}} - \frac{df^j}{dy_1^i} \quad (26)$$

Ce n'est rien d'autre que la condition d'optimalité parétienne (20). On peut dire que la fusion internalise l'externalité par la *réallocation des droits de propriété*. Avant la fusion, l'entreprise réceptrice avait le droit de propriété sur le bien externe émis *gratuitement*, ce qui interdisait à l'entreprise émettrice de le considérer comme un véritable output. Après la fusion, il ne reste qu'une seule entreprise qui à travers ses deux activités, produit l'effet externe et en bénéficie simultanément, i.e. en conserve l'entière propriété.

Si une telle solution n'est pas mise en œuvre, on est logiquement conduit à conclure que c'est parce que les coûts supplémentaires d'organisation qui naissent de la fusion sont supérieurs aux gains liés à l'internalisation. Précisons cependant que si l'on observe peu de fusions uniquement motivées par le problème allocatif posé par les externalités, ce n'est pas seulement parce que les surcoûts d'organisation sont systématiquement élevés ou parce que l'internalisation a toutes les chances d'être motivée par plusieurs sources de gains potentiels. Cela tient d'abord au fait que les entreprises internalisent dès le départ cette possibilité. Si par exemple un producteur de moutons abandonnait gratuitement « à la porte de son entreprise » la

¹³ On négligera volontairement la question de la dimension temporelle des effets externes pour ne la soulever qu'à propos des seuls cas concrets qui nous intéressent dans ce travail.

laine de ses animaux, un autre agent économique s'empresserait de la récupérer pour la commercialiser. Cette situation étant sous-optimale, on observerait bien vite un beau cas d'internalisation des externalités par fusion des entreprises concernées. Mais il est rare que cela arrive.

I.3.2 LA MARCHANDISATION IMPOSSIBLE

I.3.2.a) *Le principe de la marchandisation*

Dès que l'on envisage l'effet externe non plus seulement comme une interdépendance technique mais comme un *bien*, le problème allocatif des externalités peut être abordé en terme d'inexistence d'un ensemble complet de marché. A un niveau fondamental, on peut toujours dire en effet que la production de bien externe ne pose un problème que dans la mesure où son allocation n'est pas déterminée sur un marché concurrentiel. La solution logique est alors de faire en sorte que le bien externe puisse être marchandisé comme les autres, i.e. avant tout qu'il puisse redevenir exclusif. En théorie, la propriété d'exclusion peut alors être retrouvée de deux manières différentes : soit par un dispositif technologique nouveau qui peut être mis aux point par les émetteurs ou offert sur le marché, soit par un dispositif légal¹⁴. Dans ces deux cas, on transforme l'effet externe en un simple produit joint sans propriété particulière à condition toutefois qu'il soit rival. Le calcul économique de l'émetteur devient alors analogue par exemple à celui du producteur de laine de mouton qui produit de façon indissociable la viande de cet animal.

Reprenons le modèle simplifié précédent d'une économie concurrentielle et supposons que l'exclusion totale du bien externe puisse être garantie par l'un ou l'autre des dispositifs. S'il s'agit d'un dispositif légal, on supposera que la totalité des droits de propriété est attribuée à l'émetteur. Si le récepteur veut maintenant bénéficier du bien externe, il faut qu'il en paye le prix. On fait l'hypothèse que l'émetteur ne subit pas de préjudice de la vente de ce bien et que par conséquent, il n'y a aucune contrainte institutionnelle à poser pour l'obliger à vendre ce droit.

On se retrouve alors simplement dans le cas d'une production jointe mais il faut préciser qu'il s'agit d'un type particulier puisque les quantités produites d'effets externes et de bien 1 ne peuvent pas être produites dans un rapport variable. C'est pour cette raison qu'il n'y a qu'une variable de contrôle pour l'entreprise. On a toujours pour simplifier $z = y_1^i$. Mais cette fois-ci, le prix de l'externalité p_z n'est pas nul tant qu'il y a une demande minimale pour l'effet externe. Naturellement, dans cette économie où il n'existe qu'un seul offreur et un seul demandeur, l'hypothèse d'un comportement paramétrique vis-à-vis du prix est très forte. Mais on aboutirait au même résultat si l'on faisait en sorte que l'hypothèse d'atomicité du marché soit respectée.

♦ Le programme de maximisation de i est désormais donné par :

¹⁴ Cette seconde solution requiert évidemment l'intervention de l'Etat mais comme elle se limite à son exercice normal qui est la définition et la garantie claire des droits de propriété, on ne la mettra pas sur le même plan que les autres formes plus actives d'intervention : subventions, fourniture d'informations, etc...

$$\text{Max}_{y_2} \quad p_1 y_1^i - p_2 y_2^i + p_z z^i \quad (27a)$$

$$y_1^i = f^i(y_2^i) \quad (27b)$$

$$z^i = y_1^i \quad (27c)$$

ce qui donne la condition de premier ordre suivante :

$$(p_1 + p_z) \frac{df^i}{dy_2^i} = p_2 \quad \text{ou} \quad p_1 = \frac{-p_z \frac{df^i}{dy_2^i} + p_2}{\frac{df^i}{dy_2^i}} \quad (28)$$

♦ La maximisation par le consommateur de sa fonction d'utilité $U(x_1, x_2)$ sous une contrainte budgétaire classique ($R = p_1 x_1 + p_2 x_2$) conduit à la condition habituelle :

$$\frac{U'_{x_1}}{U'_{x_2}} = \frac{p_1}{p_2} \quad (29)$$

♦ Le programme de maximisation de j est donné par :

$$\text{Max}_{y_1, z} \quad p_2 y_2^j - p_1 y_1^j - p_z z^j \quad (30a)$$

$$\text{avec} \quad y_2^j = f^j(y_1^j, z^j) \quad (30b)$$

Il y a donc deux conditions de premier ordre qui sont données par :

$$\frac{d\pi_j}{dy_1^j} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{df^j}{dy_1^j} \quad (31)$$

$$\frac{d\pi_j}{dz} = 0 \quad \Rightarrow \quad p_2 \frac{df^j}{dz} = p_z \quad (32)$$

En plus des conditions usuelles, l'équilibre concurrentiel exige désormais l'égalité de l'offre et de la demande sur le marché du bien externe :

$$z^i = z^j \quad (33)$$

Les conditions de premier ordre (28) et (29) donnent immédiatement une partie des conditions qui définissent l'optimum de Pareto. Si l'on intègre dans (27) la valeur de p_z déterminée dans (30) et que l'on divise ensuite de chaque côté par p_2 , il va :

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{U'_{x_1}}{U'_{x_2}} = \frac{df^j}{dy_1^j} = \frac{1}{\frac{df^i}{dy_1^i}} - \frac{df^j}{dz} \quad (34)$$

On retrouve donc la condition (20). L'équilibre concurrentiel de l'économie dans laquelle on a *élargi l'espace des biens* en ajoutant un marché de droits sur le bien externe est un optimum de Pareto. Mais rappelons-le : sur un marché concurrentiel où il existe plusieurs offreurs et demandeurs pour le bien externe, la production doit satisfaire aux conditions de convexité habituelles. En particulier, le bien externe doit être rival. Si le bien est non rival, son coût marginal de production est nul et l'optimum parétien exige qu'il soit offert à un prix nul.

1.3.2.b) Indépendance des problèmes d'allocation et de répartition des droits de propriété

Le résultat classique de Coase [1960] établi à propos d'externalité négative selon lequel l'allocation optimale des ressources est indépendante de la distribution entre les parties des droits de propriété peut être repris pour les effets externes positifs. Ainsi dans l'exemple précédent, on aurait très bien pu imaginer que le dispositif ne permette de conserver qu'une partie de la propriété du bien externe pour l'émetteur ou que l'Etat décide de n'accorder que cette même partie à l'émetteur. Si l'on note $\bar{z}$ cette partie, les programmes deviennent alors

$$\text{pour } i : \quad \text{Max}_{|y_2} \quad p_1 y_1^i - p_2 y_2^i + p_z^i (z^i - \bar{z}) \quad (35)$$

$$\text{et pour } j \quad \text{Max}_{|y_1, z} \quad p_2 y_2^j - p_1 y_1^j - p_z (z^j - \bar{z}) \quad (36)$$

Les conditions de premier ordre sont alors inchangées et l'on retrouve logiquement la condition d'optimalité parétienne. La seule différence tient à la modification des taux de profits respectifs, favorable pour j et défavorable pour i . On notera ici que le récepteur j continue à bénéficier « gratuitement » de biens externes jusqu'à la quantité $\bar{z}$. La marchandisation résout le problème allocatif en fixant le principe d'une contrepartie monétaire, mais pour une partie seulement, celle qui est supérieure à $\bar{z}$, de la quantité de biens externes.

1.3.2.c) Création d'un marché ex nihilo et marchandisation sur un marché déjà existant.

Si cet exemple reflète le cas de la création d'un marché ex nihilo, il n'est pas très utile d'aller plus loin dans la réflexion théorique. Ce n'est pas un hasard en effet si ce type de solution a été initialement et longtemps étudié à partir du problème particulier de la pollution et si le seul exemple qui revienne toujours dans les présentations générales soit celui de la création

d'un marché de droit de pollution. Ainsi, à l'exception de ce cas effectivement mis en application¹⁵, il est difficile de trouver des exemples concrets de marché de biens externes positifs qui puissent être ainsi créés ex nihilo.

L'explication tient naturellement au fait qu'une telle solution requiert un niveau relativement faible des coûts d'exercices des droits de propriété : coûts d'exclusion mais aussi coûts de transactions (coûts de communication, de négociation, et de contrainte de réalisation). Les premiers, lorsqu'ils sont prohibitifs, interdisent l'existence même de droits de propriété privés. Remarquons en tous cas qu'il n'est pas nécessaire a priori que le marché soit créé ex nihilo *dans le cas des effets externes positifs*. Un modèle d'économie un peu plus complexe dans lequel un bien parfaitement identique au bien externe est déjà offert sur le marché aurait permis de présenter le cas de la marchandisation du bien externe sur un marché déjà existant.

I.3.3 LES LIMITES « RELATIVES » DES ACCORDS VOLONTAIRES

Les deux derniers paragraphes présentaient deux systèmes de coordination possibles pour régler le problème allocatif posé par les externalités : le marché anonyme et l'organisation. Cette distinction est trop stricte puisque l'on sait que la coordination peut aussi être réalisée par des accords volontaires entre les parties concernées. C'est Coase [1960] le premier qui a insisté sur la nécessité d'envisager cette solution pour les externalités. Depuis, l'un des grands résultats théoriques comme le rappelle Farrel [1987] aura été de montrer que son analyse pouvait être étendue à tous les types d'inefficacités. Cette généralisation est intéressante car les effets externes sont susceptibles d'être à l'origine d'autres inefficacités que celles envisagées jusqu'ici. Mais restons pour l'instant sur le premier problème allocatif.

I.3.3.a) Les gains de la coopération dans un cas simple.

On part à nouveau du cas simplifié où il n'existe qu'un seul émetteur et un seul récepteur mais on abandonne le cadre d'équilibre général inadapté ici. Les gains et les coûts liés à l'augmentation de la quantité d'effets externes pour les deux parties sont représentés dans le schéma suivant :

¹⁵ Par exemple en 1993 aux Etats-Unis où s'est déroulée la première vente aux enchères de droits à polluer (possibilité d'émettre une tonne de CO₂ par an), essentiellement à des producteurs d'électricité.

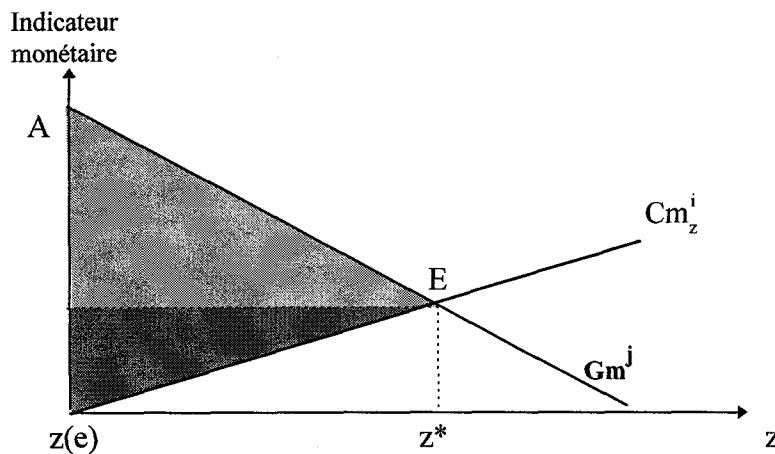


Figure II.5 : Les gains de la coopération en présence d'effets externes.

Pour progresser dans le raisonnement, le mieux est de partir d'une représentation qui ne soit pas trop spécifiée. C'est pourquoi, on adopte les définitions suivantes pour les variables :

- $z(e)$ représente la quantité de bien externe émise par i pour son niveau de production d'équilibre privé : $y_i^i(e)$
- Gm^j représente l'évaluation marginale par j du gain qu'il réalise lorsque la quantité de bien externe dont il bénéficie du fait de l'activité de i augmente. Ce gain peut provenir d'avantages divers (information, assurance de débouchés,...). On notera au passage que bien que l'on fasse figurer z en abscisse et non y_i^i , il reste possible que Gm^j soit nul à partir d'un certain moment si le bien externe que reçoit j perd toute valeur pour lui.
- Cm_z^i : représente le coût marginal pour i de l'augmentation de la quantité de bien externe, quelque soit l'origine de ce coût (surproduction par rapport au niveau d'équilibre privé, surutilisation d'un facteur et/ou perte de marché..).

Si la relation fixant le niveau de production à la quantité d'effet externe est strictement proportionnelle, i.e. que l'on a quelque chose du type $z = y_i$, alors on aura, si la firme i se comporte de manière concurrentielle :

$$Cm_z^i = \frac{dC_i}{dz} = \frac{dC_i}{dy_i} - P \quad P \text{ étant donné} \quad (37)$$

mais manifestement, il s'agit d'un cas particulier.

On voit sur le schéma que pour $z < z^*$, le coût de production d'une unité supplémentaire de bien externe par i est inférieur au gain que représente cette unité pour j , et donc au prix maximal que j est prêt à payer à i pour obtenir cette unité. Il y a là une opportunité d'échange que doivent saisir les deux parties et qui sera épuisée pour le niveau z^* lorsque le coût marginal

pour i devient égal au gain marginal de j . La surface triangulaire grisée (sombre et claire) délimitée par les points $z(e)$, A et E représente le gain social maximal que peuvent se partager les deux parties si elles parviennent à un accord¹⁶.

Dans une situation où il n'existe que deux acteurs, les comportements stratégiques sont importants (non révélation des préférences, asymétrie d'information). Il n'est pas évident par exemple qu'il n'y ait qu'un seul prix d'échange pour le bien externe. Si i parvient à imposer pour une première quantité d'effet externe, un prix supérieur au prix pour lequel $Cm_z^i = Gm_z^j$, il captera une partie du surplus du demandeur tel qu'il serait déterminé sur un marché concurrentiel. Sur le schéma, on a représenté le cas simplifié mais pertinent dans certaines situations où le rapport d'échange est identique à celui que fixerait un commissaire-priseur fictif sur un marché impersonnel. La partie inférieure grisée sombre représente alors le gain de i , la partie supérieure grisée claire celui de j .

Etant donné le sens que l'on retient pour les coûts et les gains marginaux, on pourrait naturellement prendre d'autres hypothèses que celles qui sont retenues ici pour obtenir un équilibre. Les courbes par exemple peuvent ne pas être linéaires, monotones ou mêmes continues. On peut raisonnablement admettre cependant que dans beaucoup de situations, les courbes soient telles que le gain maximal ne soit ni nul ni infini et que l'on obtienne une situation d'équilibre optimal auquel cas la représentation précédente constitue une bonne simplification. Il est aussi possible que la quantité d'effet externe pouvant être émise par i et dont pourrait bénéficier j soit limitée à un maximum ($z_{\max}$). Cela ne change rien évidemment pour peu que Cm_z^i soit positif à ce niveau.

1.3.3.b) Retour sur l'absence de problème d'allocation

On a vu précédemment que dans deux types de situations la présence d'externalités n'était pas nécessairement associée à un problème allocatif. On peut revenir rapidement sur cette idée dans le cadre général adopté ici où les coûts et les gains associés aux effets externes ne sont pas exactement spécifiés.

♦ Le premier cas (externalité infra-marginale) est celui où $z(e) = z_{\max}$ et où en même temps Gm_z^j reste positif pour toute valeur qui serait éventuellement supérieure à $z_{\max}$, ce qui donne graphiquement :

¹⁶ Dans le cas des externalités « durables » et en l'absence de coûts de négociation, le gain global de la coopération est obtenu très simplement en multipliant cette aire par le nombre de périodes durant lesquelles persiste l'interdépendance.

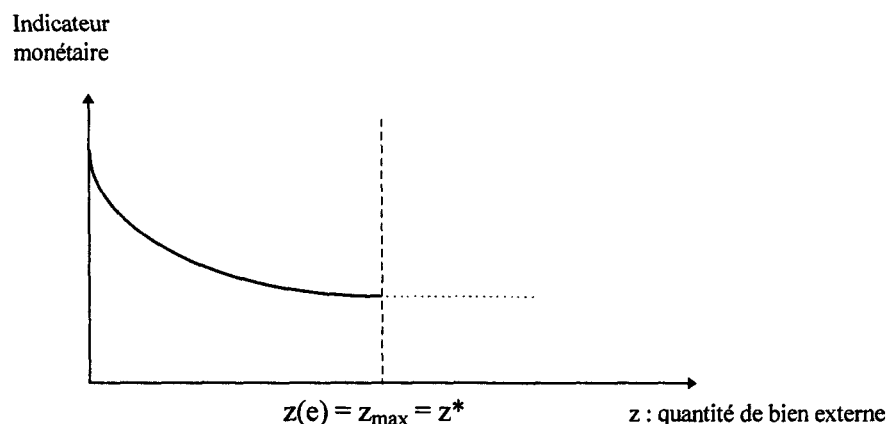


Figure II.6 : Effet externe inframarginal.

Dans cette situation, il n'y a pas de problème allocatif et donc pas nécessité d'une négociation, ce qu'on peut montrer très facilement de manière formelle. Supposons par exemple que l'externalité soit rattachée de manière simple à l'output de i . On a :

$$z = \varphi(y^i) \quad (38)$$

La fonction $\varphi(\cdot)$ est définie simplement :

$$\varphi(y^i) = y^i \quad \text{pour } y^i < \bar{y} \quad (39)$$

et

$$\varphi(y^i) = \bar{y} \quad \text{pour } y^i \geq \bar{y}$$

Etant données ces hypothèses, on voit immédiatement que $z_{\max} = \bar{y}$ et

$$\frac{dz}{dy^i(e)} = 0 \quad \text{pour } y^i \geq \bar{y} \quad (40)$$

Puisque z ne varie plus, on a bien $\frac{dy^j}{dz} = 0$

♦ Le second cas est celui où Cm_z^i est durablement supérieur à Gm^j pour tout $z > z(e)$ en raison d'une forme de coût fixe à l'augmentation de l'émission du bien externe imposée par les contraintes techniques de la production.

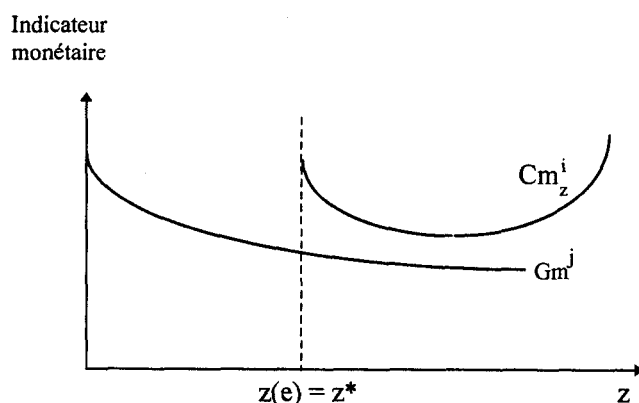


Figure II.7 : Absence de problèmes allocatifs en présence de coût fixe d'augmentation d'effet externe.

Ce cas invite à s'interroger sur la définition même de la sous-optimalité associée à l'effet externe. Dans un cadre d'équilibre général, on avait été amené à conclure que toute situation dans laquelle $\frac{df^j}{dy_i} > 0$ était synonyme de sous-optimalité. Lorsque l'on réintroduit les variations discrètes qui naissent de certaines contraintes techniques, la représentation précédente montre que cette condition n'est plus suffisante.

En fait, en reprenant la terminologie introduite par Buchanan et Stubblebine [1962], on peut dire que dès que $\frac{df^j}{dy_i} > 0$, l'externalité est *potentiellement pareto-pertinente*. Mais pour qu'on puisse parler d'externalité *pareto-pertinente*, il faut en outre que l'on soit dans une situation où l'activité de l'émetteur i puisse être modifiée de telle manière que j en tire un avantage, sans pour cela que i soit désavantagé en aucune sorte.

1.3.3.c) Contraintes à l'efficacité des accords volontaires

Ce sont tous les coûts de négociation (recherche des partenaires, discussion des termes de l'accord, contrôle des obligations...) qui limitent l'efficacité et souvent même l'existence des accords volontaires passés entre les parties concernées par un effet externe. Ils sont d'autant plus élevés que la situation laisse place à des comportements stratégiques¹⁷. Graphiquement, les coûts de négociation se traduisent par une déformation des courbes Gm^j et Cm_z^i qui réduisent les gains de la négociation (cas 1 et 2) ou les annulent (cas 3).

¹⁷ En fait, certaines situations laissent place à des comportements stratégiques qui sont irréductibles à de simples coûts de négociation, auxquels cas, ils forment une deuxième contrainte à l'efficacité des accords.

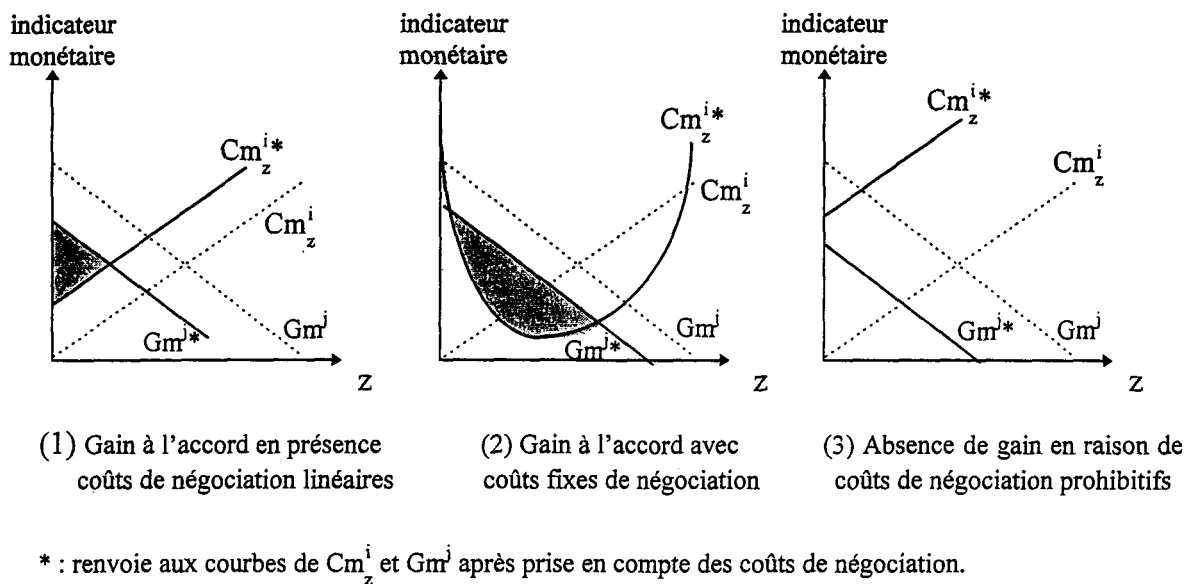


Figure 11.8 : Les gains de la coopération en présence de coûts de négociation

On notera au passage que certains font parfois l'hypothèse raisonnable selon laquelle les coûts de négociation sont proportionnellement beaucoup plus faibles lorsque les effets externes et donc les gains à la coopération sont importants. Si cela est vrai, alors on peut dire que les externalités les plus importantes ont beaucoup plus de chances, toutes choses égales par ailleurs, d'être internalisées que les plus petites. Ainsi que le font remarquer Klibanov & Morduch [1995], la proposition selon laquelle de petites externalités conduisent à de petites inefficacités alors que les grandes externalités conduisent à de larges inefficacités a alors de bonnes raisons d'être violée dans un monde où les agents s'efforcent de coopérer.

Initialement, les raisonnements de Coase et de Buchanan, avaient peut-être tendance à sous-estimer l'importance en pratique de tels coûts de négociation, sans doute parce qu'ils se construisaient contre la solution pigouvienne traditionnelle. Tant que l'on n'a pas précisé les effets externes auxquels on fait référence et examiné leur contenu concret, on ne peut pas dire grand chose sur le poids relatif de ces coûts de négociation. Mais on doit retenir la conclusion logique à laquelle mène le théorème de Coase selon laquelle, l'absence de toute négociation entre les parties concernées par un effet externe ne peut s'expliquer en dernier ressort que par l'existence de coûts de négociations jugés prohibitifs.

Remarque : Externalités collectives et négociations multilatérales

Lorsque les externalités sont collectives et les négociations multilatérales, le cas on s'en doute est très vite extrêmement complexe puisque les externalités collectives au sein d'un groupe ne sont jamais formées que d'externalités unilatérales ou bilatérales entre chaque couple d'agents économiques. L'idéal dans une telle négociation est de déterminer un indicateur du « gain collectif » puis de mesurer la contribution de chacun à ce bien-être collectif. Mais naturellement, les comportements stratégiques risquent d'augmenter avec le nombre de firmes

concernées. Il n'est pas très intéressant d'aller plus loin pour l'instant dans la discussion car les seuls cas réels auxquels ils peuvent correspondre renvoient à des situations plus particulières encore où le bien externe est de l'information et où de surcroît l'inefficacité qui nous a intéressé jusqu'à présent n'est que l'une des raisons de la coopération.

I.3.4 LES MODALITES D'INTERVENTION DE L'ETAT ET LEURS LIMITES

Tous les obstacles aux négociations ne sont pas insurmontables. L'Etat peut ainsi dans de nombreux cas encourager l'existence d'une solution décentralisée en s'efforçant de corriger le défaut d'incitation par la fourniture d'informations ou l'amélioration de sa circulation. Lorsque cette forme d'intervention n'est pas suffisante pour résoudre le problème allocatif posé par les externalités, il y a place a priori pour une autre forme d'intervention plus active : la subvention. C'est un des grands résultats classiques de l'analyse des externalités envisagé d'abord par Pigou [1912] et repris par Meade [1952] dans le cas des externalités réciproques. Le principe peut en être rappelé dans le cadre du modèle d'équilibre général simplifié que l'on a déjà utilisé à plusieurs reprises, basé sur Laffont [1988].

Soit s , une subvention unitaire versée à l'entreprise i pour la production de bien 1, P_2 étant par ailleurs normalisé à 1. Le montant des subventions est prélevé sur le consommateur sous la forme d'un prélèvement forfaitaire T qui vient baisser son revenu, mais qui est considéré comme indépendant de ses actions. On peut alors montrer qu'il existe un équilibre concurrentiel avec effets externes, qui est fonction du montant de la subvention s . Pour que l'équilibre concurrentiel soit un optimum de Pareto, il suffit de fixer le montant de la subvention de telle manière qu'elle soit égale à l'opposé de l'effet marginal, évalué à l'optimum (*) de l'activité de i sur la production de j , soit :

$$s^* = \frac{df^j}{dy_1^i} (*) \quad (41)$$

Le programme de i devient :

$$\text{Max}_{y_2} \left(p_1 + \frac{df^j}{dy_1^i} (*) \right) y_1^i - p_2 y_2^i \quad (42)$$

Ce qui implique

$$\frac{p_1}{p_2} = p_1^* = \frac{1}{\frac{df^i}{dy_2^i}} - \frac{df^j}{dy_1^i} (*) \quad (43)$$

Comme le programme du producteur j est inchangé et que le montant des subventions est prélevé sur le consommateur sous la forme d'un transfert forfaitaire, les conditions d'équilibre de j et du consommateur sont inchangées. Si l'on combine ces conditions d'équilibre, on retrouve les égalités marginales de l'optimum parétien (20) soit :

$$\frac{U'_{x_1}}{U'_{x_2}} = \frac{df^j}{dy_1^j} = \frac{1}{\frac{df^i}{dy_2^i}} - \frac{df^j}{dy_1^i}$$

Que peut-on dire d'un tel résultat ? La première chose est qu'il ne s'agit là que d'une forme possible de subventions. On aurait pu imaginer que la subvention ne soit attribuée qu'à partir d'un certain niveau de bien externe. Ensuite, il est évident qu'une telle intervention est soumise en pratique à des contraintes informationnelles très fortes et que le financement est souvent éloigné de la taxe forfaitaire introduite dans le modèle, auquel cas il est préférable de raisonner en terme d'optimum de second rang.

Dans ce travail, on laissera cependant de côté ce genre de questions. On se bornera simplement par la suite à constater les cas où il y a place pour une certaine intervention sans juger ni de la forme précise que devrait prendre cette intervention ni de la question de la comparaison des coûts et des avantages lorsque celle-ci ne peut pas être tranchée intuitivement.

I.4 INFLUENCE PHYSIQUE ET INTERDEPENDANCE TECHNIQUE

I.4.1 EXEMPLIFICATIONS IMAGINAIRES ET EFFETS EXTERNES POSITIFS REELS

Jusqu'ici, on a présenté la notion d'externalité technologique de manière très théorique en négligeant volontairement la question de son contenu empirique. Mais quels sont les phénomènes concrets auxquels renvoient la littérature traditionnelle sur les externalités ? Un rapide examen montre qu'il n'y a aucun mal à trouver des cas d'effets externes négatifs. La littérature émaille d'exemples de ce type (pollution physique, pollution sonore, utilisation d'une ressource commune, etc.). Le concept d'effet externe négatif renvoie à des phénomènes réels bien définis qui ont été largement étudiés dans le cadre de l'économie de l'environnement. Par contre, à quelques exceptions près, et si l'on écarte le problème de la mobilité de la main d'oeuvre entre les firmes (et qu'il faut encore préciser), les effets externes positifs ont toujours conduit à des exemplifications imaginaires, celles qui reviennent le plus souvent faisant référence aux abeilles de l'apiculteur qui profitent des fleurs du champ le plus proche ou encore aux pluies liées à la formation de nuage permises par la présence d'une forêt et dont bénéficient l'agriculture voisine.

Cette insistance sur les effets externes négatifs s'explique par la définition même d'externalité, comme interdépendance hors-marché, i.e. technique, entre fonctions de production. Le problème est que dans la réalité, les seuls cas non ambigus de dépendance technique sont exclusivement liés à des influences *physiques* au sens où l'influence est totalement indépendante des volontés des agents économiques. C'est une influence *physique* qui rend possible l'existence d'externalité négative. Lorsqu'une entreprise pollue, ses voisins ne peuvent pas empêcher sans coût ce surcroît de pollution. La nuisance entre de manière « physique » dans la relation qui unit inputs et outputs à l'intérieur de leur processus de production. Si l'on peut trouver de nombreux cas d'influences physiques négatives, il n'existe

que très peu de cas d'influence physique positive, sauf certains, très marginaux et qui ne méritaient pas tant de recherche théorique¹⁸. En fait, la seule influence positive significative dont peuvent bénéficier les entreprises n'est pas « physique » mais « informationnelle ». Et c'est parce que l'acquisition des informations externes suppose un acte volontaire et plus ou moins coûteux que l'idée d'une dépendance technique entre les fonctions de production n'est plus aussi immédiate.

Il ne faudrait pas croire pour autant qu'il ne s'agisse pas d'une vraie externalité. Car il n'y a aucune raison de fonder uniquement le concept d'externalité sur l'idée d'un lien technique physique. Mais il est clair que si l'on abandonne la référence à un tel lien, on ne peut plus considérer les externalités informationnelles comme un cas symétrique des nuisances. On s'est toujours basé sur des exemples hyper-particularisés pour faire la théorie des externalités sans distinguer les externalités positives physiques et informationnelles. Or, seules les secondes importent dans la croissance économique. En fait, si les théoriciens n'ont pas toujours été inclinés à reconnaître explicitement l'origine et la nature des externalités, comme externalités informationnelles, c'est aussi parce que la non rivalité des connaissances techniques introduit des non-convexités qui obligent à abandonner le cadre concurrentiel. Cette idée sur laquelle insiste Romer [1990a] et [1994] avait déjà été soulignée par Krugman [1987, p137] :

« Cela n'a pas empêché les théoriciens du commerce international d'analyser les implications politiques des externalités qui de fait sont un sujet bien connu. Etant donné cependant que l'investissement dans la connaissance technique n'était pas explicitement reconnue dans le modèle, les externalités paraissaient abstraites et sans contrepartie dans le monde réel ».

Les externalités informationnelles sont donc moins « pures » que les externalités physiques mais tant que l'on ne remet pas en cause le caractère inintentionnel de l'émission d'information technique valorisable économiquement par d'autres entreprises, on peut conserver la notion d'externalité à condition de préciser les phénomènes qu'elle recouvre mais aussi les problèmes nouveaux exclus de la définition initiale. Toute la particularité des externalités informationnelles tient à la nature très particulière du bien transmis : de l'information technique. On ne peut de ce point de vue étudier les externalités sans s'interroger sur la manière dont la connaissance technique est habituellement introduite dans la théorie économique.

I.4.2 RESUME : QUELQUES ENSEIGNEMENTS DE LA THEORIE TRADITIONNELLE DES EXTERNALITES.

La théorie traditionnelle des externalités positives de production fait référence à un phénomène bien précis : l'interdépendance technique entre les fonctions de production et tous les débats montrent qu'il vaut mieux réserver ce terme à cette unique définition en dépit des analogies évidentes que l'on peut établir avec d'autres phénomènes, comme les économies

¹⁸ A cet égard, il est aussi significatif que les manuels qui institutionnalisent les avancées de la science économique se cantonnent aussi souvent aux effets négatifs.

d'agglomération statiques, la division du travail entre les firmes, la complémentarité par le marché d'investissement non rentables, ou les biens publics, ensemble de phénomènes que l'on retrouve d'ailleurs dans les nouveaux modèles de croissance¹⁹.

Bien que les externalités qui importent réellement soient des externalités informationnelles, la théorie traditionnelle des externalités est riche d'enseignements. Pour la suite des raisonnements, il est utile de garder à l'esprit les points suivants :

1) Il est parfois préférable de considérer le bien externe comme un produit joint, notamment parce que cela permet de préciser l'origine de la modification d'une interdépendance entre deux agents : une variation de la quantité de bien externe émise, une variation de son influence dans la fonction du récepteur ou les deux à la fois.

2) Lorsqu'on introduit la dimension temporelle, de nouvelles distinctions pertinentes apparaissent entre les externalités *ponctuelles* et *durables* (selon que l'élévation de la productivité du récepteur est unique ou se renouvelle à chaque période) et entre les externalités de *flux* et celles de *stock* (selon que l'élévation de cette productivité est ou non définitive).

3) Il n'est pas nécessaire que l'émetteur bénéficie déjà à l'équilibre de l'effet externe pour qu'il y ait un problème allocatif. La seule chose importante, c'est qu'il soit sur le point d'en bénéficier. Inversement, l'externalité ne pose pas de problème allocatif dans deux cas : lorsqu'elle est infra-marginale ou lorsque les coûts de l'augmentation de l'émission de biens externes sont supérieurs à la disponibilité marginale à payer du récepteur. L'externalité à laquelle on fait traditionnellement référence est donc une forme particulière d'externalité : l'externalité pareto-pertinente.

4) Parmi les trois manières possibles de résoudre le problème allocatif (internalisation par fusion, marchandisation, et accord volontaire de coopération), la plus courante est la dernière. Elle est possible dès que le récepteur peut compenser l'émetteur de la perte qu'il subit par rapport à une situation décentralisée lorsqu'il augmente son émission de bien externe. Mais elle ne se traduit pas forcément par la fin de l'émission de biens externes gratuits s'il n'y a pas entière réappropriation des droits de propriété par l'émetteur. Sa mise en œuvre dépend des coûts de négociation. La conclusion logique à laquelle mène le théorème de Coase est que l'absence de toute négociation entre les parties concernées par un effet externe ne peut s'expliquer en dernier ressort que par l'existence de coûts de négociations jugés prohibitifs. En outre si les coûts de négociation sont proportionnellement beaucoup plus faibles lorsque les effets externes sont importants, alors dans une économie décentralisée où les agents passent des accords, les petites externalités peuvent conduire à des inefficacités plus importantes au bout du compte que les grandes externalités qui ont plus de chances d'être internalisées.

¹⁹ On verra juste après qu'il faudrait également ajouter dans cette liste les pertes causées par la baisse d'une rente du monopoleur du fait de la diffusion des connaissances des connaissances techniques.

II LES FORMES DE DIFFUSION DES EXTERNALITES INFORMATIONNELLES

II.1 LA CONNAISSANCE TECHNIQUE

II.1.1 UNE CONCEPTION EXTENSIVE DE LA CONNAISSANCE TECHNIQUE

On peut définir simplement les connaissances techniques comme celles qui sont nécessaires non seulement à la production stricto sensu, mais également à toutes les activités qui y sont liées : conditionnement et emballages, marketing, distribution, système d'information, outils d'aide à la décision, contrôle de qualité, gestion des ressources humaines, techniques de gestion, de stockage, de transaction, de paiement, etc...²⁰ Même si on a parfois tendance à les négliger, ces connaissances sont loin d'être triviales ou systématiquement moins élaborées que des produits de haute technologie. Comme le dit Romer [1993, p 544], « *Si l'on observe minutieusement les détails des opérations de firmes comme Frito-Lay, on se rendra compte qu'il y a autant d'idées ingénieuses derrière l'offre de chips au consommateur qu'il y en a pour fabriquer des ordinateurs* ».

On peut même dire que le développement des firmes dans l'histoire du capitalisme est allé de pair avec la prise en compte croissante de toutes ces activités connexes. Néanmoins, une telle description de la connaissance technique est encore insuffisante parce qu'on ne l'envisage que sous la forme achevée qu'elle revêt dans les artefacts, dans des méthodes ou dans les progrès de la science fondamentale. Dans un sens large, les connaissances techniques doivent être aussi entendues comme :

- des résultats : On sait par exemple qu'il est possible de réaliser telle quantité sur telle période, que tel matériau peut être utilisé, qu'un nouveau poste est nécessaire, que telle voie n'est pas réalisable parce que l'expérience s'est avérée infructueuse...
- des thèmes, des questions, des problèmes ou des méthodes éprouvées pour les aborder : On peut cerner une ignorance, définir précisément la question ou le problème technique à résoudre²¹...

Toutes ces informations sont *techniques*. Elles influencent l'activité de l'entreprise, i.e. la relation entre des inputs et des outputs et ont donc une valeur économique très importante. On rappelle d'ailleurs couramment que les ressources naturelles, la force de travail humaine et mêmes les machines et les outils seraient de peu d'utilité sans la connaissance qui permet de les combiner. Il s'agit là évidemment d'une conception très extensive mais elle est nécessaire si l'on veut saisir le caractère irréductiblement social de la connaissance. Et l'on peut avancer, en anticipant un peu sur la suite de la démonstration que c'est parce que la connaissance technique

²⁰ Romer [1993] fait cette même remarque pour présenter la notion d'idée qui suggère quelque chose de plus large que la définition commune de la technologie. L'emploi du mot idée est délibérément choisi pour mettre en avant la non-rivalité du bien « connaissance » et le détacher définitivement de son support matériel.

²¹ Cette remarque est faite par Guellec & Ralle [1995].

revêt aussi cette forme, apparemment peu significative, que la diffusion hors-marché de la technologie prend une telle ampleur.

Connaissance technique et réduction d'incertitude

De manière plus formelle, pour comprendre le caractère unitaire de ces différentes formes de connaissance, on peut suivre le raisonnement d'Arrow [1962a] et [1969] et commencer par remarquer que la plupart des activités, au sens de relation entre inputs et outputs, sont incertaines. A un panier d'input donné correspond un faisceau d'outputs possibles. On peut dire cela de l'activité de recherche et développement (désormais R&D), mais aussi à un moindre degré de l'ensemble de celles qui sont caractérisées par un phénomène d'apprentissage. Dans les deux cas fait remarquer Arrow [1969], l'activité se traduit par une production de biens physiques et une production d'information qui modifie la distribution des probabilités subjectives des résultats futurs. Etant donnée l'information acquise, on sait que l'on pourra tirer au minimum, avec une quantité d'input définie, le même output que précédemment. L'incertitude sur le niveau de la frontière de production se situera donc désormais à un niveau plus élevé.

Naturellement la production d'information dans le cas des activités courantes est aussi faible à peu près que l'est la production de biens physiques dans le cas de la R&D. Ainsi, le gain provenant de la première unité de Nylon est négligeable comparé au gain d'information, i.e. de la certitude (probabilité à posteriori) de pouvoir reproduire ce Nylon. Tandis que le supplément d'information provenant de l'apprentissage par la pratique qui permettra de réduire le coût futur est faible au regard de la production réalisée pendant la période. Ce qui est important cependant, c'est que de ce point de vue, l'origine de la production de connaissance, R&D ou learning-by-doing importe peu. Dans les deux cas, l'information produite réduit la distribution de probabilités tant que le résultat d'une activité ne peut être considéré comme certain ou au contraire comme parfaitement aléatoire. Aux niveaux micro et macroéconomique, une même relation observable entre une quantité d'inputs et une quantité d'outputs peut alors correspondre à différentes structures d'informations et donc à différentes potentialités de gains de productivité futurs. Ainsi, les expériences ratées, les impasses dans le domaine de la R&D réduisent les incertitudes même si cette connaissance ne s'est pas traduite dans la productivité observée de chaque facteur. De même importe la position sur la courbe d'expérience.

II.1.2 LES PROPRIETES DE LA CONNAISSANCE TECHNIQUE

Le progrès technique désigne de manière générale l'amélioration technique du processus productif. On cherche souvent à saisir cette idée de manière quantitative à travers l'idée de l'augmentation d'un stock de connaissances techniques (on parle encore de capital technologique). Notre expérience quotidienne nous donne une première image assez claire de la signification réelle d'un terme aussi général : les connaissances nouvelles se construisent à partir de plus anciennes, on connaît de plus en plus de choses sur la nature, on met en place des procédés de plus en plus complexes et l'on réalise des artefacts toujours plus nombreux.

Pour aller plus loin, il faut adopter une définition plus théorique. On peut prendre comme point de départ l'hypothèse selon laquelle la connaissance technique doit d'abord être vue comme un bien économique (ou un facteur de production) à part entière, mais qui cumule toutefois plusieurs propriétés singulières qui en font un bien distinct de tous les autres. Trois sont habituellement citées :

♦ **Incommensurabilité** : i.e. le caractère unique et irréductible à tout autre de chaque input de connaissance.

♦ **Non rivalité totale (absence d'encombrement)** : L'utilisation par un individu d'une connaissance non seulement n'interdit pas mais ne réduit pas l'utilisation par l'autre.

♦ **Difficulté d'exclusion** : Fondamentalement, elle est liée à l'impossibilité d'isoler un quantum d'information technique et a fortiori d'y attacher des droits de propriété. Le fonctionnement même des marchés qui implique la circulation des hommes et des biens rend alors transparente aux observations une grande partie des connaissances techniques incorporées dans les procédés ou les biens. Cette propriété est bien sûr à la base des externalités.

On voudrait mettre ici l'accent sur trois autres propriétés, plus rarement distinguées et qui correspondent en fait à la formulation explicite de certaines remarques générales évoquées parfois au sujet de la connaissance technique :

♦ **Synthétisation** : Les connaissances nouvelles ne viennent pas simplement s'ajouter ou remplacer les anciennes, elles les synthétisent, les améliorent. Et c'est cette faculté de l'information à être « synthétisée » qui explique en partie qu'elle puisse se diffuser si facilement à la fois de manière marchande *et non marchande*. Cela autorise les rattrapages technologiques entre firmes ou nations, ou au niveau individuel, l'élévation continue du savoir inculqué par la formation.

♦ **Caractère « stockable » de la connaissance** : Les connaissances techniques peuvent être stockées dans les mémoires humaines ou inscrites dans des moyens matériels (livres, disquettes...). Cette propriété tient en fait comme les autres à la nature même de la connaissance technique comme information et donc réduction d'incertitude. Ce qui est connu est, c'est-à-dire existe pour toujours. On pourrait donc encore parler de « non rivalité intertemporelle de l'information » puisque dès qu'elle figure dans la fonction de production des agents qui l'utilisent au temps t , elle y demeure pour toutes les périodes futures (sauf dégradation du support). Formellement, en désignant par x_{it} l'input d'information i détenue au temps t par un agent économique quelconque, on a alors :

$$x_{it} = x_{it+1} = x_{it+2} = \dots$$

On peut dire que c'est cette propriété qui donne son caractère définitif à toute élévation de la frontière de l'ensemble de production et qui conduit à parler de « stock de connaissance » ou de capital technologique. Il faut bien voir que ni l'immatérialité ni la non rivalité d'un bien

n'implique en soi son caractère stockable. Les services de défenses, l'éclairage public ou la justice par exemple, disparaissent dès qu'ils cessent d'être produits.

♦ **Appropriation humaine** : A la différence des inputs physiques, l'acquisition (par le décodage) de connaissances dans leur forme purement immatérielle exige une appropriation humaine, inscrite dans un cerveau ou un capital humain. Cette propriété, qui peut paraître triviale pose en fait des problèmes tout à fait spécifiques au niveau des externalités. Ainsi comme on le verra plus loin, s'il n'y a pas d'ambiguïté sur le propriétaire d'une machine, il en va tout autrement de la connaissance dans un monde où règne la liberté du travail.

Une telle typologie serait évidemment inutile si elle ne conduisait à mieux saisir certains concepts ainsi que leur implications économiques directes. Avant d'approfondir l'analyse, on voudrait déjà mettre immédiatement ici l'accent sur la particularité de deux concepts traditionnels lorsque ils sont appliqués à la connaissance technique : le capital et les externalités.

II.1.3 LA NOTION DE CAPITAL TECHNOLOGIQUE

Etant donné que la connaissance technique peut d'abord être envisagée comme un bien économique et que ce bien sert essentiellement à produire d'autre biens, on peut parler de « capital technologique » comme l'on parle de « capital physique » à propos des biens physiques servant la même fonction. La différence majeure qui sépare néanmoins ces deux types de capitaux porte sur la notion de dépréciation. Dans le cas des biens physiques, la dépréciation représente une perte d'efficacité productive qui s'analyse économiquement comme une diminution de la quantité utilisée. Si l'investissement brut est nul, le stock de capital physique diminue. Dans le cas des connaissances techniques par contre, il n'y a pas de dépréciation « physique » étant donné la non rivalité intertemporelle de toute information. En l'absence d'investissement, la connaissance ne se déprécie pas et la frontière de production demeure inchangée.

Bien entendu, d'un point de vue économique, ce qui importe ce n'est pas en tant que tel le processus de dépréciation physique mais la perte de toute utilité du capital à des fins productives. Y a-t-il alors quelque chose d'analogue pour le capital technologique ou, en d'autres termes, les connaissances passées sont-elles encore nécessaires pour l'exploration de connaissances nouvelles ? On peut trouver un tas d'exemples, surtout en science fondamentale, de connaissances anciennes encore utilisées aujourd'hui dans la recherche (procédés chimiques, lois physiques, etc....). Qu'en est-il des connaissances techniques intégrées dans les artefacts qui ne sont plus fabriqués aujourd'hui ? On serait tenté de répondre que leur utilité actuelle est évidente pour certaines (les plus récentes), faible pour d'autres et nulle pour la plupart mais cette réponse n'est pas satisfaisante.

Comme on l'a dit précédemment, la connaissance technique n'est pas simplement formée d'idées et de procédés, c'est aussi un ensemble de thèmes, de résultats, de questions, de voies à suivre ou ne pas suivre. Les connaissances nécessaires à la production d'un artefact passé ont nécessairement servi à ceux qui l'ont suivi, ne serait-ce que de manière très indirecte.

Certaines idées sont ainsi centenaires, d'autres plus anciennes encore. Les connaissances sont produites les unes à travers les autres d'une manière telle qu'il est impossible d'en rendre compte. C'est leur propriété à être « synthétisée » qui semble faire disparaître toute parenté avec celles qui ont été produites dans le passé. Mais cette disparition n'est qu'apparente. La connaissance actuelle conserve toujours la marque des connaissances passées. Au niveau microéconomique, cela implique que les plans de production efficaces et inefficaces dans un ensemble de production au niveau ne sont jamais tout à fait indépendants puisqu'ils sont liés en quelque sorte techniquement. Et si l'on pousse le raisonnement jusqu'à son terme, on doit conclure à l'unité du savoir. On pourrait adopter un angle moins extrême mais cela ne changerait pas le raisonnement et la conséquence économique immédiate : l'impossibilité d'établir des droits de propriété complets sur quelque chose d'aussi intangible que la connaissance technique, ce qu'avait déjà rappelé Arrow [1962a].

La simple interrogation théorique sur la notion de « stock de connaissances techniques » est donc riche d'enseignement sur le caractère inévitable des externalités. On peut faire ici plusieurs remarques :

- On parle souvent de *dépréciation* du stock de connaissances pour désigner quelque chose de tout à fait différent : la perte de la valeur marchande d'un procédé lié à la diminution de son efficacité relative mais il s'agit d'un autre phénomène qu'on pourrait appeler « dévalorisation ». La distinction importe car à la différence de la dépréciation physique, la dévalorisation est un phénomène forcément endogène qui dépend du rythme des innovations²².

- Comme le faisait remarquer Maunoury [1972], en toute rigueur, un capital ne peut être mesuré que de deux manières: soit en unités physiques quand il y a homogénéité entre ses éléments constitutants, soit en valeur par ses effets productifs potentiels ou réels. L'exclusion de ces deux possibilités pour la connaissance technique rend très difficile le choix de l'indicateur le plus approprié.

- Parmi les connaissances passées, il n'y a pas à distinguer entre celles qui seraient encore à l'origine d'externalité et celles qui ne le seraient plus. L'unité du savoir permet et justifie même une approche agrégée comme celle de Romer [1990b] par exemple. D'ailleurs ainsi que le remarquait Nelson [1959, p 300] dans un article souvent repris, « *Bien que beaucoup d'inventions soient le produit des dernières avancées scientifiques, beaucoup d'autres n'exigent que peu de connaissances scientifiques ou surviennent très longtemps après que la connaissance scientifique relative à l'invention soit disponible : La connaissance scientifique par exemple a certainement peu à voir avec le développement d'inventions aussi utiles que le rasoir ou le briquet* ».

- En l'absence de droits de propriété parfaits et perpétuels, le marché ne peut pas rétribuer la connaissance en fonction de son apport productif actuel ou potentiel. L'utilité d'une

²² En réalité, la valeur de cette connaissance ne disparaît pas entièrement, mais elle s'intègre en partie dans les nouvelles connaissances techniques qui les synthétisent, ce que traduit bien l'idée « d'augmentation des connaissances ».

connaissance technique n'est reflétée que partiellement et temporairement dans sa valeur marchande. Il arrive un moment où le marché n'attribue plus de valeur à des connaissances qui sont pourtant encore utiles. Les hommes bénéficient de ces connaissances issues d'une activité privée sans en payer le coût, autrement dit, ils bénéficient d'effets externes.

En fait, les externalités informationnelles ne sont pas seulement fréquentes, elles sont inséparables de toute augmentation des connaissances techniques. A l'exception de certaines formes d'apprentissage individuel très particulières et qu'on peut laisser ici de côté puisqu'elles dépendent en dernier ressort du rythme des innovations, toute production de connaissance nécessite toujours la mobilisation d'un savoir important et de connaissances techniques diverses. Or ce savoir, même s'il est uniquement acquis sur le marché ne peut pas s'être accumulé sans avoir bénéficié préalablement d'externalités étant donné l'impossibilité d'établir un système complet de droits de propriétés sur l'information technique.

II.1.4 LA SPECIFICITE DES EXTERNALITES DE CONNAISSANCE

La spécificité des externalités de connaissance tient à plusieurs choses :

- Comme on l'a vu précédemment, les externalités de connaissance se distinguent d'abord des externalités physiques traditionnelles par le fait qu'elles n'impliquent pas de dépendance physique. Bien au contraire, l'acquisition des informations externes suppose un acte volontaire et plus ou moins coûteux²³. A un niveau général bien sûr une telle distinction n'est pas forcément utile. Si des informations techniques importantes existent et sont accessibles, il n'y a pas de raison de douter que les agents économiques ne cherchent à les exploiter et *tout se passe comme s'il* existait effectivement une dépendance technique. On peut par contre légitimement poser la question de l'optimalité des dépenses engagées par les agents économiques pour s'approprier ces informations externes à propos de ce bien si particulier qu'est la connaissance technique. Comme l'a fait remarquer Arrow [1962a] notamment, les agents n'ont pas d'information à proprement parler sur l'information, i.e. sur la nature exacte du bien information recherché et donc sur son utilité. Le comportement des agents se réalise dans un univers d'incertitude fondamentale et l'expérience qui permet de rationaliser cette recherche est forcément limitée.

- Deuxièmement et puisque le bien émis est un bien non rival et intertemporel, les externalités de connaissance sont des externalités de stock qui ne disparaissent pas par définition avec leur émetteur. En outre et dans tous les cas, le premier récepteur est toujours un homme. L'entreprise ne peut s'approprier d'abord la connaissance externe que par l'intermédiaire de ses employés qui peuvent ensuite éventuellement la diffuser mais qui en sont les premiers détenteurs.

- Troisièmement, la non rivalité du bien transmis explique aussi que la négociation puisse ne pas porter sur le niveau d'activité mais sur l'accès à cette connaissance technique. Il n'y a pas en effet de coût d'opportunité à la réplication d'informations techniques par nature

²³ Cet acte, il faut le répéter une nouvelle fois, ne remet pas en cause l'idée d'externalité, i.e. le caractère inintentionnel de l'émission d'information technique valorisable économiquement par d'autres entreprises.

non rivale. A l'exception des coûts commerciaux éventuels de la transmission des informations qui est problème important mais distinct, il ne coûte rien ou presque à un agent économique de transmettre une information qu'il possède déjà. Cette propriété ouvre la voie à des formes particulières de négociation entre les parties concernées par l'externalité. Dans le cas des externalités physiques, si une entreprise veut augmenter (diminuer) l'effet externe positif (négatif), elle doit négocier avec l'émetteur pour agir sur le niveau de son activité. Dans le cas d'externalité informationnelle, ce que peut vouloir le récepteur, ce sont des nouvelles idées et non une augmentation de la production technologique de l'émetteur. Pour le dire autrement, A peut préférer comprendre beaucoup mieux le premier procédé plutôt que d'attendre les informations incertaines émises par une nouvelle amélioration par B de son procédé. Elle peut vendre son information, ou l'échanger contre une autre information sans que son niveau d'activité, ou l'utilisation de certains inputs ne soient un des enjeux de la négociation. Cette idée est très importante puisqu'elle renvoie à la fois à la possibilité « d'échange informels » en même temps qu'à celle de promotion technologique des pays les moins avancés.

- Quatrièmement, l'externalité informationnelle crée parfois un problème d'incitations pour l'émetteur puisque les entreprises concurrentes peuvent s'approprier gratuitement une partie des connaissances produites au moyen d'investissement coûteux. Dans ce cas, l'idée est que l'émission est non seulement inintentionnelle mais néfaste à l'activité de l'entreprise qui cherche alors à la contrôler. Ce type de problème est exclu naturellement des exemples traditionnels d'externalité physique positive (abeilles ou autres) mais il faut bien voir qu'il n'est pas systématiquement relié à toutes les externalités informationnelles. Il ne se pose pas en particulier lorsque l'entreprise qui bénéficie de cette connaissance n'est pas en mesure d'occasionner même indirectement un désavantage concurrentiel à l'entreprise émettrice.

Remarque : Le concept dangereux d'externalité négative

Beaucoup parlent de déséconomie externe pour désigner l'impact négatif de cette diffusion sur le profit de l'entreprise. Mais rigoureusement si l'on s'en tient à la définition stricte des externalités qui guide l'approche de cette seconde partie, le terme est peu approprié étant donné que cet effet négatif passe par le marché et s'assimile simplement à une perte de rente. Il s'agit bien d'un désavantage, mais il n'agit sur le niveau de production qu'en modifiant la structure d'incitation.

Parler d'effets externes, c'est désigner un émetteur et un récepteur. Or, quel est l'émetteur ? Il est difficile de désigner l'une ou l'autre des entreprises. Naturellement, l'analogie avec les externalités négatives traditionnelles est tentante : Il y a une influence négative et celle-ci peut inciter les parties à coopérer. En outre, l'arrêt de l'utilisation des connaissances par la concurrence stoppe l'effet négatif. Or, si l'idée d'une déséconomie de connaissance avait un sens, alors elle signifierait une destruction de l'information pour l'entreprise ou une baisse de sa capacité productive, ce qui n'est naturellement pas le cas. Mais surtout, ce type d'effet ne peut pas être étudié indépendamment de la vraie externalité à laquelle elle est liée. Que se passe-t-il en fait : L'entreprise réceptrice bénéficie d'un avantage sous forme d'informations techniques et s'en sert comme elle se servirait de n'importe quelle information. Or, on n'a jamais qualifié de déséconomies externes les effets prix et quantité exercés par le récepteur d'une externalité

physique. La baisse de la rente est efficace ex post, elle correspond à l'ajustement du marché, même si elle est inefficace ex ante.

S'agit-il d'un simple problème terminologique ? Peut-être puisque l'on n'a pas trouvé de confusion potentielle liée à cet emploi. Mais plutôt que de parler d'externalités négatives, il vaut toujours mieux parler d'effets négatifs exercés en retour (sur la rente de l'émetteur) par le récepteur des externalités de connaissances.

En résumé, on peut dire que les externalités informationnelles sont spécifiques par leur contenu mais aussi en raison des deux problèmes qu'elles soulèvent pour l'allocation des ressources dans une économie de marché :

- celui de l'optimalité des dépenses engagées par l'agent économique pour s'approprier les connaissances externes
- celui de l'incitation liée à la possibilité d'imitation à moindre coût par une entreprise concurrente des connaissances produites au moyen d'investissements coûteux.

Ces deux problèmes s'ajoutent à un autre, commun à toute externalité informationnelle ou non, qui est celui de la sous-optimalité parétienne provoquée par l'inintentionnalité lorsque toute internalisation est impossible. Les remarques précédentes montrent bien que les conclusions générales sur l'intervention optimale des externalités portent souvent la marque de la littérature des années soixante abusivement concentrées sur un type particulier d'externalité : les externalités physiques. On va maintenant se pencher sur la variété des formes de diffusion des externalités informationnelles. Cela permettra plus loin de voir dans quelle mesure elles peuvent être internalisées.

II.2 LES EXTERNALITES INFORMATIONNELLES DIRECTES

II.2.1 L'OBSERVATION DES PRODUITS SUR LE MARCHE

L'une des sources les plus importantes d'externalités tient à la possibilité qui est offerte aux firmes de pouvoir observer les biens sur le marché et donc une partie des informations techniques qui y sont incorporées. Comme le dit Romer [1990], « *l'inventeur du 'widget' ne peut pas empêcher l'inventeur du 'wodget' de tirer partie de la conception du 'widget'* ». Si Renault invente une voiture électrique performante, elle ne pourra pas interdire à Peugeot et d'autres constructeurs de s'inspirer partiellement du procédé de fabrication, au moins pour la partie qui n'est pas couverte par le brevet. L'existence même de nouveaux produits ou de nouveaux procédés est donc à l'origine de la diffusion non marchande d'informations techniques, c'est-à-dire d'effets externes. On parle parfois à ce propos « d'observabilité dans l'utilisation ».

Naturellement l'acquisition de cette information peut-être plus ou moins coûteuse et l'apprentissage peut prendre des formes diverses : tests, adaptation, rétro-ingénierie.... Mais l'essentiel réside dans ce que l'information a été acquise à un coût très inférieur à son coût de production. Par la seule observation des produits existants sur le marché, les chercheurs et ingénieurs d'un bureau de recherche bénéficient d'une quantité d'informations techniques sans aucune commune mesure avec celle qu'ils auraient pu eux-mêmes produire. Et pour avoir une idée de l'importance intrinsèque de la connaissance apportée par la seule existence de l'objet, il suffit de se prêter à une petite expérience de pensée en imaginant l'accélération du rythme des découvertes qui pourrait découler de l'exploration par une génération de chercheurs des biens qui seront réalisés et offerts sur le marché par la génération future²⁴.

A côté de la divulgation des principes techniques impliqués dans la production d'un bien ou d'un procédé, l'existence même du produit sur le marché apporte deux autres types d'informations très importantes :

- D'une part, elle montre que certaines voies technologiques sont possibles en renseignant sur l'existence du type de connaissance technique qui a permis de réaliser le bien. Cet aspect est capital. L'information fournie est un facteur explicatif non négligeable de l'efficacité de l'allocation des investissements en matière d'innovation. Si les entreprises ont besoin d'une information préalable à leur décision dans une activité aussi incertaine que l'innovation, c'est naturellement celle qui dévoile, la possibilité d'une voie technologique ou l'extrême faiblesse de la probabilité d'y réussir²⁵.

- D'autre part, elle fournit des indications sur la qualité de sa réception sur le marché. Le premier innovateur crée une externalité qui réduit le risque : la connaissance de son succès ou de son échec. Exclue par hypothèse des modèles concurrentiels purs, cette information est néanmoins très importante dans la réalité et on ne compte plus les réussites commerciales liées à l'importation dans une autre aire géographique d'un produit, d'un service, d'une technique publicitaire, d'une manière de différencier un produit « ayant fait ses preuves » ailleurs. Solow (cité in Rosen [1972, p 372]) avait déjà sans ambiguïté associé cette idée à celle d'externalité :

« Il semblerait que les innovations de produits et les dépenses de recherches en marketing soient immédiatement à l'origine de spillovers, étant donné que les concurrents voient le produit. Les bateaux de la taille du Titanic ne sont plus construits. Le développement par Ford de la Mustang a conféré des bénéfices externes aux autres constructeurs automobiles en révélant une ligne prometteuse de nouvelle voitures. La même chose est vraie, mais pour des raisons opposées dans le cas de la Edsel ».

²⁴ On notera que les combats auxquels se livrent pays développés et en développement en matière de protection juridique sont aussi révélateurs de la facilité avec laquelle il est possible de bénéficier d'informations techniques sans en payer le coût.

²⁵ Arrow [1993] note ainsi justement qu'en dépit des secrets couvrant la construction de la bombe atomique, l'information technique la plus importante peut-être, i.e. la possibilité de la fission nucléaire, a été divulguée dès la première explosion.

II.2.2 LA LECTURE DES BREVETS

La lecture des brevets est une autre forme importante de diffusion des effets externes. On sait que les brevets cherchent à établir le compromis le plus efficace entre la garantie d'un système d'incitation minimal et l'intérêt social lié à la plus large diffusion possible des connaissances techniques. En contrepartie de la fixation de droits de propriété intellectuels, les brevets aménagent ainsi les conditions de la diffusion des connaissances techniques en fixant trois principes :

1. Une définition étroite de la notion d'invention.
2. Le caractère temporaire de la protection accordée.
3. L'accès public aux connaissances techniques couvertes par le brevet qui décrivent par nécessité de manière détaillée les principes techniques du nouveau produit ou procédé.

Ces trois principes limitent fortement la capacité d'exclusion du brevet et cela d'autant plus que dans la pratique, le brevet peut souvent être contourné et qu'il est souvent très difficile ou très coûteux de prouver les infractions²⁶. Il n'est donc pas étonnant que les imitations de procédés brevetés soient si courantes et même si rapides. Mansfield, Schwartz & Wagner [1981] ont par exemple montré que les brevets n'avaient retardé l'entrée d'imitateurs que de quelques mois dans près de la moitié des innovations²⁷. Il est difficile évidemment de savoir dans quelle mesure la « fuite » est liée à la lecture du brevet mais les déclarations des firmes ne laissent planer aucun doute quant à l'importance des informations techniques qu'elles sont tenues de rendre publiques ou qu'elles retirent de la lecture des brevets d'autres entreprises. Dans l'enquête menée par Mansfield & Romeo [1980] par exemple, la lecture des brevets était considérée par les responsables des filiales américaines installées à l'étranger comme le deuxième canal d'accès à leur technologie pour les entreprises concurrentes des pays d'accueil²⁸.

La protection permise par le brevet est donc plus limitée qu'on ne le croit habituellement. Elle n'est souvent qu'un moyen de protection parmi d'autres (secret, avance technologique...) qui n'est utilisable que pour les innovations codifiables, mais un moyen parfois si faible que certaines entreprises préfèrent ne pas y recourir.

II.2.3 LES ECHANGES INFORMELS

II.2.3.a) *La diffusion des connaissances techniques à travers les contacts informels*

Les discussions techniques informelles entre les employés de firmes différentes sont souvent un moyen pour celles-ci de bénéficier « gratuitement » de connaissances techniques importantes. Ces dialogues avec d'autres professionnels peuvent être occasionnels lors de

²⁶ Ce constat est très souvent repris. Cf. par exemple Levin [1986].

²⁷ L'enquête portait sur quarante-huit innovations dans quatre industries du Nord-Ouest des Etats-Unis.

²⁸ L'enquête était basée sur un échantillon de 31 firmes américaines (essentiellement prises dans les 500 plus grandes) dont une ou plusieurs technologies avaient été transmises à l'étranger pendant la période 1960-1978.

conférences ou de réunions associatives diverses mais ils résultent le plus souvent des liens durables qu'établissent entre eux les salariés de plusieurs entreprises, concurrentes ou non. Ces liens n'ont d'ailleurs même pas besoin d'avoir été noués dans le cadre strict du travail car la frontière entre les relations professionnelles et extra-professionnelles est souvent très floue et les discussions les plus banales sont souvent considérées par les individus, comme le rappelle Fujita [1995], comme un aspect crucial de leur travail et d'une valeur souvent considérable dans une industrie caractérisée par un changement technique rapide et une intense compétition.

De nombreuses études ont cherché à mesurer l'importance réelle de telles relations. On peut citer notamment celles de Shrader [1990] auprès des cadres de 177 firmes industrielles spécialisées dans l'acier et les mini-presses, de Von Hippel [1987] dans le même type d'industrie mais aussi auprès d'autres industries, d'Allen [1983] également dans l'industrie de l'acier mais au 19^e siècle et dans le district de Cleveland, de Senker et Faulkner [1992] pour certains secteurs de haute technologie comme la biotechnologie ou les grandes compagnies pharmaceutiques, enfin de Saxenian [1995] pour la Silicon Valley. Pour les industries concernées, les résultats sont sans ambiguïté. A titre d'exemple, on peut écouter Shrader [1990, p 153-170]:

« 61% des 294 responsables considèrent que leurs collègues des autres firmes sont une source d'information importante voire très importante. (Ils ont donné une valeur de 5 sur une échelle à 7 niveaux).

[...] En comparaison avec d'autres sources possibles d'information (collègues de la même firme, vendeurs, clients, journaux professionnels et ouvrages, conférence), seuls les collègues de la même firme constituent en moyenne pour les cadres interrogés une source d'information plus importante que les collègues des autres firmes.

[...] 85% ont affirmé avoir été interrogés au moins une fois sur une question technique précise par un collègue d'une autre firme. 19% ont été interrogés 10 fois ou plus. 83% des employés interrogés ont fourni au moins une fois une information à un collègue extérieur pendant la durée de l'enquête.

[...] Seuls 2% de la totalité des employés ayant été questionnés par leurs collègues des autres firmes sur une question technique n'ont pas jamais fourni l'information demandée ».

Pour d'autres industries, et comme on pouvait le présager, un tel type de diffusion des connaissances est beaucoup moins fréquent. L'explication tient pour les auteurs à la forme du progrès technique. Pour qu'il y ait beaucoup d'informations techniques qui circulent dans les discussions informelles, il faut que le progrès technique soit largement le produit d'une lente acquisition de savoir-faire et qu'il ait une forme essentiellement incrémentale. Là où ils sont importants néanmoins, les transferts d'informations soulèvent deux questions. La première porte sur le coût du transfert pour l'émetteur, la seconde sur l'intérêt d'un tel transfert.

On peut définir le coût de transfert de l'information à la manière de Shrader, comme le montant de la perte de profit à laquelle la firme peut s'attendre si l'information est divulguée. Toutes choses égales par ailleurs, plus ce coût est faible et plus le transfert d'informations aura

de chance de se réaliser. De quoi le coût du transfert dépend-il alors ? Shrader cite notamment deux facteurs :

- la possibilité ou non pour la firme réceptrice d'accéder aux mêmes informations à partir de sources différentes et éventuellement personnelles.

- L'impact de l'information sur le domaine de compétence distinctive de la firme. Comme l'indique Shrader [1990, p155]:

« Il est concevable que l'information transférée à une autre firme n'entame pas ou très peu l'avantage compétitif de la firme même si l'information est généralement d'une grande importance pour la firme qui reçoit. [...] Prenons par exemple deux firmes A et B qui se concurrencent sur la qualité du produit. Supposons que la firme A possède des informations techniques qui pourraient aider les deux firmes à simplifier leur procédé de production mais ne permet pas d'améliorer la qualité du produit. Même si A fournit cette information à B, A bénéficie encore du gain lié à la simplification. En d'autres termes, la rente que A espère tirer de cette information n'est pas affectée par le fait que B connaisse également cette information ».

L'enquête confirme l'influence de ces deux facteurs. Elle montre en particulier que la probabilité d'un transfert d'information décroît significativement lorsque les firmes sont directement en concurrence, lorsque l'information n'est pas facilement disponible ailleurs ou encore lorsque l'information est d'une grande importance pour la firme à laquelle appartient l'individu susceptible de livrer l'information.

Ces éléments indiquent pourquoi le transfert d'information peut ne pas être désavantageux pour la firme émettrice mais non ce qui le justifie. Or, la motivation essentielle du transfert d'information pour l'émetteur, c'est bien évidemment l'espoir de recevoir ultérieurement à son tour d'autres informations de la part de celui qui en a d'abord bénéficié. En d'autres termes, les transferts d'informations correspondent à de véritables *échanges informels*. La contrepartie n'est pas juridiquement garantie mais repose sur l'obligation morale ou le propre intérêt du récepteur, qui s'il ne réciproque pas, diminue ses chances de recevoir de nouvelles informations plus tard. La logique de l'échange explique aussi la volonté de conserver en tendance une certaine égalité dans la valeur des informations fournies.

De nombreuses enquêtes parmi lesquelles celles citées précédemment témoignent sans surprise du caractère systématique de l'échange dans les transferts informels d'informations. Dans celle de Von Hippel [1987] par exemple, toutes les personnes interrogées déclarent ne donner l'information que dans l'attente d'un retour futur. De manière informelle, les participants avouent s'efforcer de maintenir un équilibre entre ce qui est donné et ce qui est reçu, sans procéder néanmoins à un calcul explicite. Shrader [1990] aboutit aux mêmes résultats. Dans 72% des cas où l'information a été transférée, les donneurs ont estimé que la fourniture de cette information augmentait leur chances de bénéficier en retour d'informations. Dans 35% des cas de non-transferts, les personnes ayant refusé ont estimé que ce refus réduisait

leur chance d'avoir dans le futur une information de leur demandeur. Naturellement, le troc d'information peut aussi parfois obéir davantage à la logique du don/contre-don, i.e. ainsi que l'ont montré les sociologues, à un échange nié dans sa vérité objective d'échange et qui ne pourrait pas autrement être réalisé. Dans certains cas, l'interaction va même au-delà de la simple discussion. Certaines personnes interviewées par Von Hippel [1987] ont ainsi déclaré qu'il arrive que des employés de firmes concurrentes soient formés (gratuitement) ou que le personnel d'une firme soit envoyé dans les usines des concurrents pour les aider à se former sur des équipements non familiers²⁹.

Naturellement, de tels échanges ne sont pas limités au secteur privé. Senker [1995] par exemple rappelle en s'appuyant sur un travail empirique qu'ils sont aussi très développés entre le secteur de recherche publique et des industries de haute technologie. En dépit du caractère public des revues scientifiques, les entreprises ont en effet besoin de contacts personnels directs pour les formes les moins codifiables de la connaissance, ce qui fait que la littérature scientifique est aussi utilisée pour déterminer les meilleurs experts. On ne parlera pas néanmoins ici d'externalité puisque il ne s'agit plus du produit joint d'un agent privé mais de la diffusion volontaire de connaissances produites pour la collectivité, i.e. tout simplement d'un bien collectif³⁰.

II.2.3.b) Les avantages de l'échange informel

Si le transfert d'information obéit à la logique de l'échange, on peut se demander pourquoi la forme marchande ne se substitut pas au troc dont les inconvénients pour l'échange sont connus. On peut donner plusieurs raisons :

Premièrement et comme le fait valoir Carter [1989], les désavantages du troc ne sont pas aussi importants s'agissant d'informations. La non rivalité du bien troqué implique d'abord que chaque échangiste n'est pas dépossédé du bien dont il dispose initialement à la différence du troc de biens rivaux traditionnels qui ne fait que modifier les proportions respectives de biens détenus par les deux parties. Toutes choses égales par ailleurs, l'incitation à échanger s'en trouve donc augmentée.

Deuxièmement, le troc permet aussi d'échanger des informations sur les aspects pratiques de la technologie qui ne sont pas toujours exposables dans des revues professionnelles. Ces informations portent sur la meilleure manière de mettre en oeuvre un procédé, d'améliorer la qualité ou la sécurité, de choisir judicieusement et d'utiliser au mieux les équipements. Par définition, certaines formes de savoir-faire ne sont inscrites que dans les esprits des ingénieurs, des techniciens et praticiens qui eux seuls peuvent les transmettre. Senker [1995], par exemple, insiste beaucoup sur cette idée. Shrader [1990] avait aussi, pour cette raison délibérément choisi un segment industriel qui est caractérisé par un progrès technique largement incrémental.

²⁹ On peut aussi se référer aux nombreux travaux que citent les mêmes auteurs et qui témoignent pour certains d'entre eux de l'existence de tels échanges au niveau international.

³⁰ On verra juste après néanmoins que ce point de vue doit être nuancé si l'on prend en compte une autre fonction indirecte de la recherche publique : la diffusion des connaissances techniques produites par le secteur privé.

Enfin et surtout, cette forme d'échange informel minimise les nombreux obstacles au partage de la technologie :

- Les coûts de transactions sont plus faibles parce que les décisions d'échanger ou de ne pas échanger sont prises par un individu. Ainsi que le note Von Hippel [1987], il n'y a pas d'évaluation élaborée des perspectives de rente, ni de procédures administratives au terme desquelles serait délivré ou non le droit d'échanger l'information. Mais cela n'empêche pas une certaine précision dans le « calcul » mené par l'ingénieur.

- L'échange a lieu après la production d'information. La décision de troquer n'implique pas de coûts supplémentaires à la différence d'accords formels de collaboration dans la recherche.

- La forme bilatérale du troc limite au moins initialement le préjudice commercial éventuel.

L'échange informel apparaît donc préférable dans certains cas à d'autres formes d'échanges ou de partage technologique. De nombreux commentaires laissent penser qu'il n'est pas pour autant nécessairement optimal. Carter [1989] remarque par exemple que l'émetteur (souvent un ingénieur ou un technicien) n'est pas le mieux placé pour juger de l'importance commerciale de l'information transmise, que l'excès de diffusion ne peut pas être aussi facilement contrôlé que d'autres excès dans l'entreprise et qu'on pourrait même repérer un problème d'agence entre l'émetteur et sa firme.

II.2.3.c) Echanges informels et externalités

Quelles conclusions peut-on tirer des éléments précédents du point de vue qui nous intéresse, c'est-à-dire l'importance des effets externes de connaissances pour la croissance économique ?

La première observation que l'on peut faire, c'est que la constatation de l'ampleur des échanges informels est en soi insuffisante si on ne montre pas par ailleurs la contribution productive pour les entreprises de tels échanges. Un tel exercice est malheureusement difficile et l'on n'a au mieux que des présomptions³¹.

Venons-en maintenant au lien qui est établi entre les effets externes et les échanges informels. On sait que les phénomènes économiques réels ne sont jamais aussi purs que les concepts construits pour les mettre à jour mais cette remarque vaut particulièrement pour les transferts informels d'informations techniques qui échappent à l'échange marchand mais pas, le

³¹ On peut écouter une nouvelle fois Schrader [1990, p 167] sur ce point : « Est-ce que l'échange informel d'information crée un bénéfice observable pour l'entreprise ? [...] Les données suggèrent une connexion entre l'inclinaison de la firme à participer aux échanges informels d'information et ses performances économiques (mesurées à partir d'estimations personnelles des employés). [...] L'étude ne permet pas de trancher le sens de la causalité mais cela peut être supposé ».

mot le dit, à la logique de l'échange. Il y a une contrepartie réelle aux informations reçues ou livrées. Dans les exemples précédents, cette contrepartie était aussi constituée d'informations mais il est facile d'envisager d'autres cas. Par exemple lorsque des connaissances techniques sont livrées par les fournisseurs d'équipements ou les clients d'une firme à l'occasion des relations d'achat-vente, ce qui est une autre forme d'échange informel souvent citée par les firmes elles-mêmes (Mansfield [1985] par exemple), la contrepartie prend plutôt la forme de contrats plus avantageux.

Puisque les échanges informels ne constituent pas de véritables effets externes, peut-on dire pour autant qu'ils correspondent à une forme d'internalisation de ceux-ci ? Une nouvelle fois, la réponse n'est pas immédiate. Le problème vient en effet de ce que le troc a toutes les apparences d'une décision prise ex post, après la production de connaissances techniques, qui n'est donc pas en mesure de modifier l'allocation des ressources. Quand on y réfléchit bien néanmoins, il est raisonnable de penser que dans les situations où de tels échanges sont très répandus, la firme tient implicitement compte dans son calcul de rentabilité de la recherche (ou dans sa probabilité de réussite) des informations qui seront glanées dans le cadre normal des échanges informels pour autant qu'elles soient significatives. Si l'on accepte cette idée³², on peut alors conclure que les échanges informels représentent bien une forme subtile d'internalisation d'externalités informationnelles.

On notera toutefois qu'il ne faut pas avoir nécessairement une vision exclusive de ce phénomène. A un certain niveau d'analyse, celui des modèles de croissance notamment, un tel détail n'est évidemment pas nécessaire. On peut continuer à parler d'externalités et formaliser ces phénomènes comme tels à condition toutefois de garder à l'esprit les réalités que l'on recouvre si l'on veut éviter certaines conclusions hâtives en termes normatifs. En 1971, Mishan dans un survey faisait remarquer dans une formule souvent reprise à quel point le concept d'externalité était « fuyant ». On voit que cette remarque s'applique davantage encore aux externalités informationnelles.

II.2.4 REMARQUE : LES GAINS EXTERNES ISSUS DES RELATIONS INTERPERSONNELLES DANS LA FIRME

On a analysé précédemment les externalités qui naissent des interactions entre les individus de firmes différentes mais il est clair que ce genre d'interaction se développe aussi largement au sein des firmes. La coopération dans l'organisation d'individus possédant des compétences distinctes est inévitablement pour eux l'occasion de parfaire leur savoir-faire ou leurs connaissances techniques, en bref d'accumuler du capital humain. Il est même possible de supposer que l'intensité des échanges interpersonnels varie positivement avec le nombre de personnes que les individus côtoient dans leur travail et les différences qualitatives et quantitatives de capital humain entre ces individus. Si l'on situe l'analyse au niveau des

³² En fait, il n'y a pas à trancher dans un sens ou dans l'autre. On peut ainsi rejeter toute idée d'internalisation dès que les échanges informels deviennent très occasionnels.

individus, i.e. si on prend ces derniers en tant que centres de décisions indépendants, alors il semble qu'on soit en présence de gains externes³³.

Il est important de comprendre en effet que ce type de gains est distinct de ceux qui sont issus de la complémentarité des niveaux et des formes concrètes de capital humain dans le processus productif. Ils correspondent à une transmission sans contrepartie monétaire de connaissances techniques à travers le travail. Lorsque l'on fait collaborer des personnes ayant des compétences distinctes, on les forme toujours un peu. Cette propriété est tout à fait particulière au capital humain ; la collaboration de deux machines n'élève pas la capacité productive intrinsèque de chacune d'elle.

Etant donnée la particularité du bien transmis, de l'information, il existe sans aucun doute des coûts d'appropriation, mesurés en temps de travail ou en efforts d'attention. Mais ainsi qu'on l'a déjà noté, cela ne remet pas en cause l'existence d'un effet externe. En outre, on n'a pas de raisons fortes de croire que les dépenses individuellement engagées par les agents et non contrôlées par l'employeur soient très éloignées de leur niveau optimal. Après tout, les individus devraient être parfaitement conscient du fait qu'ils vont continuer à se former dans leur activité professionnelle et que cette formation prendra différentes formes : pratique dans ce qu'elle a de plus individuelle mais aussi relations interpersonnelles.

Y a-t-il néanmoins une véritable externalité ? Si c'est le cas, et par définition même des effets externes, le niveau de compétence des individus doit être sous-optimal parce que chacun ne tient pas compte, dans sa décision d'éducation, de l'effet formateur qu'il exerce individuellement sur ceux avec qui il entre en interaction. C'était par exemple l'argument défendu, par Weisbrod [1962, p 176] dans un article important sur les externalités « liées à l'éducation » (bien qu'il ne distingue pas réellement l'effet externe du gain lié à la complémentarité des individus) :

« L'éducation d'un travailleur peut exercer des effets externes favorables sur la productivité des autres. Quand la production implique la coopération des efforts des travailleurs, la flexibilité et la capacité d'adaptation d'un travailleur profite aux autres. La productivité de chaque membre du groupe influence la productivité de chaque autre membre. Dans une telle situation, chaque travailleur a un intérêt financier dans l'éducation de ses collègues ».

En réalité, ce problème d'allocation n'apparaît que dans la mesure où l'individu détenteur du capital humain est le centre de décision pertinent, ce qui n'est plus le cas si les interactions des individus surviennent dans l'entreprise. On peut certes avancer que deux personnes A et B se forment respectivement dans les contacts sans qu'aucun d'eux n'ait même besoin d'avoir cette intention. Mais ce produit joint de la collaboration a toutes les chances d'être internalisé dans le contrat de travail qui règle les relations entre A et B. L'employeur

³³ Cette forme de diffusion doit être mise à part des quatre autres formes présentées dans cette section : observation des produits, lecture des brevets, échanges informels et ainsi qu'on le verra juste après mobilité professionnelle. Mais il est nécessaire d'en dire deux mots pour pouvoir aborder la question difficile de la diffusion des connaissances par la mobilité professionnelle.

rationnel qui combine les talents des individus doit tenir compte de la partie de la formation quasi-inévitable à laquelle les échanges interpersonnels les conduiront. A cet égard, on peut trouver dans Nonaka & Takeuchi [1997] un bon exemple de la réflexion et des pratiques engagées par les entreprises en matière d'organisation afin de faire partager les connaissances et les expériences des individus dans le processus de création de connaissances (mobilité fréquente des individus d'un service à l'autre, quasi-organisation des discussions informelles, etc...).

En fait, de ce point de vue, la coordination par l'employeur des interactions personnelles dans l'entreprise n'est finalement pas différente de la coordination des individus avec d'autres inputs différents. Ainsi, lorsqu'on fait « collaborer » une personne et un équipement, la personne voit également son capital humain augmenter du fait de cette interaction avec l'équipement. Et on pourrait dire la même chose de la « collaboration » d'une personne avec une revue technique, un prototype ou l'organisation toute entière. On ne dit pas pour autant que l'équipement, la revue technique ou l'organisation ont exercé une externalité sur l'individu. La collaboration de deux personnes n'a rien de différent³⁴. En fait, les gains issus des interactions personnelles dans l'entreprise ne reflètent finalement qu'un des aspects de la formation sur le tas.

Mais peut-on dire pour autant que la formation que l'entrepreneur ne fournit pas et qui est tout autant à l'origine d'effets externes bénéfiques *dans* l'entreprise demeure sous-optimale ? La réponse est une nouvelle fois négative car on peut penser que l'entrepreneur intègre implicitement ce paramètre dans sa demande de travail, ce qui revient à récompenser par le marché, i.e. à internaliser l'aptitude d'un individu à améliorer à son contact la compétence des autres. Ainsi, lorsqu'une firme embauche à prix d'or un chercheur qui a fait ses preuves, un ingénieur ou un « DRH » d'expérience pour animer une équipe, elle ne fait rien d'autre que récompenser cette aptitude et par là inciter d'autres individus à l'acquérir.

En résumé, tant qu'il n'existe pas d'arguments forts qui viennent limiter la validité de ce genre de calcul en pratique, on peut conclure qu'il n'y a pas de problèmes d'allocation posés par ce type de gains inter-individuels. Il y a bien des effets externes mais ceux-ci ont tendance à être internalisés. Cette conclusion va dans le même sens que Guellec [1995], Prescott et Boyd [1987] qui parlent de coalition³⁵ ou encore Acemoglu [1996]³⁶.

³⁴ Le fait que les gains soient ou non réciproques n'importe pas puisque les interactions personnelles ne sont pas non plus forcément réciproques lorsqu'il existe une grande asymétrie sur le même type de compétence.

³⁵ « Une hypothèse clef que l'on adopte ici est que la productivité des travailleurs dépend non seulement de leur propre capital humain mais aussi de celle de leurs collaborateurs. Par conséquent, si on adopte la perspective de l'agent individuel, il s'agit d'une externalité : La décision d'acquisition personnelle du capital humain affecte la productivité des autres [...]. On ne suppose pas cependant que l'interdépendance technologique existe entre tous les travailleurs, de telle manière que lorsque l'un d'eux investit dans son propre capital humain, il déplace la frontière de production de la nation ou du monde. Il faut plutôt supposer que de telles interdépendances existent uniquement pour les travailleurs qui sont membre d'une même coalition et qui ont antérieurement travaillé ensemble. La structure organisationnelle des coalitions permet à la coalition de récompenser correctement l'investissement de chaque membre. En fait, l'externalité disparaît effectivement parce qu'elle est internalisée au sein de la coalition ». Prescott et Boyd [1987]

³⁶ « [...] Du point de vue des externalités technologiques pures, [et] si l'on exclut l'éducation et la R&D, les principales interactions entre les niveaux de capital humain surviennent entre les employés d'une firme. Par exemple, les jeunes collègues bénéficient de l'expérience des plus anciens. Mais la plupart de ces interactions

II.2.5 LA MOBILITE PROFESSIONNELLE

II.2.5.a) *Formation interne rivale et mobilité du travail*

On a pris conscience, depuis au moins Pigou [1912], que la liberté de travail de l'individu propriétaire du capital humain pouvait priver l'employeur d'une partie des rendements de ses investissements en formation. Comme la perte ne résulte pas d'une interaction marchande, on parle alors d'externalité négative. Pour autant, le capital humain et plus précisément la partie qui n'est pas spécifique à la firme dans laquelle il a été acquis n'est pas perdue pour la société : *Si l'on reste dans le cadre de ce raisonnement*, il existe une économie externe qui est la contrepartie exacte de la déséconomie subie par l'employeur. Mais qui en profite réellement ? On a souvent avancé qu'il s'agissait de la firme d'accueil, mais rigoureusement, tant que les facteurs sont rémunérés à leur productivité marginale, c'est bien le salarié, devenu propriétaire du capital humain, qui bénéficie du rendement qui y est associé³⁷. Puisqu'il y a échange sur le marché du travail, l'entreprise d'accueil réalise bien elle aussi un gain mais ce gain passe par le marché et n'a d'autre source que celle de l'échange³⁸. Il correspond seulement à la réallocation d'une certaine quantité de capital humain.

Dans la réalité, la loi de la rémunération du facteur travail peut cependant souffrir de nombreuses distorsions. Si pour une quelconque raison³⁹, les firmes d'accueil ont les moyens d'imposer aux individus une rémunération inférieure à la productivité marginale, alors on pourra maintenir l'idée selon laquelle elles partagent également une partie du gain externe. Quel que soit le récepteur, il demeure que l'équilibre décentralisé n'est plus optimal lorsque une telle externalité existe. Le niveau de formation au niveau global est insuffisant car les salariés ou leur firmes d'accueils, ne rémunèrent pas l'entreprise de départ du service rendu. Si le marché était parfait et si la formation était entièrement non spécifique, toute incitation à la formation disparaîtrait même.

Comme le rappellent Booth & Zoega [1996], ces « externalités » ont longtemps été inscrites dans la tradition de la science économique en Grande Bretagne et ont été à l'origine de « l'Industrial Training Act » de 1964 (aboli en 1981) qui a institué l'obligation pour les firmes de contribuer financièrement à un fond centralisé, dont les sommes sont ensuite reversées sous formes de subventions pour chaque nouvelle formation accordée aux travailleurs. Depuis, de nombreux travaux théoriques ont montré qu'on pouvait mettre en doute l'existence d'une réelle externalité. Le raisonnement précédent est en effet biaisé puisqu'il évalue les conséquences de la liberté du travail après coup, i.e. après la décision de formation de l'employeur. Or cette hypothèse n'est pas tenable. La rationalité doit conduire à la formation d'un contrat plus ou

devraient être internalisées au sein d'une firme et aucune externalité de capital humain ne devrait être observée au niveau global ». Acemoglu [1996, p 782]

³⁷ Si l'on suit les lignes du raisonnement, tout se passe comme si en effet, la décision de mobilité conférerait automatiquement à l'individu l'entière propriété du capital humain.

³⁸ Rappelons que cet effet est en soi distinct de l'avantage procuré par l'accès à une main d'œuvre qualifiée dont parlait Marshall et qui forme une des sources des gains de l'agglomération.

³⁹ Par exemple, la tendance que pourraient avoir les individus à être moins exigeants s'ils ont bénéficié « gratuitement » de la formation.

moins formel par lequel la firme et les salariés partagent à la fois les coûts mais aussi les bénéfices de la formation et où l'employeur fixe la quantité de formation en fonction de la probabilité de départ des salariés⁴⁰. Pour autant, le contrat reste sous-optimal du point de vue social parce que l'employeur est tenu de choisir un taux d'actualisation pour le rendement de son investissement dans la formation supérieur à celui qui prévaudrait s'il était le seul propriétaire du capital humain. Mais la question est complexe. Booth & Zoega [1996] par exemple montrent que l'élévation du taux de rotation (exogène) de la main d'œuvre réduit l'irréversibilité des investissements opérés par l'entreprise et donc le risque associé. Il s'ensuit alors la disparition d'une partie et à la limite de la totalité du sous-investissement.

Il n'est pas nécessaire d'aller plus loin dans ces développements parce que ce type d'externalité ou les limites posées par son internalisation ne concernent pas directement le processus général de diffusion non marchande des connaissances et n'importent donc pas pour l'étude de la croissance économique. Il fallait cependant les présenter pour pousser davantage la réflexion et les dissocier d'une autre phénomène : La diffusion des connaissances techniques à travers la mobilité du facteur travail

II.2.5.b) La diffusion des connaissances techniques à travers la mobilité du facteur travail

C'est parce que le capital humain est aussi composé de connaissances techniques pures que l'on s'accorde ordinairement pour maintenir l'idée de l'existence d'une externalité importante, et même pour en faire comme Malinvaud [1981, pp 232-233] un mécanisme décisif au niveau macroéconomique :

« Mais quelles économies externes sont susceptibles de revêtir de l'importance au niveau macroéconomique ? Il semble que ces économies tiennent [...] plus encore à la formation des hommes qui, participant à la production dans une entreprises, améliorent sur le tas leurs façons de travailler et celles d'organiser le travail d'autrui. Cette formation acquise dans une entreprise peut profiter à une autre, soit en cas de changement d'employeur, soit même par simple transmission orale ou écrite d'homme à homme ».

De telles formes de diffusion ont été mises en évidence dans des enquêtes très ciblées au niveau d'une firme ou d'un ensemble de firmes : Les études portant sur les entreprises de la Silicon Valley sont parmi les plus connues ([Saxenian, 1991] par exemple) mais on peut aussi renvoyer à l'enquête de Mansfield & Romeo [1980] qui montre notamment que le recrutement du personnel de la filiale étrangère est l'un des trois principaux moyens utilisé par les firmes nationales pour accéder à la technologie de cette filiale. Stewart et Ghani [1991] citent également de très nombreux travaux sur ce même point, malheureusement peu diffusés.

Notons au passage que lorsqu'on parle de mobilité du personnel, il faut aussi entendre l'installation à leur propre compte des salariés, phénomène qui a de nombreuses fois joué un rôle significatif dans l'essor d'une industrie ou d'une économie. Glaeser & alii [1992] font par

⁴⁰ Le fait que la formation acquise soit issue de l'apprentissage sur le tas plutôt que d'une procédure formelle de formation n'est pas important pour le raisonnement mené ici.

exemple valoir qu'au Bangladesh, des centaines de firmes produisant des chemises ont été créées par des individus s'étant mis à leur compte et qui auparavant travaillaient dans les firmes coréennes. Le cas de la Silicon Valley est lui aussi de ce point de vue une nouvelle fois exemplaire : Stewart & Ghani [1991, p 578] notent ainsi que :

«... Schockey, l'un des trois inventeurs du transistor a quitté les laboratoires Bell pour établir la première firme de semi-conducteurs. En 1957, huit des scientifiques de Schockey ont à leur tour créé leur propre entreprise. Intel a été également créé à la suite du spin-off d'une partie du personnel qualifié de Fairchild. La plupart des trente nouvelles firmes qui sont nées dans l'industrie du semi-conducteur sont la conséquence directe du Spin-off des ingénieurs des laboratoires Bell et de Fairchild Semiconductor».

II.2.5.c) De telles externalités restent-elles non internalisées ?

Contrairement à l'opinion courante, la réponse est loin d'être évidente et mérite une nouvelle fois d'être détaillée.

En premier lieu, il faut savoir si la firme possède les connaissances techniques en question ailleurs que sous la forme incorporée du capital humain mobile. Elle se trouve dans ce cas lorsque ces connaissances sont partagées par d'autres salariés⁴¹, incorporées dans un procédé déjà mis au point ou inscrites dans l'organisation même (suite à la mise en place par exemple d'un réseau de distribution complexe ou aux progrès importants réalisés en matière d'ergonomie)⁴². Ce dernier point est rarement souligné mais c'est un fait que l'organisation et donc les connaissances techniques qui la fondent survivent toujours largement aux changements de personnel dans l'entreprise. Elles forment un *capital* qui n'est incorporé ni aux salariés ni aux machines et dont l'efficacité productive devient indépendante des hommes qui l'ont mis en place.

Admettons d'abord que l'information ne soit pas redondante. Il n'y a pas alors de différence entre les connaissances techniques et le capital humain dans sa forme rivale et l'on se retrouve dans le cas examiné précédemment où la dépossession potentielle que peut entraîner la mobilité conduit à la formation d'un contrat plus ou moins explicite entre salarié et employeur. Cette menace de dépossession disparaît lorsque la connaissance devient redondante. Cependant, la possibilité que celle-ci soit utilisée de manière concurrente par l'entreprise d'accueil ou le salarié lorsqu'il se met à son compte, pose un nouveau problème⁴³. Il existe certes des procédures institutionnelles comme les clauses de non concurrence, mais dans une logique similaire à celle du brevet, ces dernières ne sont que partielles et limitées dans le temps de manière à garantir un système d'incitation minimal tout en prenant en compte le gain social

⁴¹ Cette redondance de l'information résulte en partie de ce que les salariés se forment aussi les uns au contact des autres ainsi qu'on l'a vu précédemment.

⁴² Comme l'a fait remarquer Rosen [1972], c'est parce que la connaissance technique ne réside pas simplement dans la compétence managériale de l'entrepreneur que la valeur de la firme (indépendamment de celle du capital physique qui peut toujours être loué), n'est pas nulle.

⁴³ Les faillites ou les licenciements sont parfois en pratique un moyen radical d'éliminer de tels problèmes.

associé à la plus large diffusion possible des connaissances techniques. La firme devient bien alors assurément émettrice d'une externalité puisque elle ne peut pas exclure totalement ses compétiteurs de l'accès à une partie de sa technologie.

Il reste le cas où l'utilisation externe de connaissances techniques par ailleurs non redondantes n'inflige pas de pertes concurrentielles (non rivalité sur le marché). Dans cette situation, on peut penser a priori que l'employeur n'est pas incité fortement à retenir son salarié qui a par contre, quant à lui, de bonnes raisons d'offrir son savoir et ses connaissances ailleurs. Comme le notent Jaillet, Puig & Thisse [1996], beaucoup de compétences acquises sur certains postes de travail ou dans certaines entreprises ne peuvent en effet être valorisées que si elles sont sanctionnées par une mobilité professionnelle et c'est d'ailleurs pourquoi soulignent-ils, les individus concernés peuvent avoir trouver un intérêt supplémentaire à offrir leur travail là où beaucoup d'entreprises sont localisées.

La présence d'une telle externalité invite pourtant à s'interroger : L'employeur ne tient-il pas compte de l'opportunité qu'il offre à l'individu de monnayer ailleurs ses connaissances ? Difficile de penser qu'il n'en soit pas ainsi. L'employeur est conscient du capital humain que les individus sont susceptibles d'acquérir dans son entreprise, quelle qu'en soit la forme : compétences professionnelles, savoir faire ou connaissances techniques. Il devrait donc l'intégrer dans le contrat implicite qui le lie à ses salariés. La conclusion surprenante est alors que l'externalité risque une nouvelle fois d'être internalisée. En faisant de cette forme particulière de capital humain un des éléments sur lequel porte la négociation, l'employeur tire un profit quand même, toutes choses égales par ailleurs, du départ de ses employés. On peut dire que c'est une manière indirecte pour lui de vendre une connaissance non rivale et redondante⁴⁴. Cela apparaît plus nettement lorsqu'on envisage le cas extrême où la formation n'est composée que de connaissances techniques redondantes et pour simplifier non utilisables de manière concurrente. Mais la logique est la même lorsque la formation est multiforme comme c'est quasiment toujours le cas en pratique.

Un petit exemple simple permet de comprendre cette idée. Supposons qu'un employeur possède n salariés. L'un d'entre eux, mais personne dans l'entreprise ne sait lequel, pourra partir définitivement dans une autre firme identique à une date T , date à laquelle les n salariés auront achevé une formation uniquement composée de connaissances techniques non redondantes et qu'ils ne peuvent pas utiliser pour concurrencer l'entreprise. Tous seront donc incités à le faire, mais par hypothèse, un seul aura cette opportunité. Supposons également que le salarié puisse vendre sa connaissance technique au prix du marché, i.e. qu'il soit sûr d'être payé à sa productivité marginale lorsqu'il quittera l'entreprise, de manière à ce qu'aucun gain externe ne soit capté par l'entreprise d'accueil. Dans cette situation et en l'absence de coûts de transaction, l'employeur pourra s'approprier une partie, par exemple la moitié, de la rente liée à la mobilité d'un des salariés en exigeant de chacun de ses salariés, de manière échelonnée et sous forme de baisse de salaires, un montant égal à $w^*/2n$, w^* représentant la somme actualisée du surcroît de salaires que ce salarié tirera de sa mobilité.

⁴⁴ On ne revient pas pour autant au cas de l'internalisation d'une formation classique rivale où la négociation permet seulement d'éviter une redistribution brutale et totale du capital humain en faveur du salarié à la suite de la mobilité.

On notera au passage que cette forme d'internalisation, si elle est réalisable ne fait pas disparaître totalement tout flux externe gratuit de connaissance, puisque le salarié perçoit la moitié du gain lié à l'acquisition gratuite de connaissance dans l'entreprise. Pour gagner en rigueur et en généralité, il serait utile bien entendu de développer et de formaliser le raisonnement précédent. On pourrait ainsi faire valoir que l'essaimage, lorsqu'il réduit les coûts divers associés au licenciement ou lorsqu'il améliore l'investissement personnel initial du salarié dans son entreprise, est aussi une manière pour l'employeur de profiter ex ante de la connaissance redondante et non concurrentielle qu'il fournira au salarié. On pourrait également remarquer que le problème qui se pose dans l'internalisation des gains liés à la mobilité du travail est d'autant plus difficile que la probabilité n'est pas la même pour tous les individus. Comme le rappelle Guellec [1995], l'investissement de l'employé dans la culture d'entreprise par exemple, est un signe de son désir de rester, qui peut alors conduire l'employeur à réduire l'estimation subjective de la probabilité de son départ et donc à augmenter son salaire.

Cependant, quels que soient les raffinements, les éléments précédents suffisent à mettre en doute l'ampleur présumée du problème allocatif posé par ce type d'effet externe. Les limites et le caractère approximatif des arbitrages dans l'incertitude de la pratique réelle ne le font sans doute pas disparaître totalement mais l'essentiel du raisonnement n'est pas modifié. La mobilité du facteur humain constitue certainement une force de diffusion technologique réelle dont le rôle a sans doute été accentué depuis plusieurs décennies du fait de l'investissement croissant des entreprises dans le développement des ressources humaines. Mais on peut admettre

- i) que le bénéfice réalisé par l'entreprise d'accueil provient de l'échange sur le marché du travail et non d'une externalité.
- ii) que cet échange est lui-même rendu possible par l'existence d'un gain qui provient essentiellement de la possibilité pour le salarié *et dans une certaine mesure pour son entreprise d'origine* d'offrir sur le marché, à travers la mobilité du travail, des connaissances techniques redondantes incorporées dans le capital humain.

II.2.5.d) Coopération dans l'organisation et internalisation des externalités

Toutes les formes de coopération à l'intérieur de l'entreprise n'ont pas pour objet d'internaliser les externalités potentielles. Le raisonnement précédent a conduit à distinguer deux formes de coopération : celle qui permet à l'employeur de partager avec ses salariés les coûts et les rendements de la formation interne et celle qui lui permet de conserver une partie des gains liées à la vente, à travers la mobilité du travail, de la connaissance non marchande et non « rivale » incluse dans l'expérience.

Mais il n'est pas possible de mettre sur le même plan, ainsi que le fait Guellec [1995], l'accord implicite dont parle la théorie du salaire d'efficience. Accroître l'assiduité des individus à travailler, ce qui est l'objectif d'un salaire d'efficience, ça n'est pas internaliser une externalité. Si c'était le cas, il faudrait pouvoir déterminer le niveau de coopération par rapport auquel on fixe l'externalité. Or il n'y a aucun principe qui permette de le faire. On ne peut pas

prendre dans tous les cas comme base d'internalisation l'absence de toute coopération, puisqu'il faudrait alors admettre que tout niveau de coopération positif entre l'employeur et son salarié peut être assimilé à un effet externe, ce qui n'est pas tenable. Par nature, les agents à l'intérieur d'une organisation sont déjà dans une situation de coopération (imparfaite) par rapport au problème potentiel posé, ce qui n'est pas le cas pour les externalités, même du type de celles que l'on a analysé précédemment.

On trouve la justification de la généralisation de Guellec [1995] au début de l'article dans l'analyse qu'il fait des externalités introduites par les modèles de croissance endogène, en particulier le modèle de Lucas [1988]. Il pose à juste titre la question essentielle de l'internalisation des externalités mais conclut qu'aucune externalité n'y est internalisée. Manifestement, il ne s'agit que d'une interprétation possible et l'on pourrait plutôt penser, d'après ce qu'en dit Lucas, que les externalités introduites dans le modèle ne font référence qu'aux externalités qui ne sont pas internalisables.

II.3 MEDIATISATION DES EXTERNALITES INFORMATIONNELLES

II.3.1 LA DIFFUSION DES CONNAISSANCES A TRAVERS LA PRESSE ECRITE

Une grande partie des connaissances techniques est diffusée à un moment ou à un autre dans les journaux spécialisés, les revues de vulgarisation, les ouvrages, les essais et dans les autres médias (télévision, radio, internet...). On y trouve des informations sur les principes des nouveaux produits ou procédés, sur les nouvelles méthodes d'organisation, de distribution, de gestion du personnel ou encore sur les raisons des échecs ou des succès de ceux qui les utilisent. Ainsi qu'on l'a déjà noté, ces dernières informations sont tout autant « techniques » et toutes aussi précieuses pour les firmes. Les succès ou les échecs intéressent (on parle de « success story » ou d'échec « retentissant ») ; ils suscitent des réflexions et des débats dans lesquels beaucoup de stratégies se peaufinent. Une étude de Roux Dufort & Metais [1996] publiée in Nonaka & Takeuchi [1997] montre par exemple comment l'analyse systématique des crises passées à Three Miles Island en 1979 et Tchernobyl en 1986 mais aussi des incidents et presque incidents des autres centrales a permis d'améliorer considérablement la gestion des risques.

Mais ce sont probablement les informations liées aux aspects organisationnels, qui étant plus universelles, ont tendance à se diffuser plus facilement, notamment à travers un processus de benchmarking⁴⁵. Comme le font remarquer Holmström et Tirole [1989] parlant des externalités en général, on ne comprendrait pas autrement les phénomènes de mode en matière d'organisation.

On ne peut pas douter de l'importance économique d'une telle diffusion et c'est d'ailleurs pourquoi Carré, Dubois & Malinvaud [1972] avaient insisté lourdement à l'aide de

⁴⁵ Le benchmarking consiste en « l'analyse détaillée des méthodes de travail d'une société cible pour les comparer aux siennes ». (*Les échos* [1997], Derenbourg)

données diverses et chiffrées, sur le rôle indirect et difficilement isolable joué par l'essor de la presse économique, professionnelle et technique dans la croissance française de l'après-guerre (même si l'on a vu dans la première partie que le lien avec les externalités était loin d'être clair dans leur analyse). Etant donné que les agents économiques bénéficient d'informations techniques produites par d'autres agents à un coût très faible, on désigne habituellement de façon systématique ce « gain » apparent comme une source évidente d'externalités dont on reconnaît par ailleurs l'ampleur. Pourtant il s'agit ici d'un cas particulier et si l'on veut parler d'externalité, alors on est tenu d'admettre que celle-ci est en quelque sorte *médiatisée par le marché*. Une firme bénéficie des informations techniques issues de l'activité d'autres firmes par l'intermédiaire d'une firme marchande dont les ressources sont assurées, à côté de la publicité, par le prix de vente du média lorsque l'exclusion est possible⁴⁶. Un petit exemple simple permet de clarifier cette idée.

Soient y^i , y^j et y^m les niveaux de production respectifs de l'entreprise émettrice (i) de l'information, de l'entreprise réceptrice de l'information (j) et de l'entreprise Intermédiaire (m) (entreprise de presse par exemple). X^i et X^j représentent les vecteurs respectifs de l'ensemble des facteurs des entreprises réceptrices et intermédiaires. Dans les cas classiques d'externalité, on a un phénomène du type :

$$y^j = f^j (X^j; \bar{y}^i) \quad \text{avec} \quad df^j/d\bar{y}^i > 0 \quad (44)$$

Les connaissances techniques de la firme Emettrice i sont appropriées de manière non marchande par la firme Réceptrice j. Lorsque l'externalité est médiatisée par le marché (cas de l'entreprise de presse), on a en réalité :

$$y^m = f^m (X^m; \bar{y}^i) \quad \text{avec} \quad df^m/d\bar{y}^i > 0 \quad (45)$$

$$\text{et} \quad y^j = f^j (X^j, y^m) \quad (46)$$

Les connaissances techniques de i sont appropriées de manière non marchande par m puis de manière *marchande* par j. L'entreprise réceptrice j bénéficie toujours de la connaissance de i mais seulement par l'intermédiaire marchand représenté par m. S'il y a externalité, c'est uniquement parce que les informations disponibles dans les journaux sont des informations émises gratuitement par l'entreprise i et qu'elles ne sont pas payées par leur diffuseur. C'est donc bien le diffuseur, c'est-à-dire l'entreprise Intermédiaire qui est le véritable récepteur de l'externalité.

On invoque souvent l'argument selon lequel la valeur des informations dont tirent profit les entreprises à travers les journaux est infiniment plus grande que le coût de cette information. Mais cet argument n'est en aucun cas lié à la notion d'externalité. Il se réfère simplement à la non-rivalité de la connaissance, qui permet de dupliquer sans coût supplémentaire cette

⁴⁶ On laisse ici pour l'instant de côté les biens non exclusifs, i.e. les médias dont les coûts sont assurés uniquement par la publicité et/ou les finances publiques ou encore par les émetteurs eux-mêmes (serveur librement accessible sur Internet par exemple).

information technique considérée dans sa forme intangible. L'entreprise de presse assure les coûts de recherche, de mise en forme et d'édition de cette information mais sa « matière première » est bien constituée des informations techniques émises gratuitement et parfois même volontairement par l'entreprise. Beaucoup d'informations techniques sont en effet transmises à des fins publicitaires, pour rassurer les actionnaires ou même pour des raisons liées à la nécessité pour un service de justifier son travail auprès de sa direction. L'important est alors moins l'information transmise dont la valeur est jugée très faible pour l'entreprise que le fait qu'on parle d'elle.

La non rivalité de la connaissance contribue largement à la rentabilité de cette solution de marché mais elle n'est pas nécessaire, en théorie au moins, pour permettre la médiatisation des externalités informationnelles par le marché. La formalisation précédente ne pose ainsi aucune condition sur le caractère rival ou non de la connaissance. Pour s'en convaincre, il suffit d'imaginer que l'entreprise intermédiaire bénéficie gratuitement non d'informations mais de *biens physiques rivaux* émis par une entreprise émettrice. On peut par exemple imaginer que les biens physiques soient des déchets et que l'entreprise Intermédiaire devienne une entreprise de recyclage de déchets (par analogie à l'entreprise de presse qui recycle l'information). L'entreprise intermédiaire tire toujours partie dans ce cas de l'activité d'autres entreprises sans les rémunérer. Et les entreprises de type j bénéficient à leur tour d'inputs recyclés après en avoir acquitté le prix. On voit clairement :

- (i) qu'il y a externalité et que c'est l'entreprise intermédiaire qui en bénéficie,
- (ii) que les entreprises de type j bénéficient indirectement de cette dépendance technique à travers le marché,
- (iii) que la non rivalité du bien transmis n'est pas à l'origine du gain général pour la société.

Dans ce cas comme dans celui où l'on considère des informations, la naissance de l'organisation (entreprise m) s'explique par les indivisibilités de toute production⁴⁷. On notera au passage que les informations externes constituent un input *essentiel* pour l'entreprise de presse. En l'absence d'un volume suffisant d'information, elles n'auraient pas « grand-chose à dire ». On avait déjà représenté ce cas à la figure II.3 en 1.1.2.b. Formellement, cela signifie que f^m dans (44) devrait sans doute vérifier :

$$f^m(X^m; \bar{y}^i) = 0 \quad \text{pour } \bar{y}^i < \bar{y}_{\min} \quad (47)$$

⁴⁷ L'organisation intermédiaire chargée d'assumer les indivisibilités de la collecte d'information n'est pas nécessairement marchande même si son mode de financement l'en rapproche. C'est le cas chaque fois qu'un syndicat professionnel ou une chambre de commerce effectue pour le compte de ses adhérents un travail de veille informationnelle. En France par exemple, la Chambre de Commerce et d'Industrie de Niort est spécialisée dans le secteur de la boisson : Deux documentalistes analysent trois cents revues professionnelles éditées en quatre langues et saisissent les résumés dans une banque de données et chaque mois ils publient une lettre de synthèse. Voir la partie I.3.4 juste après.

II.3.2 LE RECOURS AUX ENTREPRISES DE CONSEIL

Si l'on parle d'externalités médiatisées à propos des informations diffusées par les journaux et les revues spécialisées, alors on doit étendre le raisonnement à propos de la connaissance technique diffusée par les organismes de conseil aux entreprises car ceux-ci comme les entreprises de presse assurent un service de transformation (recherche, centralisation, synthèse). La seule différence, sous le rapport qui nous intéresse, tient à ce que les informations techniques vendues sont beaucoup moins générales et concernent beaucoup plus étroitement l'entreprise. Leur livraison exige une interaction prolongée entre les deux entreprises.

Mais c'est justement cette longue interaction qui permet à l'entreprise de conseil d'acquérir quantité d'informations techniques réutilisables lors de nouveaux travaux⁴⁸. Ces informations sont certes synthétisées et intégrées dans un savoir déjà existant pour former ce qu'on appelle l'expérience mais tant que le consultant ne rémunère pas les entreprises clientes pour cette contribution fondamentale à sa formation, on peut parler sans équivoque d'externalité. Et l'essor au niveau national ou international de ce type d'entreprise laisse supposer par ailleurs que cette forme de diffusion est tout à fait significative.

L'entreprise de conseil, comme l'entreprise de presse bénéficie donc bien de l'activité d'autres entreprises sans contrepartie monétaire. Comme dans le cas des journaux, il faut bien comprendre que si la non rivalité de la connaissance contribue largement à la rentabilité de cette solution de marché, elle n'est pas nécessaire en théorie pour permettre la médiatisation des externalités informationnelles par le marché.

D'une manière générale on peut dire que toute activité de production de connaissance technique d'une firme est à l'origine de flux externes de connaissances mais qu'il arrive souvent qu'ils ne se transforment pas en effets externes du fait de coûts d'appropriation prohibitifs. La solution spontanée émane alors du marché et prend la forme d'organismes de presse, de revues professionnelles, d'ouvrages, de consultants, etc... Leur rôle est d'assumer les indivisibilités liées aux coûts de recherche afin de réduire le coût des informations en deçà d'un seuil où il devient intéressant pour certaines entreprises de les acheter. Naturellement, la diffusion des informations techniques qui est la seule activité de l'entreprise de presse, n'est qu'un effet secondaire de l'activité de conseil des consultants.

Il reste que l'on pourrait s'interroger sur la possibilité d'une forme grossière d'internalisation. On peut très bien imaginer, par exemple qu'une firme et son cabinet de conseil s'accordent pour réviser à la baisse le prix de la prestation lorsqu'il est visible que le service en question sera l'occasion pour le consultant d'acquérir des connaissances techniques de première importance sur l'efficacité d'une organisation d'un type particulier ou sur une

⁴⁸ Dans un travail empirique approfondi sur ce type d'entreprise, Djellal [1995] a noté par exemple que ces informations, celles acquises par les seniors consultants en particulier, étaient systématiquement centralisées puis diffusées auprès des autres membres du cabinet.

méthode de gestion du personnel novatrice. Evidemment, les termes d'une telle internalisation ne devraient pouvoir être observés que dans des cas limites.

Historiquement, la notion d'externalité a fait l'objet d'une longue épuration conceptuelle. Il ne s'agit pas ici d'établir de nouvelles distinctions toujours plus fines et qui seraient à elles-mêmes leurs propres fins mais bien de voir ce que le concept idéalisé d'effet externe positif recouvre vraiment lorsqu'il s'applique au seul phénomène réellement important d'un point de vue macroéconomique : la diffusion des connaissances.

II.3.3 L'EXTENSION AUX ORGANISMES PRIVES DE FORMATION PROFESSIONNEL

On peut encore étendre le raisonnement précédent aux organismes de formation professionnelle privés. Ces derniers enseignent en effet des savoir-faire mais aussi des savoirs purs, des connaissances techniques dont une grande partie a été produite par les firmes marchandes, que l'on pense à l'enseignement du principe de fonctionnement des principaux appareils mis au point par des entreprises privées, ou dans un autre domaine, à l'enseignement de la gestion, de la comptabilité ou du marketing à l'aide d'études de cas réels.

Si les organismes de formation professionnelle doivent engager des dépenses coûteuses de recherche, de centralisation, de mise en forme et d'adaptation à la pratique pédagogique de les connaissances techniques, ils ne rémunèrent pas, sauf cas particulier, les firmes marchandes des informations dont ils jouissent et qu'ils transmettent. On se retrouve une nouvelle fois dans un cas de figure analogue aux deux précédents.

Lorsque l'individu prend lui-même en charge sa formation, on est toutefois tenu d'introduire un nouveau niveau de médiation, l'individu lui-même en tant que nouvelle unité de décision⁴⁹ :

$$y^m = f^m(X^m, \bar{y}^i) \quad \text{avec } df_m/d\bar{y}_i > 0 \quad (48)$$

$$h = f^h(X^h, y_m^h) \quad (49)$$

$$y^j = f^j(X^j, h) \quad (50)$$

y_m^h représente la quantité de bien intermédiaire produite par m et utilisée par l'individu dans sa formation de capital humain (h). X^h est un vecteur représentant les quantités consommées des autres inputs nécessaires à sa formation. (50) montre que j bénéficie de l'information externe émise par i à travers l'achat de h sur le marché du travail. En pratique, la diffusion par les organismes de formation n'a rien d'immédiat mais cela ne change rien au raisonnement.

Même s'il ne parle pas de « médiatisation des externalités », Levy-Garboua [1995, p 82] ne dit par autre chose, lorsqu'il avance qu'*une fois qu'un nouveau savoir a été découvert dans*

⁴⁹ Au risque de compliquer davantage, on peut aussi noter que si la lecture d'ouvrage et de revues est bien une exigence de la formation, alors la même décomposition doit s'appliquer au premier cas de médiatisation.

le cadre du learning-by-doing, celui-ci peut être transmis beaucoup plus efficacement à de futurs apprentis en simulant pour eux une procédure de découverte systématique : C'est ce que réalisent l'école et les autres organismes spécialisés dans la formation [...] » Mais « [...] l'incorporation de ces connaissances générales par les travailleurs en poste et par les futurs enseignants prend [...] du temps, et elle est retardée par les entreprises qui ne sont pas désireuses d'abandonner trop vite leurs rentes de monopole. Le secteur éducatif ne prendra donc le relais des nouvelles formations sur le tas que progressivement, et les entreprises à la traîne pourront alors rattraper leur retard en recrutant des diplômés formés aux nouvelles techniques».

II.3.4 MEDIATISATION PAR LA SPHERE PUBLIQUE

- **Le rôle des organismes de formation publics**

On a pris soin juste avant de parler d'organismes de formation privés et non publics pour désigner un type de médiatisation des externalités informationnelles. En réalité, les connaissances techniques diffusées par les appareils publics de formation correspondent bel et bien à une autre forme particulière de médiatisation puisque l'émetteur et le récepteur final sont toujours des entreprises privées. La seule différence tient désormais à ce que l'intermédiaire est une organisation publique. Le bien produit est donc un bien public mais sa production bénéficie gratuitement d'informations privées non marchandes.

Il ne faut pas confondre cette idée avec celle d'internalisation publique des externalités. Il n'y a pas production publique de connaissances techniques mais prise en charge publique de l'indivisibilité de la production d'un type particulier de services : le service de mise en forme et de transmission d'informations techniques ou, ainsi qu'on l'a nommé précédemment, le service de division du coût d'appropriation des flux externes de connaissances. Que ce service soit offert au prix du marché ou payé par une collectivité ne change rien au fait que l'organisation intermédiaire bénéficie gratuitement de flux externes de connaissances et peut en faire bénéficier ses clients ou citoyens.

Ces considérations, un peu lourdes à exposer, sont essentielles pour comprendre précisément la relation qui unit le progrès technique à la recherche et surtout à l'éducation. Dire que le système de formation est en partie un bien public ne suffit pas à expliquer qu'il puisse transmettre des connaissances techniques qu'il n'a pas produit comme le montre par ailleurs le fait que les organismes de formation privés assurent la même fonction. S'il joue un tel rôle, c'est uniquement parce qu'il a eu accès « gratuitement » aux connaissances techniques développées par les firmes privées.

- **Le rôle de la recherche publique fondamentale**

Considérons maintenant le rôle de la recherche publique fondamentale. La proximité qui existe dans certains domaines entre cette recherche et la recherche privée ne fait aucun doute. Elle est continuellement encouragée par les pouvoirs publics dans leur souci permanent de rationalisation des dépenses (avec la création en France par exemple des Etablissements Publics

à Caractère Industriel et Commercial). En outre, pour beaucoup, elle est une évolution caractéristique de la technologie moderne, qui expliquerait d'ailleurs largement le fait que les entrepreneurs ou les créateurs de PMI high-tech proviennent si souvent des grands laboratoires publics.

S'il y a bien un lien à double sens entre la recherche fondamentale et la recherche menée par les entreprises, alors on peut étendre à nouveau le raisonnement mené pour les organismes de formation en disant que la recherche publique fondamentale est aussi un des vecteurs de la diffusion non marchande de connaissances produites par le secteur privé. Une entreprise i élabore de nouveaux savoirs, qui servent d'une manière ou d'une autre à la recherche publique fondamentale, lesquelles les diffusent à nouveau sous une forme implicite dans de nouveaux savoirs qui profiteront à d'autres entreprises de type j. Il faudrait ici l'aide d'un spécialiste pour étayer le raisonnement de beaux exemples concrets. Cependant, lorsqu'on garde à l'esprit la définition extensive de la connaissance technique présentée au début de cette partie, on n'a aucune peine à se convaincre de la réalité d'un tel mécanisme.

- **Les missions de productivité**

Enfin, on pourrait aussi ranger sous cette même idée de service collectif de division du coût d'appropriation des flux externes de connaissance l'organisation de missions de productivité par l'Etat et les organisations professionnelles⁵⁰ comme celles dont font état Carré-Dubois-Malinvaut [1972, pp 605-606], pour les industriels français dans l'après-guerre :

« [...] 150 missions de productivité groupant plus de 1700 personnes ont été organisées de 1949 à 1952 pour permettre aux industriels français de prendre connaissance des méthodes d'organisation du travail et des procédés technologiques utilisés outre-Atlantique. Elles ont sans doute joué un rôle non négligeable dans la diffusion des techniques de production avancées. Inversement des experts étrangers vinrent en France pour étudier certains problèmes particuliers. Les enseignements tirés de ces missions furent largement diffusés dans les professions et rendus publics sous forme de rapports, de conférences, de presse, de publication, de réunions. Cet effort d'information et d'éducation fut suivi de la création d'organismes spécialisés, publics ou professionnels, visant à diffuser l'information économique et technologique et à promouvoir des expériences de modernisation ».

II.3.5 LES DEDALES DE LA DIFFUSION NON MARCHANDE DES CONNAISSANCES.

On pêcherait encore par excès de simplification si l'on omettait de prendre en compte l'importance du rôle joué dans la diffusion des connaissances techniques par les interactions marchandes entre les firmes intermédiaires ou encore par la mobilité du capital humain entre ces firmes et celles des secteurs d'activité traditionnels. Dans la monde économique, la

⁵⁰ Il s'agit alors de club goods.

médiatisation des flux externes prend souvent des chemins détournés : Les entreprises de presses s'épient et copient systématiquement les unes sur les autres. Les articles font référence à d'autres articles ou à des ouvrages qui renvoient eux-mêmes à d'autres ouvrages. Les consultants, les enseignants, les essayistes ou les vulgarisateurs lisent les journaux mais les journaux interviewent également ces différentes catégories. Enfin, la connaissance se diffuse à travers tous les cas possibles de mobilité du capital humain entre les entreprises intermédiaires : Les ingénieurs ou les cadres peuvent devenir professeurs, consultants, journaliste ou essayiste, les consultants journalistes, essayistes ou enseignants....

On est loin de la forme épurée de l'externalité telle qu'elle est présentée dans les manuels de premier cycle. Mais c'est seulement à travers ce mélange complexe d'interaction marchande et non marchande que le progrès technique se diffuse. Il faut toujours garder ce fait à l'esprit si l'on veut pouvoir discuter de la pertinence des simplifications opérées dans les modèles macroéconomiques.

II.4 LE CAS PARTICULIER DES EXTERNALITES « EDUCATIVES »

II.4.1 LA NOTION D'EXTERNALITES EDUCATIVES

Le terme d'externalité pris dans sa généralité désigne les situations où l'activité d'un agent économique bénéficie de manière inintentionnelle à un autre en dehors des relations marchandes. Jusqu'à présent, on s'est intéressé aux flux externes de connaissance technique observés au sein des firmes (externalités inter-individuelles) ou entre les firmes (directement ou à travers leurs salariés). Il existe aussi d'autres effets externes qui n'impliquent pas les firmes. Ce sont ceux qu'exercent les individus réciproquement les uns sur les autres en raison de leur niveau d'éducation et que l'on peut nommer *externalités éducatives*⁵¹.

Même s'il ne s'agit plus à proprement parler de diffusion non marchande du progrès technique, cette externalité est présumée être à l'origine de gains sociaux très importants et c'est pourquoi elle n'est pas absente des travaux théoriques et empiriques sur la croissance. On les retrouve dans les modèles d'éducation de type Lucas [1988] et dans certaines études qui cherchent à mettre en évidence des corrélations entre les taux de croissance et les niveaux d'éducation, par exemple Barro [1991], Barro & Sala-i-Martin [1995] et Fagenberg [1994] pour un survey. D'une certaine manière, on a toujours su que l'éducation des individus était essentielle non seulement pour eux-mêmes mais aussi pour la société. Comme le rappelait déjà Weisbrod [1962] dans un article majeur sur les externalités éducatives, l'Ecole obligatoire ou subventionnée ne se justifie pas seulement par l'imperfection du marché des capitaux ou la myopie des agents. Elle reflète en partie l'importance présumée des externalités liées à l'éducation.

En fait, bien que beaucoup de phénomènes aient été désignés sous cette idée, peu sont susceptibles d'importer pour l'étude de la croissance économique. Ceux qui viennent

⁵¹ Il est essentiel de noter qu'elles ne correspondent pas forcément à celles qui sont rattachées au niveau de capital humain dans les modèles de croissance.

spontanément à l'esprit n'exercent pas d'effets productifs significatifs même s'ils demeurent essentiels pour les agents sociaux. Ils correspondent à des *interdépendances entre les fonctions d'utilité* et traduisent en quelque sorte le bénéfice utilitaire non marchand que l'on peut tirer du fait d'être entouré de personnes mieux éduquées :

- soit parce l'éducation est inséparablement l'occasion de l'inculcation de normes, de valeurs morales et plus largement d'une culture qu'il plaît à chaque individu de voir partager ;
- soit en suivant encore Weisbrod [1962]⁵², parce que la généralisation de l'éducation est un moyen essentiel pour favoriser l'égalité des chances à laquelle aspire une majorité de citoyens.

Mais l'éducation exerce d'autres effets externes qui ne se traduisent pas simplement en terme d'utilité. Les deux plus importants sont d'une part la réduction des coûts de transaction et de maintien de l'ordre public, et d'autre part l'action exercée par les parents dans l'éducation de leurs enfants.

II.4.2 LA REDUCTION DU COUT DE MAINTIEN DE L'ORDRE PUBLIC

Les valeurs morales qui sont recherchées par une société et auxquelles l'éducation contribuerait n'ont pas qu'un aspect utilitaire puisque l'on peut admettre qu'elles permettent de réduire également les coûts de transactions dans les échanges. Comme le rappelle Arrow [1985, p 121] par exemple :

« La confiance ainsi que les valeurs similaires, loyauté et sincérité sont des exemples de ce que l'économiste pourrait appeler externalités. Elles sont des biens à part entière ; elles ont une valeur pratique économique réelle ; elles augmentent l'efficacité du système, en vous permettant de produire davantage de biens ou davantage de n'importe quelle valeur que vous tenez en haute estime. Mais ce ne sont pas des marchandises pour lesquelles l'échange sur un marché est techniquement possible ou même aurait un sens ».

Dans le même ordre d'idée, il est souvent avancé que l'éducation permet de réduire le coût de fonctionnement des institutions qui ont pour objectif de limiter les coûts de transactions dans les échanges : coût collectif de maintien de l'ordre public et de la règle de droit (lutte contre la criminalité et contre toutes les formes de délinquances en général). On retrouve souvent cette opinion dans les travaux qui étudient le rôle de l'éducation dans les pays en développement (Psacharopoulos & Woodhall [1988] par exemple).

Ces deux arguments étroitement liés reposent en définitive sur l'hypothèse d'une double causalité éducation/citoyenneté d'abord puis citoyenneté/économies sur les coûts de transactions

⁵² « L'égalité des chances semble être fréquemment présentée comme un objectif social et l'éducation joue un rôle décisif pour la réalisation de cet objectif [...]. Si l'égalité des chances est un objectif social, alors les rendements sociaux de l'éducation sont supérieurs aux rendements privés ». pp 177-178.

(y compris ceux des institutions comme la police ou la justice qui ont pour objectif de les limiter). A bien des égards, on pourrait s'interroger sur la simplification opérée par une telle hypothèse⁵³ mais ce n'est pas très utile ici car il semble extraordinairement difficile de mettre en évidence l'influence réelle de telles relations sur la croissance d'une économie. Il est très probable qu'elle existe mais ce n'est certainement pas celle qu'on peut mettre en avant dans les travaux sur les facteurs de la croissance⁵⁴.

II.4.3 LA TRANSMISSION INTERGENERATIONNELLE DE CAPITAL HUMAIN

La transmission intergénérationnelle du capital humain est un autre effet externe très souvent cité, en particulier dans les modèles d'éducation. Cela semble apparemment parfaitement justifié puisque l'influence du niveau d'éducation des parents sur l'accumulation du capital humain de leurs enfants est un fait empirique avéré, largement accessible à l'expérience commune et qui joue assurément un rôle important dans la croissance. Pour aller au-delà de l'anecdote, il faut partir d'une vision plus descriptive mais déjà théorique du phénomène que l'on prétend saisir. Cela nous permettra plus tard d'interpréter et dans certains cas de juger de la pertinence des simplifications que l'on est obligé d'opérer au niveau macroéconomique dans le cadre de modèles de croissance. Les analyses sociologiques sont ici un bon départ.

Que nous apprennent les sociologues ?⁵⁵ La première remarque que l'on peut faire est qu'ils parlent plutôt de capital culturel que de capital humain pour faire référence non seulement aux aspects directement productifs de ce capital mais également à d'autres propriétés notamment en matière de choix éthiques ou esthétiques. Les notions de capital culturel et « d'héritage culturel » (plutôt que de transmission de capital humain) sont donc plus larges et complexes chez le sociologue. Néanmoins, l'aspect productif en est une composante importante que l'on peut isoler.

Mais qu'est-ce qui est transmis au juste ? Si on laisse de côté les conditions matérielles qui ne constituent pas à proprement parler une transmission de capital humain, on peut distinguer six formes de « services » :

1. Une aide scolaire
2. une information sur la rentabilité des investissements scolaires
3. Le développement du goût pour le raisonnement, les choses intellectuelles, l'abstraction

⁵³ Par exemple Psacharopoulos & Woodhall [1988] citent une étude menée par la Banque Mondiale en 1972 montrant que l'éducation pouvait également générer des externalités négatives prenant la forme d'un effet désintégrateur pour de nombreux chômeurs frustrés qui ont fait des études ou d'une forme de progrès technique dans la criminalité.

⁵⁴ Cela ne signifie pas bien entendu que les dépenses publiques engagées par les Etats pour assurer un Etat de droit (coûts de fonctionnements de la police, de la justice etc..) n'agissent pas, elles, sur le taux de croissance. Cf Barro [1990] pour un modèle théorique de « croissance endogène » à un secteur basé sur ce type de dépenses publiques.

⁵⁵ On se réfère ici surtout au travail de Bourdieu, notamment [1979a] et [1979b] et Bourdieu & Passeron [1970].

4. Une certaine maîtrise de la langue
5. Dans certains cas, des connaissances quasi-professionnelles (dans les domaines artistiques, agricoles et de l'artisanat...)
6. Le développement dans une certaine mesure des « ambitions » professionnelles

Ces services en pratique n'ont rien de « gratuit » pour ceux qui les donnent. Ils prennent plutôt la forme d'un véritable investissement des parents qui à la limite se confond avec la totalité du temps de socialisation⁵⁶. Les quatre premiers facteurs n'exercent pas d'effets ou presque indépendamment de l'action de l'Ecole. Ils permettent surtout d'augmenter la rentabilité des investissements scolaires. Dans le cas de la transmission de la langue, l'idée est que ceux qui acquièrent la maîtrise pratique au travers de la lente familiarisation dans le groupe familial sauront mieux et plus vite acquérir le maniement quasi-savant exigé par l'école⁵⁷.

Les deux derniers « services » procurés par les parents agissent également par l'intermédiaire de l'Ecole mais on peut penser qu'ils permettent aussi d'augmenter directement la capacité productive de l'individu, indépendamment de toute formation parallèle⁵⁸. La double influence de (5) est évidente bien qu'elle ne doit pas être exagérée mais on peut s'arrêter sur (6). Peut-on parler d'externalités pour rendre compte du fait que les ambitions sont de manière indiscutable pour partie socialement déterminées notamment par le niveau de capital culturel ou humain des parents, qu'il existe des choix de formation qui paraissent « normaux » à certains et totalement exclus pour d'autres, en dehors de toute différence de capacité intellectuelle ou financière, autrement dit qu'il existe une certaine forme de myopie des agents (au sens où ils ne sont pas pleinement conscients de leurs propres intérêts) ? Si l'on admet que l'effet est important, et que l'on ne peut pas faire autrement que de l'inclure implicitement dans les mesures, on ne peut répondre que positivement. Evidemment, cette influence n'est pas compatible avec l'hypothèse de parfaite rationalité. Mais on pourrait toujours à la limite et si cela était nécessaire s'efforcer de la ramener à la réduction d'un problème informationnel (bien qu'il soit distinct) ou à une modification intergénérationnelle des préférences des individus qui les inclineraient à investir davantage dans leur éducation.

Le principal enseignement qu'on peut donc tirer des éléments précédents, c'est que l'action exercée par le capital humain des parents sur celui de leurs enfants, est dans une grande partie indirecte au sens où elle contribue d'abord à élever la rentabilité des investissements scolaires. Il faut donc éviter de faire une double comptabilité en additionnant le capital humain qui résulte de l'investissement propre de l'individu à une forme extérieure de capital humain qui serait transmis par les parents ou le « milieu social proche ». Cela aura des conséquences importantes pour la formalisation ou au moins l'interprétation de l'équation d'accumulation

⁵⁶ « L'idéologie du don », i.e. l'oubli des conditions sociales de la transmission rappelle néanmoins que cette influence intergénérationnelle est aussi en partie invisible.

⁵⁷ Pour Bourdieu et Passeron [1970, p 146], l'exigence scolaire en ce domaine serait d'ailleurs telle que l'on pourrait affirmer que « l'inégale distribution entre les différentes classes sociales du capital linguistique scolairement rentable constitue une des médiations les mieux cachés par lesquelles s'instaure la relation entre l'origine sociale et la réussite scolaire ».

⁵⁸ En réalité, si l'on voulait vraiment être très précis, peut-être inutilement, on devrait dire que les services (3) et même (4) fournis par les parents peuvent aussi dans une certaine mesure exercer un effet directement productif en dehors de tout apprentissage scolaire.

dans le secteur d'accumulation des modèles d'éducation. On reviendra sur ce point ainsi que sur la question importante de l'internalisation du « legs » du capital humain dans la troisième partie

II.4.4 LA QUESTION DES « AUTRES EXTERNALITES EDUCATIVES »

On a indiqué précédemment que les seules externalités éducatives susceptibles d'importer pour la croissance se rapportaient à l'héritage culturel. Pourtant, beaucoup d'autres phénomènes, considérés comme essentiels, sont évoqués dans la littérature sous ce concept. Comme leur présentation est souvent générale, l'interprétation exacte n'est pas toujours évidente. On peut penser que cette imprécision tient avant tout à la difficulté d'avancer des cas concrets que l'on puisse sans discussion qualifier d'externalités. Pour toutes les raisons déjà évoquées, le travail d'explicitation est pourtant essentiel et on voudrait le mener ici une nouvelle fois, en s'efforçant d'être à peu près exhaustif au risque d'être caricatural.

La première idée qui revient presque toujours est celle selon laquelle l'éducation favoriserait pour le bien commun la diffusion du progrès technique. On peut entendre plusieurs choses sous cette idée :

- L'éducation élève la capacité d'apprentissage des individus.
- elle offre aux individus le moyen d'acquérir les connaissances techniques nouvelles, ce qui permet de *concrétiser* le progrès technique, pour reprendre le mot de Maddison [1995]⁵⁹.
- elle engendre des attitudes favorables à la modernité qui inclinent les firmes à adopter plus rapidement les techniques ou les consommateurs à se porter sur les biens des industries à fort potentiel de développement technologique, et ceci, soit en luttant contre les réticences induites par des opinions mal informées, soit en donnant aux individus la capacité d'utiliser des matériels sophistiqués.

Dans chacun de ces cas, l'individu tire effectivement profit de son éducation et l'on peut admettre que cela ne peut être que favorable pour la collectivité. Mais dire qu'une action profite indirectement aux autres ne suffit pas pour la désigner comme une externalité ; il faut encore que cet effet passe en dehors du marché. Or les exemples précédents ont en commun de présenter une situation où les autres agents économiques ne sont susceptibles d'être affectés qu'à travers le marché. Les firmes clientes de celles qui adoptent plus rapidement le progrès technique n'auront un avantage qu'en raison de la réduction du prix et/ou de l'amélioration de leurs inputs. De la même manière, elles ne bénéficieront de l'augmentation de la capacité générale d'apprendre des individus que pour autant qu'elles en payent le prix sur le marché du travail.

⁵⁹ « L'élévation des niveaux d'éducation a contribué à « concrétiser » le progrès technique en ce sens que la teneur des programmes éducatifs s'est modifiée au fil du temps, s'adaptant au volume croissant des connaissances. On a pu assister à une véritable prolifération des disciplines intellectuelles spécialisées destinées à faciliter l'assimilation des connaissances et à promouvoir leur développement par la recherche ». Maddison [1995, p 36]

Dans ces exemples, la décision d'éducation n'est donc pas en soi génératrice d'effets externes. Et si le niveau d'éducation est sous-optimal, c'est d'abord et avant tout en raison de la myopie des agents économiques. On sait que dans une économie de marchés décentralisée et concurrentielle, la recherche de l'intérêt personnel va souvent dans le sens de l'intérêt général. Mais l'un des corollaires est que si des individus recherchent mal leur propre intérêt, alors cela peut aussi nuire aux autres agents. De ce point de vue, il n'y a pas de différences à faire entre la « perte » que subissent les individus éduqués dans les exemples précédents, et celle dont sont victimes une partie de ceux qui entrent en interaction avec des agents économiques mal informés opérant des mauvais choix, en matière de consommation, d'investissement, de technologies etc.... (par exemple les salariés et créanciers d'une entreprise qui fait faillite). Mais précisons-le tout de suite, cette idée n'est pas contradictoire avec le fait que l'éducation puisse donner à l'individu l'opportunité de bénéficier d'effets externes.

L'autre effet parfois invoqué, sur lequel revient Malinvaud [1995, p 12], est que l'éducation, qui passe notamment par l'alphabétisation, le développement d'une capacité de calcul ou d'abstraction « *facilite la conception et la conclusion de contrats de plus en plus complexes [...] ; ce qui permettrait à la société d'avoir des institutions et des pratiques économiques sophistiquées et efficaces* ».

Le bénéfice de l'éducation pour les individus est une nouvelle fois patent mais on a bien de la peine à trouver des cas concrets d'externalités associés à cette idée. De quelle manière par exemple le contrat qui lie deux ou plusieurs agents économiques pourrait-il dépendre, sans la médiation du marché, du niveau général d'éducation des autres individus ? Le fait que certaines formes de contrats ne soient pas possibles en raison de l'insuffisance du niveau d'éducation pour aller vite de l'un seulement des contractants ne peut être à l'origine d'une perte pour les autres contractants que dans le contrat qui les lie, i.e. par le marché. Et le coût qu'ont à assumer collectivement les individus pour financer les programmes publics qui visent à corriger ex post la myopie des agents constituent des coûts collectifs de redistribution et non des déséconomies externes. Difficile également de qualifier d'externalité le lien entre l'éducation d'une part et l'utilité que tirent les individus de la baisse de la natalité d'autre part.

A bien y réfléchir, le seul cas d'effet externe possible et encore très indirect tient à ce que l'éducation favorise l'adoption de biens liés entre eux par des externalités de réseaux, i.e. des biens dont l'utilité ou la valeur productive augmente avec le nombre d'utilisateurs. On peut citer certains moyens de communication (téléphone, internet..) et certaines formes de moyens de paiements (chèque, carte bancaire) ainsi que les services qui y sont associés (retrait automatique, possibilité d'effectuer des opérations à distances..). Mais, il est difficile une nouvelle fois d'en faire la base de phénomènes essentiels pour la croissance économique.

II.4.5 REMARQUE : LES EXTERNALITES « INSTITUTIONNELLES »

On pourrait étendre encore davantage la signification des externalités en incluant également la diffusion des informations « techniques » sur les institutions d'un pays et parler alors d'externalités « institutionnelles ». Cette idée semble étrange a priori. Elle survient

pourtant logiquement lorsqu'on pousse jusqu'au bout le concept d'externalité. Car en fait, pas plus que la technologie ou les marchés, les institutions d'une économie ne sont totalement indépendantes des autres pays. L'élaboration des constitutions, l'organisation des pouvoirs juridiques, législatifs, exécutifs, les règles et les lois édictées dans un pays, en bref ses institutions, ont presque toujours été influencées, dès que les peuples ont commencé à communiquer, par ce qu'avaient déjà fait les autres, fût-ce pour s'y opposer.

Combien d'institutions cruciales pour le développement économique ont-elles été importées et presque systématiquement copiées, pendant la période coloniale ou post-coloniale dans les pays où la constitution de l'Etat est moins avancée⁶⁰ ? Combien de politiques économiques et de lois élaborées dans un pays se sont-elles servies des expériences menées dans d'autres pays ? Après tout, une grande partie des travaux des juristes, des économistes, des sociologues ou autres ne consistent-elles pas justement à tirer des enseignements de l'histoire, et en particulier de l'histoire des autres économies ? Il est difficile ne pas considérer que ce soit là un phénomène essentiel, et même un phénomène influençant directement le taux de croissance. Il vaut sans doute mieux cependant ne pas pousser trop loin l'analogie avec les externalités traditionnelles et considérer cette idée d'externalités institutionnelles comme une simple remarque.

III EXTERNALITES INFORMATIONNELLES ET REGULATION MARCHANDE

En dépit de certaines clarifications qui ont conduit à rejeter l'interprétation de certains phénomènes comme externalités, les éléments présentés en II.2 et II.3 donnent une bonne image de l'ampleur des externalités informationnelles dans le fonctionnement du système économique. La possibilité que de tels effets externes, très hétérogènes, soient si répandus soulève néanmoins deux grandes questions : Dans quelle mesure ces externalités sont-elles internalisées ? Et comme à l'évidence, toutes ne peuvent pas l'être, quels sont les mécanismes concrets qui, à côté des brevets et des clauses de non concurrence, garantissent une incitation minimale à la production de connaissance ?

Pour progresser dans le raisonnement et éviter les répétitions, on traitera la seconde question (incitation) avant la première (internalisation) de manière à se faire une juste idée des gains potentiels de la coopération⁶¹. Auparavant, il est indispensable de définir correctement la notion de coûts d'appropriations des effets externes si particulière aux externalités informationnelles.

⁶⁰ Naturellement, certaines influences se sont naturellement plutôt apparentées à ce qu'on pourrait appeler en suivant l'analogie, des externalités négatives.

⁶¹ On aurait pu adopter la démarche inverse, présenter les limites de l'internalisation puis montrer qu'en dépit de ces limites, la persistance de flux externes n'engendrait pas d'effet nécessairement d'effets désincitatifs importants mais comme il est indiqué, on n'aurait pas pu disposer d'une juste idée de l'intérêt de la coopération.

III.1 LES COUTS D'APPROPRIATION

III.1.1 L'APPROPRIATION NECESSAIRE DES EXTERNALITES INFORMATIONNELLES

Comme les externalités physiques, les externalités informationnelles déforment différemment des fonctions de production différentes. Leur particularité essentielle provient de ce que la non-exclusion partielle de la connaissance produite par une entreprise ne se traduit pas immédiatement par un bénéfice pour les autres entreprises. Il n'y a pas de dépendance technique au sens strict et l'on peut parler sans paradoxe de *coûts ou de conditions d'appropriation*.⁶² Ceux-ci peuvent être définis comme les coûts de recherche et de compréhension des informations externes existantes. Un flux de connaissances externes ne constitue une externalité que si l'entreprise peut se les approprier⁶³ dans une activité systématique d'imitation (a), dans le cadre d'un programme de R&D (b), ou dans une phase normale d'apprentissage (c).

L'existence de coûts substantiels dans le cas (a) ne fait aucun doute. Ils résultent essentiellement de ce que l'imitateur est toujours amené à refaire une certaine partie des étapes de l'innovateur : création du prototype, ajustement, design, investissement matériel, etc... Leur caractère d'évidence ne nécessite pas davantage de discussion. Pour information, on peut simplement citer Levin [1986] ou encore l'enquête menée par Mansfield, Schwartz & Wagner [1981] déjà citée qui a montré que le coût d'imitation était égal à environ 65% du coût d'innovation et avait nécessité en moyenne 70% du temps mis par l'innovateur. Des écarts importants ont néanmoins été observés. Dans 1/7e des cas, le coût d'imitation était même supérieur au coût d'innovation. Evidemment, tous les coûts d'imitation ne peuvent pas s'assimiler à ces coûts d'appropriation des flux externes de connaissance mais on peut penser qu'ils en sont un bon indicateur.

Les deux autres formes d'appropriation des informations techniques externes soulèvent plus de questions parce qu'elles ne sont généralement considérées que comme le sous-produit d'une autre activité : sous-produit de l'activité de recherche dans le cas (b), sous-produit de l'activité principale de production dans le cas (c). Examinons-les rapidement.

III.1.2 LE SECOND OBJECTIF DE LA RECHERCHE-DEVELOPPEMENT

Contrairement à leur formalisation usuelle, les externalités dans le secteur de la recherche n'ont en pratique aucun caractère automatique et dépendent de la capacité des firmes à assimiler et à exploiter l'information existante. Or cette capacité est fournie par la recherche elle-même. En fait, on peut dire que la R&D est une activité particulière qui produit non seulement des nouveaux biens ou nouveaux procédés mais aussi son principal moyen de production : la capacité à exploiter les spillovers. Celle-ci s'inscrit largement dans les cerveaux, i.e. dans le capital humain du personnel de recherche de l'entreprise et l'on comprend pourquoi la R&D est à ce point non seulement utilisatrice mais surtout formatrice de capital humain.

⁶² Il ne faut confondre *conditions d'appropriation* avec la notion d'*appropriabilité* qui est synonyme d'exclusion.

⁶³ On exclut ici le cas le phénomène de diffusion par la mobilité du travail dont on a présenté toute la particularité ainsi que le cas des externalités éducatives.

Il importe de noter que l'amélioration de cette capacité ne provient pas d'un apprentissage au sens du "learning by doing" mais simplement de l'investissement nécessaire à l'appropriation des effets externes de la recherche. L'activité de recherche est de manière indissociable une activité de production et d'investissement. Et c'est le caractère relativement invisible de cet investissement qui fonde l'illusion que la connaissance est un bien public, i.e. appropriable sans coût [Cohen et Levinthal, 1989]. L'enquête menée auprès d'un millier d'entreprises américaines par Levin [1986] montre ainsi par exemple que la R&D interne est le principal moyen d'information des grandes firmes qui tentent de reproduire avec leur propres moyens des découvertes faites par d'autres. Viennent ensuite les licences, la rétro-ingénierie, les publications et colloques, l'embauche des travailleurs provenant des firmes innovatrices, et la lecture des brevets déposés⁶⁴.

L'une des questions importantes tient évidemment à la rentabilité de cette activité de R&D. Il existe toute une littérature qui s'efforce de déterminer quantitativement l'influence des externalités dans la recherche-développement. L'une des méthodes les plus utilisées consiste à intégrer dans une Cobb Douglas classique un stock de connaissances « externes » au secteur en plus du stock de connaissance qui lui est propre. Ce stock est construit comme la somme pondérée des stocks de R&D de chaque industrie, les poids étant proportionnels à la proximité technologique entre les industriels mesurée par les flux interindustriels d'intrants intermédiaires ou les citations de brevets (Jaffe [1986]). En utilisant une telle méthode pour l'industrie canadienne sur la période 1973-1986, Ducharme et Mohnen [1996] par exemple estiment que les taux de rendements sociaux sont en moyenne de 50% à 100% plus élevés que les taux de rendements privés.

La diversité des méthodes et les difficultés liées à de telles estimations donnent naturellement des résultats variables selon les cas étudiés. Dans un survol de la littérature de 1990, Mairesse et Mohnen montraient par exemple que les moyennes des taux de rendements privés estimés cette fois-ci à partir des fonctions de coûts variaient entre 5% et 55%, et pour les taux de rendement social, entre 15% et 85%. Comme l'indiquent les auteurs, bien que les estimations de chaque étude considérée séparément puissent souvent paraître fragiles, leur conjonction n'en semble pas moins probante.

III.1.3 UNE FORME PARTICULIERE D'APPRENTISSAGE

Dans leur sens le plus étroit, les gains d'apprentissage désignent ceux qui surviennent spontanément et gratuitement dans l'activité même de production. Mais cette vision est très limitative. D'une part, l'apprentissage se réalise dans toutes les domaines de l'activité de l'entreprise : organisation, distribution, marketing, gestion... D'autre part, il exige la plupart du temps des dépenses significatives. Le raisonnement économique sur l'accroissement des connaissances considère certes en général deux formes opposées : L'apprentissage

⁶⁴ Parce qu'il existe dans la réalité de nombreuses voies pour résoudre un même problème technique, mais surtout parce qu'il existe un avantage économique certain à être prêt au moment où la sélection technique aura été opérée, on peut même dire que la R&D pourrait bien en fait être aussi dirigée en vue d'un troisième objectif moins 'technique' qui est celui « de se tenir simplement au courant ».

(automatique) et la recherche. Mais comme le notait déjà Arrow [1969], la distinction n'est pas claire. Elle se justifie essentiellement par la nécessité d'une classification. Entre les deux, il existe d'autres types d'apprentissage qui ont rarement un caractère gratuit et qui traduisent un progrès technique de type essentiellement incrémental⁶⁵. L'article synthétique de Malerba [1992] sur l'apprentissage est sans ambiguïté sur ce point⁶⁶.

Ces précisions étant faites, il est possible de dire sans paradoxe que l'apprentissage est dans la réalité, une activité de production de connaissances (et de capital humain) à part entière qui bénéficie pour cette raison des gains liés à l'observation de l'activité des autres firmes. Plus exactement, l'un des objectifs de l'apprentissage consiste justement à rechercher et à s'approprier les flux externes de connaissance technique présent dans « l'environnement ». Malerba [1992] ne se trompe pas ainsi lorsqu'il distingue parmi six formes majeures d'apprentissage, celle qui provient de la possibilité pour la firme « de bénéficier des spillovers interindustriels relatifs à ce que font des concurrents et les autres firmes de l'industrie ». Après tout, le bon cadre, le bon designer, le bon ingénieur est celui, qui dans la définition même de son poste, utilise toute l'information disponible de son environnement⁶⁷.

Il est évident que l'entreprise doit engager des dépenses significatives, en temps de travail essentiellement, pour bénéficier des flux externes d'information, quels que soient leur mode de diffusion : temps passé à lire les journaux et les revues, à fréquenter les salons, les conférences, les foires expositions, à discuter de manière informelle (au restaurant parfois) avec les collègues d'autres firmes pour glaner des informations ou même pour entretenir la qualité de ces relations⁶⁸. Toutes ces dépenses constituent ce que l'on a appelé des coûts d'appropriations des effets externes⁶⁹. Elles constituent une partie importante des coûts d'apprentissage. Et c'est uniquement parce qu'on a tendance à les négliger, que peut s'entretenir, comme dans le cas de la R&D, l'illusion selon laquelle les connaissances techniques externes pourraient être acquises quasi-gratuitement.

III.1.4 QUELQUES CONSEQUENCES

La prise en compte explicite de ces coûts d'appropriation ainsi que de l'intentionnalité de leur engagement est intéressante à plus d'un titre.

⁶⁵ En poussant le raisonnement, on pourrait même mettre en question la « gratuité » de l'apprentissage dans sa forme la plus traditionnelle puisque celui-ci est d'autant plus efficace qu'il est le fait d'un individu ayant investi dans son éducation.

⁶⁶ On reviendra dans la troisième partie sur les implications pour les modèles de croissance de l'aspect coûteux des activités que l'on peut ranger sous le vocable d'apprentissage.

⁶⁷ Dans certaines entreprises, les cadres sont ainsi astreints à la rédaction de « rapports d'étonnements » après la visite d'un client, d'un fournisseur ou encore à la suite d'un voyage à l'étranger.

⁶⁸ Les informations externes recueillies par les firmes sont parfois définies selon les moyens utilisés pour les obtenir. Si l'on en croit l'article de Derenbourg [1997] déjà cité, le jargon professionnel distinguerait ainsi l'information *blanche*, i.e. celle qui est disponible dans les revues, les bases de données, la documentation commerciale), l'information *grise*, qui résulte de conversations privées, de documents qui n'étaient pas destinés à être rendus publics), et l'information *noire* pour désigner celle qui provient de diverses techniques de l'espionnage : écoutes téléphoniques, faux entretiens d'embauche, etc...).

⁶⁹ Les échanges informels, sont cependant on l'a vu un cas très ambigu d'effet externe.

En premier lieu, elle rend les externalités moins mystérieuses. On accepte en effet d'autant plus facilement leur importance qu'on prend en considération leur recherche systématique, notamment dans l'activité normale d'apprentissage, et les coûts réels engagés pour les obtenir. Il est d'ailleurs habituellement admis que la capacité d'appropriation des informations externes devient décisive dans un monde où les biens sont de plus en plus différenciés et se renouvellent de plus en plus vite.

Deuxièmement, elle permet d'envisager les externalités comme une forme de *récompense* pour ceux qui « innovent » au sens où ces derniers n'en bénéficient seulement que dans le cadre de leur activité de production de connaissances techniques, que celle-ci prenne la forme de la R&D, de l'imitation ou d'un progrès technique plus incrémental. Cela veut aussi dire que les flux externes d'informations qui existent potentiellement dans l'environnement d'une firme réceptrice ne peuvent se traduire par un gain de productivité que parce que celle-ci s'engage dans une activité d'innovation.

Cette idée d'externalité comme récompense, somme toute assez évidente, se vérifie par exemple dans l'enquête auprès d'un groupe de PME de Le Bas & Geniaux [1995] qui montre que moins les entreprises sont innovantes, plus l'acquisition de ressources technologiques passe par le marché et moins elles sont susceptibles de bénéficier des externalités de connaissance. C'est seulement si on fait l'hypothèse selon laquelle il y a toujours et continuellement un phénomène d'apprentissage minimum dans les firmes qu'on peut admettre l'idée que toutes les entreprises bénéficient à un degré divers des externalités mais clairement, il s'agit d'une hypothèse simplificatrice, principalement valable au niveau macro-économique. Par contre il faut avoir à l'esprit que les externalités ne sont pas réservées aux seules entreprises déjà existantes mais profitent également aux entreprises qui se créent ou à celles qui se diversifient parce que cette création est inévitablement l'occasion d'une production de connaissance technique. Que la nouvelle firme imite ou innove, dans les deux cas, elle bénéficie d'informations techniques cruciales sur la manière d'organiser la production, sur les technologies prometteuses et celles qui ne le sont pas, etc..

La reconnaissance explicite des coûts d'appropriation conduit enfin à poser la question, qui n'a pas de sens pour les externalités physiques, de l'optimalité des dépenses engagées par les agents pour s'approprier les flux externes de connaissance technique. Les coûts d'appropriation ne dépendent pas seulement en effet d'une capacité donnée à comprendre cette information (connaissances déjà acquises, expérience...). Ils dépendent aussi du degré auquel on veut comprendre une information, i.e. du montant des coûts que l'on est prêt à assumer pour s'approprier une information. L'ingénieur d'une entreprise peut par exemple se contenter de lire le brevet déposé par une autre firme mais il peut aussi vouloir explorer davantage cette information en réalisant des recherches complémentaires, des tests, voire un prototype. Il n'y a donc pas à proprement parler de coûts d'appropriation d'une information technique mais une échelle de coûts d'appropriation.

Et comme le degré auquel on veut s'approprier des connaissances dépend de la probabilité subjective de les utiliser, les dépenses engagées par les agents économiques pour

bénéficier des connaissances techniques externes ont peu de chances d'être optimales. Comme l'a fait remarquer Arrow [1962a], il y a là une « incertitude fondamentale ». Il est impossible pour un individu de juger a priori la valeur de ces connaissances. Cela n'empêche pas, on l'a déjà vu, l'échange marchand des informations techniques mais cela les circonscrit néanmoins à certains types d'informations. On notera au passage que c'est pour cette raison que certains programmes publics cherchent à encourager non la production de connaissances à l'origine d'effets externes mais la capacité des agents à se les approprier (par exemple en France l'Agence Régionale d'Information Scientifique et Technique).

III.2 INCITATION ET EXTERNALITES

III.2.1 LA RELATIVISATION DE L'EFFET DESINCITATIF DES EXTERNALITES

La question que l'on voudrait maintenant soulever avant d'aborder le problème de l'internalisation a trait à l'incitation à la recherche en présence d'externalités. Comment est-il possible de garantir une incitation minimale à la production de connaissances techniques en dehors des mécanismes légaux au domaine d'application réduit tels que les brevets et les clauses de non concurrence ? Comment éviter que des comportements stratégiques d'attente prédominent ?

Il n'est pas possible de répondre de manière unifiée à ce genre de questions étant donné que de nombreux facteurs plus ou moins indépendants apparaissent. Mais il est utile de les présenter pour relativiser les problèmes d'incitations qui se posent en pratique aux entreprises en l'absence de toute internalisation. On peut ainsi distinguer en particulier :

- ♦ Les délais de diffusion de l'information et les délais d'imitation.

Même s'il sont parfois relativement courts, ils résolvent une grande partie des problèmes liés à l'incitation en garantissant une période minimale de rente pour l'entreprise nécessaire à l'amortissement de ses coûts fixes de recherche. On peut citer une nouvelle fois sur ce point l'enquête de Mansfield, Schwartz & Wagner [1981, p 910] :

«D'après nos résultats, il apparaît que les innovateurs introduisent de manière routinières de nouveaux produits en dépit du fait que les autres firmes peuvent imiter ces produits en consacrant environ 2/3 ou moins du coût et du temps dépensé par l'innovateur. Dans certains cas, cela est dû à d'autres barrières à l'entrée mais [...] dans une grande mesure, cela semble être attribuable au sentiment de l'innovateur pour qui, même si les imitateurs apparaissent en quelques années, l'innovation reste profitable ».

- ♦ La possibilité pour une entreprise d'exploiter les avantages divers associés à l'exploitation d'une position de leader.

On parle parfois à ce propos d'asymétrie temporelle. L'innovateur crée une barrière à l'entrée qui handicape les imitateurs/suiveurs en termes de coût. On cite souvent ce facteur à propos du cas des semi-conducteurs.

- ♦ Le caractère inter-industriel de nombreux effets externes qui ne sont pas à l'origine de désavantages concurrentiels pour l'entreprise.

Il est en effet évident que les externalités informationnelles n'induisent pas nécessairement des imitations directes mais peuvent plutôt conduire au développement de produits totalement différents, réduisant ainsi considérablement tout effet négatif sur l'incitation de l'émetteur. On peut penser par exemple que les informations liées à l'organisation de l'entreprise, le management, les circuits de distribution, la politique de marketing sont particulièrement représentées dans cette catégorie.

- ♦ Le cloisonnement géographique des marchés qui implique qu'une entreprise puisse être imitée dans une autre aire géographique sans aucun préjudice sur son profit potentiel.

- ♦ Le caractère individuellement minime en terme concurrentiel de certaines informations techniques.

C'est cet aspect qui rend possible la diffusion volontaire de certaines informations par le producteur pour des raisons publicitaires dirigées vers ses clients ou ses actionnaires. L'important alors est moins l'information transmise dont la valeur est jugée très faible pour l'entreprise que le fait qu'on parle d'elle.

- ♦ L'existence de coûts d'imitation parfois prohibitifs qui empêchent ou retardent l'imitation.

Comme on l'a déjà dit, le brevet par exemple ne résume pas toute l'innovation. L'invention de base, sanctionnée par un brevet, laisse presque toujours de très nombreux problèmes en suspens. Il faut souvent réaliser d'autres opérations de mise au point technique, qui sont devenues très coûteuses dans certaines activités (chimie, électronique, aéronautique) et se situent à un très haut niveau de technicité. Il est fréquent que de véritables inventions soient faites pendant cette phase de mise au point. Levin [1986] note ainsi que dans l'industrie aéronautique, une bonne partie de la protection des nouveaux produits provient de la difficulté inhérente et les coûts élevés de la rétro-ingénierie de systèmes complexes aux multiples composants.

Tous ces facteurs expliquent ainsi le résultat de Mansfield, Schwartz & Wagner [1981] qui établissent dans le cadre de l'enquête précédemment mentionnée que près de la moitié des innovations brevetées auraient été introduites même en l'absence de brevet et que cette proportion passe même aux trois quarts si l'on exclut les innovations pharmaceutiques.

III.2.2 UNE SITUATION EXTREME : L'INVENTION COLLECTIVE

Dans le même ordre d'idée, Allen [1983] a montré que la totalité du progrès technique dans l'industrie de l'acier au XIX^e siècle dans le district de Cleveland en Angleterre avait pu être soutenue malgré (mais Allen préfère dire « grâce à ») la diffusion publique quasi automatique des connaissances techniques issues de l'apprentissage. Allen a retrouvé tous les canaux habituels de la diffusion non marchande des connaissances : visites des entreprises par les concurrents, mobilité du personnel, échanges informels et surtout publication quasi-automatique dans les revues techniques professionnelles et les conférences des résultats obtenus, des températures atteintes et de la taille des cheminées.

Comme il le fait valoir, le caractère systématique de la diffusion des connaissances techniques inciterait plutôt à décrire cette situation comme une forme *quasi-institutionnelle d'invention*, une sorte d'*invention collective* qui devrait être vue comme une réponse cohérente à l'environnement légal et technique de la production d'acier à cette époque caractérisé par des améliorations techniques mineures et non brevetables, l'incapacité de la firme à maintenir secrètes ses innovations même si elle le désirait et enfin le désir de la firme de faire la publicité de ses réussites même si elle encourt par ailleurs un risque de diminution de son profit du fait de la divulgation. Tant que l'accumulation du capital est restée importante, une telle « institution » était loin d'être aberrante.

III.3 ACCORDS VOLONTAIRES DE COOPERATION

III.3.1 INFORMATION TECHNOLOGIQUE ET ALLOCATION DES RESSOURCES

En présence d'externalités positives pareto-pertinentes, l'allocation est sous-optimale parce que l'émetteur ne tient pas compte dans sa décision des effets positifs que son activité exerce sur d'autres agents économiques : Telle est la conclusion de l'analyse traditionnelle basée sur les externalités physiques. En tant qu'externalité, l'externalité informationnelle induit le même type d'inefficacité (on parlera d'*inefficacité de type I*). Mais ainsi qu'on l'a déjà dit, l'une des particularités de l'externalité informationnelle est que son émission peut nuire à son émetteur, ce qui implique qu'elle puisse être alors indirectement à l'origine de deux autres types d'inefficacité non indépendants qu'on doit avoir à l'esprit lorsqu'on aborde la question des arrangements contractuels que nouent les agents en présence d'effets externes.

Le premier est un *défaut d'incitation à l'innovation* (inefficacité de type II) auquel conduit un degré d'exclusion trop faible ou trop rapide et qui se traduit par la sous-optimalité des ressources engagées dans la production de connaissances étant donné l'exploitation concurrente par les récepteurs des informations diffusées de manière externe.

Dans le cas extrême où il y aurait une diffusion externe complète et instantanée de toute l'information technologique aux agents économiques pouvant l'utiliser de manière concurrente, le défaut d'incitation serait tel qu'il interdirait ex ante toute forme d'innovation. C'est pour cette raison qu'une économie décentralisée ne peut soutenir un processus de production de

connaissances que si l'entreprise peut exclure, au moins partiellement et provisoirement, les autres entreprises des connaissances qu'elle produit lui conférant ainsi un pouvoir de marché, lequel constitue une autre inefficacité (inefficacité de type III). Arrow [1962a, p 172] résumait déjà parfaitement cette idée :

« Dans une économie décentralisée, la profitabilité d'une invention exige une allocation sous-optimale des ressources. Le seul moyen de garantir une incitation suffisante à l'invention est de garantir juridiquement la propriété de l'information produite, et plus on y réussit, et plus l'information est sous-utilisée du point de vue de la simple allocation des ressources ».

Il existe enfin un dernier type d'inefficacité dont l'externalité n'est pas la cause mais sur laquelle elle agit. Il s'agit de l'inefficacité qui résulte de *l'absence de diffusion complète d'informations non rivales* (inefficacité de type IV). Comme le faisait valoir une nouvelle fois Arrow [1962a], l'allocation optimale des ressources exige la distribution illimitée de tout bien non rival comme l'information. S'il existe un bien dont tout le monde peut profiter « gratuitement », il est contraire à l'efficacité qu'ils n'y aient pas accès. Sans cet accès, les agents économiques sont amenés à re-produire chacun de leur côté ces informations, ce qui constitue un gaspillage des ressources d'un point de vue social. En fait, cette inefficacité est propre à un monde où il existe, non des externalités informationnelles, mais des informations technologiques non rivales. Mais il est nécessaire de l'invoquer ici car on observe que cette inefficacité est d'autant plus faible, toutes choses égales par ailleurs, que l'information se diffuse de manière externe à tous les agents économiques susceptibles d'en bénéficier.

Il est clair dans ce qui précède que le degré avec lequel se pose chaque type d'inefficacité n'est pas indépendant de celui des autres et qu'il dépend de la forme de l'effet externe. On peut faire plusieurs remarques :

- Les inefficacités de type II et III ne se posent que dans le cas où l'émission de biens externes se traduit par un désavantage concurrentiel pour l'émetteur, ce qui n'est pas automatique, notamment lorsque les externalités sont intersectorielles ainsi qu'on l'a déjà vu.

- Si l'entreprise parvient à exclure totalement les autres des informations technologiques qu'elle produit et à qui elles profiteraient, il n'y a pas plus d'externalité. Il ne se crée donc plus d'inefficacité de type I mais les inefficacités de type III et IV sont accentuées. Contrairement aux externalités physiques telles qu'elles ont été traditionnellement étudiées dans la littérature, la fixation de droits de propriétés *totaux* à la connaissance, en supposant que cela soit réalisable, ce qui n'est pas le cas, ne rapproche donc pas de l'optimum parétien étant donné la nature non rivale des connaissances mais aussi la perte d'efficacité statique associée au monopole.

- En inversant la proposition, on peut dire que les externalités informationnelles peuvent rapprocher l'allocation d'équilibre d'une économie décentralisée dans laquelle on produit de la connaissance de son optimum parétien parce qu'elles diffusent un bien non rival dont l'efficacité exige qu'il soit librement accessible et parce que elles réduisent les inefficacités statiques associées au comportement de monopole, notamment en évitant toute stratégie de

« chien méchant » consistant à accumuler le plus rapidement le maximum d'expérience afin de dominer un secteur. Ce rôle positif des effets externes pour l'allocation des ressources est désormais largement reconnu. Il justifie notamment la forme institutionnelle prise par les brevets.

Remarque : Les deux autres inefficacités liées à l'incertitude dans la production ou l'échange d'informations technologiques.

S'il n'y avait d'autres sources d'inefficacités pour les entreprises que celles dont on a parlé jusqu'à présent, les motifs des arrangements passés entre les agents seraient déjà multiples mais resteraient encore assez transparents pour l'analyse. En réalité, comme les externalités informationnelles sont irréductiblement liées à la production de connaissance, il n'est pas possible d'analyser les arrangements contractuels sans prendre en compte les deux types d'incertitude caractérisant cette production ou son offre sur le marché :

- l'incertitude inhérente à toute production de connaissance sur la nature et la valeur de l'output qui sera réalisé.
- mais aussi l'incertitude sur la valeur des dépenses à engager pour se l'approprier de manière marchande *ou non* puisque l'on ne peut connaître précisément la valeur d'une information avant de la posséder.

Cette double incertitude est à l'origine d'autres inefficacités dans une économie décentralisée qui doivent aussi inciter les agents à passer des accords⁷⁰.

III.3.2 LA DIVERSITE EXTREME DES ARRANGEMENTS

III.3.2.a) Diversité et entrecroisement des motifs de la coopération dans le secteur technologique

Les différentes inefficacités dans l'allocation des ressources que l'on a distingué précédemment sont des inefficacités du point de vue de l'économie dans son ensemble. Mais on peut aussi considérer qu'*individuellement*, elles créent chacune des opportunités pour la collaboration des firmes concernées car il y a des gains potentiels associés à la réduction de chaque type d'inefficacité. On peut coopérer pour limiter l'inefficacité traditionnelle de type I, un défaut d'incitation, un pouvoir de marché exorbitant ou la duplication inutile de la recherche. On peut aussi coopérer pour réduire les coûts entraînés par l'incertitude inévitable dans la production de connaissance ou la quasi-inexistence d'un marché des « informations technologiques ».

⁷⁰ Au risque d'alourdir une nouvelle fois le propos, il faudrait aussi noter que le fait que la connaissance soit aussi le principal input dans la production de connaissances renforce la difficulté à établir une allocation optimale des ressources dans l'activité d'innovation notamment parce que la valeur de la connaissance technique à utiliser pour produire d'autres connaissances techniques est beaucoup plus hypothétique que la valeur de son utilisation dans la production.

Etant donné la non indépendance des inefficacités, la coopération a cependant des effets multiples que les firmes s'efforceront d'intégrer au mieux dans leur négociation. Par exemple, les accords que peuvent passer les firmes afin de résoudre prioritairement le gaspillage social que constitue la re-production des résultats de la recherche tiendront inévitablement compte des effets qu'un tel accord aura sur les incitations de chaque firmes à produire, le risque qu'elles prendront dans cette technologie, ou encore leur pouvoir de marché.

Ce sont ces raisons qui expliquent que la liaison entre la forme et le motif des accords soit beaucoup moins claire empiriquement et rendent l'analyse si complexe.

III.3.2.b) Intérêt privé et intérêt collectif

Lorsque l'on raisonne toutes choses égales par ailleurs, i.e. lorsqu'on ne tient pas compte de l'interdépendance entre les inefficacités, tous les accords de coopération entre les firmes ayant pour objectif d'exploiter les gains potentiels associés à la réduction de ces inefficacités améliorent aussi l'allocation des ressources au niveau social.

Cette correspondance entre l'intérêt privé et l'intérêt social de la coopération n'est plus nécessairement vérifiée lorsqu'on prend en compte l'interdépendance des inefficacités et en particulier l'arbitrage nécessaire entre pouvoir de marché et incitation à l'innovation. Le problème tient en effet à ce que de nombreux accords n'ont pas pour objectif d'établir le meilleur compromis au niveau social, mais cherchent davantage à créer ou renforcer le pouvoir de marché des signataires de l'accord aux dépens d'autres firmes non signataires.

Un petit nombre de concurrents peuvent par exemple coopérer pour gagner des parts de marché sur les autres concurrents. Mais il peut aussi s'agir d'une réaction de défense des principaux acteurs sur le marché contre les entrants potentiels ou l'émergence de produits substituables. Dans tous les cas, les collusions horizontales ne sont pas rares et peuvent même prendre la forme explicite de clauses annexes qui empêchent les firmes partenaires de se concurrencer sur le marché du produit.

En théorie comme en pratique, beaucoup de choses sont donc possibles. L'enseignement essentiel ici est que si les contraintes technologiques de diffusion des informations ainsi que les ressources engagées par les entreprises pour protéger leurs innovations sont suffisantes pour garantir une incitation minimale à la recherche, alors on doit conclure pour les raisons précédentes que les coopérations ont un effet ambigu sur l'efficacité de l'allocation des ressources d'un point de vue social.

III.3.2.c) Les arrangements en pratique

Lorsqu'on observe la réalité, on est frappé par la diversité et l'importance des formes de coopération en dehors des fusions et absorptions: associations techniques professionnelles, syndicats professionnels, associations de fabricants, associations liant recherche académique et appliquée, etc... mais aussi partage des compétences technologiques ou matérielles, exécution d'activités communes de recherche-développement à un stade pré-compétitif ou non et dans les

cadres juridiques les plus divers, échanges croisés de licences, visite des laboratoires, échanges de bases de données ou de résultats, échanges informels entre les techniciens, etc..

En fait, cette diversité des formes des arrangements ne tient pas seulement aux nombreux motifs de coopération mais aussi à la diversité des formes de connaissances : tacites ou codifiées, fondamentales ou appliquées. Les échanges de licences correspondront par exemple davantage aux connaissances codifiables. Les accords de recherche seront quant à eux d'autant plus facilement réalisables qu'ils concernent des domaines plus fondamentaux communs aux différentes entreprises d'un même secteur.

Il n'est pas question ici de chercher à établir une typologie des accords en fonction des situations concrètes auxquelles sont confrontées les entreprises mais il est extrêmement intéressant de montrer les subtilités des arrangements dont le seul objectif est de limiter les gains liés à l'inefficacité de type I (et concernant donc uniquement les externalités n'affectant pas de manière négative leurs émetteurs). Avant cela, on peut faire trois remarques sur ce qui précède :

- D'abord il est possible de distinguer les accords selon qu'ils sont conclus avant ou après la production de connaissance. Lorsque cela est possible, les entreprises devraient être normalement inclinées à préférer le premier type d'accord parce qu'il permet d'éviter plus facilement la duplication des résultats de la recherche.

- Ensuite chaque entreprise peut être amenée à établir plusieurs types de coopérations avec d'autres entreprises et cela à divers stades de la chaîne de création technologique (de la recherche fondamentale jusqu'à la commercialisation). Il peut être alors pertinent de parler d'un réseau, constitué de relation à la fois formelles et informelles, et d'organiser certains raisonnements descriptifs à partir de ce concept.

- Enfin et comme on l'a déjà noté, les collaborations ont aussi lieu entre le secteur privé et la recherche fondamentale publique. Ce qui rappelle au passage que cette recherche n'est pas aussi immédiatement accessible qu'on l'a longtemps laissé supposer.

III.3.3 QUELQUES FORMES SUBTILES D'ARRANGEMENT

III.3.3.a) Retour sur certaines formes de diffusion externe des informations

En l'absence d'effet négatif en retour, il est parfois possible pour l'entreprise émettrice de tirer profit d'une manière ou d'une autre des externalités informationnelles qu'elle produit. On a vu quelques-uns de moyens dans la section II. Le premier concernait les échanges informels entre les techniciens qui reposent sur la logique du don/contre-don et que l'on peut considérer comme une forme grossière d'internalisation à condition d'accepter l'idée selon laquelle la firme tient implicitement compte dans son calcul de rentabilité de la recherche (ou dans sa probabilité de réussite) des informations qui seront glanées dans le cadre normal des échanges informels pour autant qu'elles soient significatives. Mais on a vu d'autres formes plus subtiles encore comme :

- le contrat implicite que peut nouer une firme avec les salariés de manière à conserver une partie des gains liés à la vente à une autre firme, à travers la mobilité du travail, de la connaissance non marchande et non « rivale » incluse dans l'expérience ;
- les termes du contrat plus avantageux que peut imposer une firme à un cabinet de consultant lorsqu'elle sait que celui-ci tirera particulièrement profit dans la suite de son activité de l'expérience et des informations diverses qu'il aura eu l'occasion d'obtenir lors de sa prestation ;
- ou encore la publicité gratuite qu'obtient une firme dans les magazines spécialisés en l'échange de « confidences » sur ses innovations, sa méthode d'organisation ou sa stratégie.

Ces exemples peuvent paraître fort peu représentatifs et en fait ils le sont. Le but ici n'est pas de montrer que toutes les formes d'externalités peuvent être internalisées d'une manière ou d'une autre puisque l'on verra qu'il existe des raisons très fortes qui expliquent que certaines ne puissent pas l'être. Il s'agit seulement de montrer jusqu'où il faut aller dans la description lorsqu'on s'efforce d'appliquer rigoureusement le concept théorique d'internalisation des effets externes à la réalité.

III.3.3.b) Réappropriation des droits de propriété sur les biens externes et stratégies de menace

Dans la partie consacrée aux externalités physiques, on avait représenté de manière extrêmement simple les gains potentiels d'une négociation entre un émetteur i et un récepteur j . On peut reprendre le même type de représentation en modifiant certaines hypothèses pour tenir compte d'une particularité de l'externalité informationnelle, à savoir la possibilité dont dispose l'émetteur dans certains cas d'exclure à peu de frais le récepteur du bénéfice des informations qu'il a produit⁷¹.

Partons pour commencer d'une situation où i exerce un effet externe sur j mais où il n'y a aucun gain à partager entre les deux agents économiques, le coût marginal d'une augmentation de la quantité de bien externe par i étant supérieur à l'équilibre, et avant toute négociation, à la disposition à payer de j . Dans un cas traditionnel où l'on admet que i ne peut pas agir sur la quantité de bien externe, l'allocation d'équilibre demeurera inchangée. Mais si on fait maintenant l'hypothèse que le coût d'exclusion est nul, il devient rationnel pour i de menacer d'exclure j de la consommation de bien externe de manière à capter une partie de son gain externe. Il s'agit en quelque sorte d'une réappropriation d'une partie des droits de propriétés sur le bien externe. Le résultat d'une telle négociation est inconnu a priori et il dépendra de la situation concrète dans laquelle se trouve les deux firmes.

⁷¹ En réalité, on pourrait aussi appliquer le raisonnement, de manière purement théorique au moins, aux externalités physiques. Mais en l'absence d'équivalent concret, cela aurait semblé assez artificiel.

Le schéma ci-dessous donne un cas possible de cette réappropriation où les parties s'entendent sur un prix unique. La surface ombrée représente la partie du gain repris à j. (On note au passage que z_e , la quantité de bien externe émise à l'équilibre ne figure plus à l'origine).

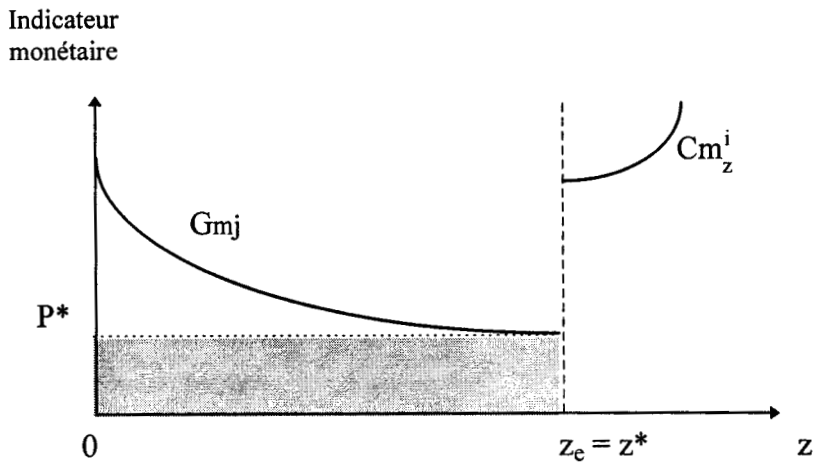


Figure II.9 : Réappropriation des droits de propriété sur les biens externes

Si l'on introduit un faible coût d'exclusion, la représentation graphique est légèrement modifiée :

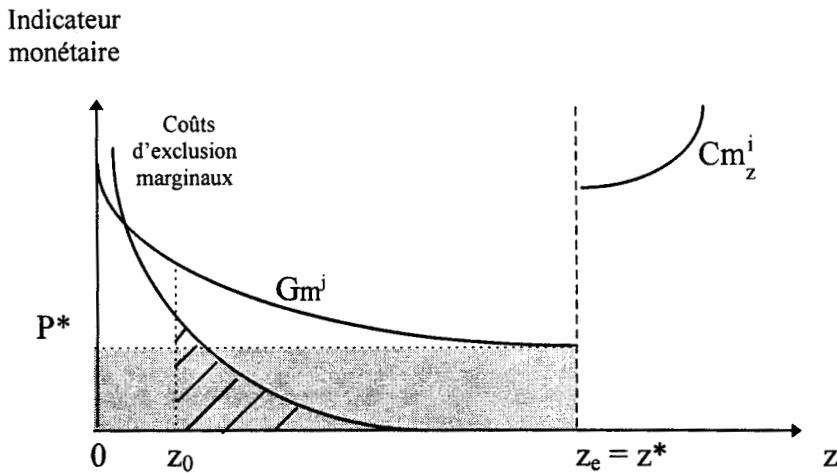


Figure II.10 : Réappropriation des droits de propriété sur les biens externes en présence de coût d'exclusions

Contrairement au cas précédent, on voit que si i produit z_0 , il est obligé d'assumer un minimum de coûts d'exclusion, représentée par la surface hachurée et qui constitue alors pour lui une perte sèche. Il est irrationnel naturellement de produire z_0 mais il peut être rationnel pour i de menacer de le faire afin d'obtenir un gain supérieur. Autrement dit, l'entrepreneur peut tout à fait prendre le risque de perdre une certaine somme pour en gagner davantage. Dans le cas où i parvient à imposer un prix P^* , ce gain est donné par la surface ombrée. On notera au passage, qu'à condition que les coûts de négociation soient nuls, une menace réussie n'agit que sur la redistribution et ne modifie donc pas l'optimalité de l'allocation.

Le même type de raisonnement permet également de penser qu'en présence d'externalité pareto-pertinente, la possibilité qu'à l'émetteur de se réapproprier à faible coût une partie des biens externes qu'il émet, puisse être utilisée dans la négociation pour lui permettre d'obtenir des termes de l'échange plus favorables, ce qu'illustre la représentation ci-dessous :

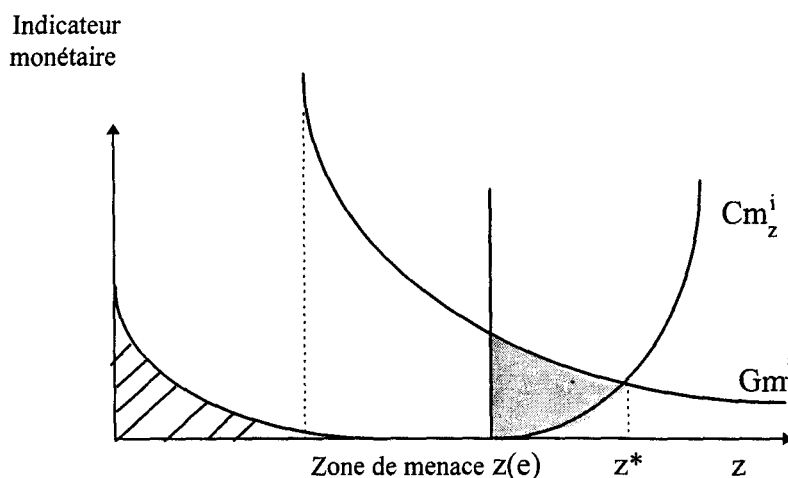


Figure II.11 : Stratégie de menace dans la réappropriation des droits de propriété sur les biens externes.

En l'absence de possibilité d'exclusion, la négociation conduirait à l'optimum au partage d'un gain social égal aux deux surfaces quasi-triangulaires ombrées foncées. Si la menace de i fonctionne, il captera une partie du gain externe de j , par exemple la partie supérieure de la surface ombrée. Par rapport à la situation d'équilibre, j ne bénéficiera alors d'aucun gain, mais il pourra continuer à bénéficier gratuitement des flux externes avant $z(e)$.

On pourrait sans aucun doute développer davantage encore cette idée mais à ce stade, la question importante que l'on peut se poser est celle de savoir si ces variations sur le terme de la menace ont un équivalent dans le monde réel ? On peut penser que oui à condition de voir qu'en pratique, la plupart des contreparties dans les négociations portant sur les effets externes sont rarement monétaires mais prennent plus souvent la forme d'autres biens ou d'autres informations externes. L'idée essentielle présentée au-dessus est que l'externalité informationnelle rend possible les stratégies de menace et qu'il est donc rationnel pour l'émetteur de l'employer. Les cas concrets où une telle situation peut se produire sont fatalement des cas où l'émetteur a réellement la possibilité de limiter l'exclusion.

On a déjà vu en fait un tel type de stratégie à travers l'échange informel, car la logique du don contre-don suppose par définition le recours à une menace implicite qui est mise en œuvre lorsque la réciprocité attendue n'intervient pas ou n'intervient plus. Le raisonnement de l'émetteur est alors du type : « Je cesse de vous aider, car bien que cela ne me coûte rien, cela ne me rapporte plus. Donnez-moi quelque chose où je ne vous aide plus ».

On pourrait aussi imaginer une situation dans laquelle l'entreprise imitée accepte de ne pas attaquer le copieur malgré des droits de propriétés juridiquement garantis si le copieur la laisse à son tour imiter d'autres parties de sa technologie. Pour parler vite une nouvelle fois, le marchandage serait de la forme : « Laissez-moi gratuitement disposer d'une partie de votre technologie et je ne cherche pas à faire valoir mes droits de propriété ».

III.3.4 LES CONTRAINTES AUX ARRANGEMENTS.

III.3.4.a) Coûts de négociation

Ainsi qu'on l'avait déjà souligné lorsque l'on a abordé les externalités physiques, toutes les formes d'arrangements sont soumises à des coûts de négociation qui limitent leur efficacité ou interdisent purement et simplement leur existence. Mais cela est particulièrement vrai de celles qui ont trait à la technologie.

On invoque souvent à juste titre l'incertitude irréductible à tout échange d'informations qui peut être à l'origine de nombreux comportements opportunistes mais il faut aussi parler de la très forte complémentarité des informations externes. On ne peut pas toujours voir en effet les externalités dont bénéficient chaque firme comme des biens qui viendraient s'ajouter les uns aux autres et susceptibles de déformer individuellement la fonction de production. Beaucoup d'informations externes n'ont individuellement aucune valeur ou presque et n'exercent d'influence que conjuguées aux autres. Elles ne peuvent alors être internalisées que dans le cadre d'accord collectif, toujours plus difficile à mettre en œuvre. On peut penser ici par exemple à toutes les petites innovations organisationnelles (nouvelles techniques de distribution, de marketing, de rémunération du personnel...). Les économies qu'elles permettent de réaliser sont incontestables mais on voit mal que des entreprises se concertent avant de les mettre au point, en dehors même de toute concurrence, car il est très probable que les formes organisationnelles majeures qui émergent soient le produit de tâtonnements divers dans différentes entreprises à la fois. La connaissance de la réussite relative d'un petit aménagement dans une entreprise est une information qui n'a virtuellement aucune valeur pour les autres. Par contre, la connaissance globale des différentes évolutions organisationnelles dans les entreprises peut être synthétisée et donner lieu, dans l'entreprise qui en dispose, à des améliorations substantielles de productivité.

Cette idée permet de comprendre pourquoi il est parfois plus judicieux de raisonner à partir d'externalités collectives et donne également tout son sens lorsqu'il est appliqué aux externalités informationnelles, à l'argument développé dans la section I selon lequel les petites externalités pouvaient créer des problèmes d'allocation plus importants que celles qui sont plus grandes, parce qu'elles ont moins de chances d'être internalisées.

III.3.4.b) Incertitude fondamentale et externalité imprévisible

Il existe une autre raison qui peut expliquer l'impossibilité de tout arrangement et qui est presque une propriété des seules externalités informationnelles : Leur *imprévisibilité*. Internaliser une externalité, c'est en effet faire en sorte que l'agent émetteur tienne compte ex

ante, dans sa décision d'activité, de l'effet externe qu'il va exercer sur d'autres agents. Mais pour que cela soit possible, il faut au minimum que l'externalité soit prévisible et ce n'est pas toujours le cas. Pour être précis, il faut distinguer deux formes d'imprévisibilité :

- L'imprévisibilité liée aux coûts de fonctionnement du marché
- L'imprévisibilité liée à l'incertitude fondamentale attachée à toute production ou demande d'information.

Imprévisibilité liée aux coûts de fonctionnements du marché :

Cette première sorte d'imprévisibilité est liée à l'imperfection de l'information sur les marchés : Offreurs et demandeurs ne peuvent pas se rencontrer parce qu'aucun n'a connaissance de la proposition de l'autre. Ce n'est pas un obstacle de la nature, mais une contrainte économique qui dépend des ressources engagées par les agents pour se rencontrer. Lorsque la probabilité de rencontre est suffisamment faible au regard du gain, les agents n'engagent pas les dépenses et l'externalité ne peut être internalisée ex ante. Il vaut mieux voir alors cette absence de négociation comme la conséquence d'un coût de négociation prohibitif. On est dans un cas analogue à la situation décrite dans la section I et il n'y a pas lieu de la distinguer.

Imprévisibilité fondamentale

C'est une propriété spécifique aux externalités de connaissance. Elle résulte du fait que le bien externe transmis étant de l'information, sa production et sa demande sont soumises à une incertitude fondamentale parfois suffisante pour faire de l'externalité un phénomène parfaitement imprévisible. Plus précisément, l'imprévisibilité de l'externalité s'explique par une double incertitude :

- l'émetteur ne sait pas qu'il va développer tel type de connaissance utile pour une autre entreprise. Il ne connaît pas ex ante, et du fait de la nature même de la recherche, le produit de sa recherche.
- le récepteur ne connaît pas lui non plus la nature précise des informations technologiques qui lui sont nécessaires.

Ainsi, les externalités peuvent être *imprévisibles* non pas au sens où l'on ne sait pas trop si le programme va aboutir mais parce qu'il existe des situations dans lesquelles ni l'entreprise réceptrice ni l'entreprise émettrice n'ont une idée a priori de l'utilité commune des recherches menées par l'entreprise émettrice. Pour le dire encore autrement, internaliser, c'est confronter une demande et une offre d'informations technologiques. Et il n'est pas possible de confronter offre et demande si aucune des deux n'est vraiment définie. On pourrait noter dans le même ordre d'idée que l'internalisation sera aussi impossible lorsque l'entreprise qui en bénéficiera à un moment donné n'existe pas encore. Dans tous les cas, une telle incertitude se rencontre plus probablement dans le cas des externalités intersectorielles mais ce n'est pas obligatoire.

Evidemment, l'incertitude fondamentale inhérente aux externalités informationnelles n'est pas toujours suffisante pour empêcher tout accord. L'externalité redevient alors prévisible et l'incertitude fondamentale n'est alors qu'une contrainte irréductible de la négociation. En fait, une certaine forme de prévisibilité peut être rétablie quand les deux entreprises ont déjà une certaine idée du résultat de la recherche entreprise par l'entreprise émettrice et de l'utilité de ce résultat pour l'entreprise réceptrice. C'est en particulier le cas lorsque les activités des firmes sont régulièrement liées, par exemple parce qu'elles sont concurrentes sur un même marché où le progrès technique est continu. De même toute externalité durable peut être à la limite initialement imprévisible mais ne peut logiquement pas le rester longtemps.

On notera pour terminer qu'au niveau agrégé, celui d'une industrie ou d'une économie, les externalités prennent un caractère automatique même dans le cas où elles seraient toutes totalement imprévisibles au niveau des firmes. Imaginons par exemple qu'il y ait deux secteurs différents A et B dans l'économie. A chaque période, une partie des firmes du secteur A bénéficient de manière externe des connaissances produites par quelques-unes seulement des firmes du secteur B. Si les firmes concernées dans chaque secteur changent à chaque fois de manière aléatoire, les externalités demeureront imprévisibles au niveau des firmes. Par contre, elles seront parfaitement déterminées au niveau agrégé si l'on peut rattacher la quantité d'informations émises à la quantité produite par le groupe des firmes émettrices dont les membres changent mais dont le nombre reste constant. Il se rétablit ainsi une sorte de prévisibilité mais qui n'est valable qu'au niveau agrégé, ce qui illustre au passage l'idée déjà évoquée à plusieurs reprises selon laquelle les phénomènes désignés comme des externalités au niveau micro ne partagent pas forcément les mêmes propriétés que l'externalité macroéconomique censée représenter leur influence agrégée.

III.3.4.c) Quelques remarques sur l'intervention publique

L'existence de contraintes assez fortes pesant sur la réalisation d'accords de coopération entre les agents liés par les effets externes constitue a priori une opportunité évidente pour une intervention étatique sous une forme ou sous une autre. On peut même penser qu'à la très grande diversité des situations concrètes doit correspondre une grande diversité d'interventions : création de structures favorisant la diffusion des informations technologiques ou incitant les agents économiques à coopérer ; subventions à la recherche, à l'innovation ou à la formation, obligation à la coopération⁷², etc...

De fait, dans toutes les économies, on constate à des degrés divers une intervention de l'Etat dont l'objectif est de modifier l'allocation des ressources dans la technologie qui résulterait spontanément du comportement décentralisé des agents. A côté des politiques de subventions directe à la recherche, il existe ainsi une multitude de structures poursuivant des objectifs divers portant même parfois bien au-delà de la simple question technologique. On peut citer sur le plan français les centres techniques industriels, les centres publics d'information, les Centres Régionaux d'innovation et de Transfert de technologie, l'Agence Régionale

⁷² On pense ici à la licence de dépendance qui est une disposition qui dans le droit français permet aux parties d'imposer un échange obligatoire de licences afin d'éviter le blocage des innovations lorsque celles-ci prennent un aspect building-block (Cf sur ce point Joly [1992]).

d'Information Scientifique et Technique, l'ANVAR ou sur le plan européen les programmes ESPRIT, BRITE, EUREKA.

Depuis longtemps, la recherche économique sur la question s'efforce de déterminer avec le plus de précision possible les types d'interventions qui semblent les mieux adaptés à chaque situation particulière compte tenu des contraintes associées à ces interventions (coûts directs ou de fonctionnement, contrainte informationnelle, pression des lobbies, dimension internationale du marché⁷³), l'objectif étant de guider les politiques industrielles. Le champ d'analyse est évidemment extrêmement vaste et dépasse très largement l'objectif de ce travail. On se contentera donc simplement ici de tirer quelques enseignements des raisonnements développés tout au long de cette seconde partie :

- Premièrement, l'intervention de l'Etat n'a pas besoin d'être trop importante dans le domaine de la diffusion des informations publiques non seulement parce qu'il se noue déjà en ce domaine de nombreux accords volontaires (syndicats professionnels, associations professionnelles techniques diverses, etc..) mais aussi parce le marché réalise déjà partiellement le travail de réduction du coût d'appropriation des informations externes par le biais de ce que l'on a appelé des entreprises intermédiaires (revues, journaux, ouvrages, ou cabinet de consultant).

- Deuxièmement, étant donné que les externalités informationnelles sont irréductiblement liées à la production de connaissance, quel que soit le secteur ou quelle qu'en soit la forme, il n'y a pas de raison de limiter l'intervention au seul secteur hautement technologique ou de subventionner uniquement la R&D dans sa définition statistique officielle. On peut reprendre ici telle qu'elle la remarque que font Krugman & Obtfeld [1995, pp 327-328] dans leur manuel :

« Comment savons-nous quand une firme est occupée à créer des connaissances ? Une définition large peut conduire à des abus ; qui dira si les trombones ou les voitures de service appuient réellement le développement des connaissances ou sont placées dans le budget du département de recherche pour gonfler les subsides. D'un autre côté, une définition stricte risquerait de favoriser les formes de recherches les plus importantes et les plus organisées dans lesquelles les allocations de fonds sont strictement enregistrées au détriment d'organisations plus petites et informelles ».

- Troisièmement, l'intervention de l'Etat peut assez sûrement améliorer le bien-être lorsque elle a pour objectif d'internaliser les externalités « imprévisibles ». Ainsi qu'on l'a vu, l'imprévisibilité de certaines externalités tient au fait que l'entreprise émettrice n'est pas en mesure de savoir que sa recherche va profiter à une autre entreprise, ce qui explique alors que toute internalisation soit impossible. Mais l'Etat lui n'a pas besoin de savoir à qui la recherche va profiter même si dans l'absolu cela serait évidemment souhaitable. Indépendamment de la question difficile de l'évaluation de l'effet externe potentiel, la seule chose qui lui importe et

⁷³ Comme on l'a souvent fait remarquer, tout pays peut n'avoir qu'une incitation faible à appuyer les industries de haute technologie étant donné que beaucoup des bénéfices sont recueillis par les firmes d'autres pays.

qui justifie une subvention, c'est de savoir que cette recherche va profiter à quelqu'un, ce qui est inévitable au moins statistiquement.

III.4 LA NÉCESSITE DES EXTERNALITÉS DANS UNE ECONOMIE CONCURRENTIELLE

Les éléments précédents ont permis de montrer l'impact globalement positif des effets externes dans une économie marchande : D'une part, ils s'assimilent à une forme de progrès technique et d'autre part, les arrangements contractuels permettent de limiter dans une certaine mesure les inefficacités qu'ils engendrent. En fait, on peut aller plus loin et affirmer que les effets externes ne jouent pas seulement un rôle favorable, ils sont nécessaires au maintien d'une économie approximativement concurrentielle. Pour le montrer, il faut considérer un instant l'approche dite néo-évolutionniste dont l'intérêt réside dans un corps de concepts qui permettent de bien rendre compte du progrès technique tel qu'on le constate empiriquement par l'expérience ou les études.

III.4.1 LES EXTERNALITES ET LE RAPPROCHEMENT DES TRAJECTOIRES TECHNOLOGIQUES

On peut résumer à la manière de Nelson [1980] l'approche traditionnelle néo-classique du progrès technique dans les deux propositions suivantes :

- ◆ L'ensemble de ce qui est possible de faire peut être représenté par l'ensemble de production. Derrière le très grand nombre de points de cet ensemble, il existe un groupe plus restreint (fini) de techniques faisables, i.e. de manières connues de réaliser une certaine quantité d'output à partir d'un panier d'inputs. Et l'ensemble de production correspond à tous les niveaux et toutes les variations imaginables de ces techniques.
- ◆ L'état des connaissances techniques est assimilé à l'ensemble des techniques connues, i.e. un ensemble de plans de fabrication contenant une connaissance codifiée sur la manière de produire les biens. Il suffit d'accéder à ce plan pour être capable de mettre en œuvre le processus de production décrit par le plan avec l'efficacité prédite par le plan. Le progrès technique correspond à l'introduction de nouveaux plans et l'hypothèse traditionnelle est que ceux-ci sont le produit d'une activité particulière : la R&D.

L'utilité et la pertinence du raisonnement en terme d'ensembles et de fonctions de production pour certains niveaux d'analyse ne peut pas être remise en question. Pour autant, cela ne signifie pas que cette représentation soit la plus adaptée lorsqu'il s'agit d'étudier spécifiquement le progrès technologique. Comme l'a rappelé Nelson [1980], les propositions précédentes sont critiquables sur deux points essentiels :

- i) D'abord, l'idée même d'un ensemble de production intègre deux propriétés particulières (absence d'incertitude dans la relation entre input et output et beaucoup de solutions alternatives pour la firme) qui sont une interprétation particulière de l'idée générale et

acceptable selon laquelle à un moment donné, les hommes et les firmes savent faire certaines choses et pas d'autres.

ii) Ensuite et surtout, lorsqu'on assimile l'état des connaissances techniques à l'ensemble des techniques existantes, on fait un glissement de langage décisif en donnant une connotation étroite à la notion de connaissance technologique. Or, étant donnée l'importance empirique de l'apprentissage, la technologie ne peut pas se résumer à un ensemble de connaissances techniques codifiées dont la production serait en outre l'objet d'une activité particulière. Dans chaque technologie, i.e. dans la technologie dont dispose chaque firme, il y a des éléments de connaissances tacites et spécifiques lentement accumulés et qui ne peuvent jamais être totalement diffusés sous une forme publique ou marchande même en tenant compte de la mobilité humaine. Comme le dit Nelson, un orchestre symphonique de premier ordre est toujours plus que la somme d'un bon répertoire et de bons talents individuels, et c'est pourquoi il ne peut pas être facilement imité⁷⁴.

Si l'on prend en compte les conditions générales d'incertitude (en partie non probabilisable) et de complexité de la réalité, on doit conclure que les firmes suivent une "trajectoire technologique" en partie autonome par rapport aux pressions du marché. Les investissements ne se font pas au hasard mais dans les domaines pour lesquels elles disposent déjà d'une certaine expérience qui est alors largement individuelle. Pour autant, toutes les trajectoires ne sont pas possibles. Elles sont contraintes au sein d'un « paradigme technologique » qui définit les opportunités technologiques en matière d'innovations ainsi que les procédures de base, principes scientifique et matériel technologique, pour les exploiter⁷⁵.

Si l'on admet que l'approche évolutionniste est une bonne représentation⁷⁶, pourquoi alors l'hypothèse néoclassique du marché concurrentiel n'est-elle pas si mauvaise ? On sait que pour que ce type de marché puisse exister, il faut par définition qu'un grand nombre d'unités de production distinctes et relativement petites aient décidé de produire un même bien, ce qui suppose que leurs trajectoires technologiques ne diffèrent pas trop dans le temps. Le déterminisme technique auquel renvoie la notion de « paradigme technologique » et le mécanisme de sélection du marché apportent une partie de la réponse mais cela ne suffit pas.

En fait, c'est seulement si l'on prend également en compte l'analyse systématique et mutuelle des caractéristiques des produits par les firmes, et plus généralement de la partie « observable » de l'activité des concurrents que l'on peut expliquer la proximité nécessaire et empiriquement attestée des trajectoires technologiques. Ce sont les externalités informationnelles qui limitent l'aspect singulier de l'expérience des firmes en renseignant sur le succès ou l'échec de telle voie, la manière dont les concurrents ont procédé pour faire les essais,

⁷⁴ Dosi [1988a, p 1131] fait à juste titre remarquer que de ce point de vue, la compétence technologique d'une firme est contrainte de la même manière que la compétence humaine. On peut accéder à toutes les revues académiques et on peut être en mesure de financer toutes les formations possibles, on ne devient pas pour autant prix nobel d'économie.

⁷⁵ Il existe de nombreuses définitions du paradigme technologique, plus ou moins équivalentes. Celle-ci est basée sur Dosi [1988b].

⁷⁶ Coricelli & Dosi [1988] fournissent une bonne comparaison plus générale des deux approches.

le risque insoupçonné jusqu'à présent de telle nouvelle percée technologique dans les produits substituables, etc... Car les externalités ne sont pas seulement une ressource extérieure quelconque gratuite dont les firmes bénéficieraient et qui pourraient se réduire à un équivalent monétaire. Elles sont d'abord formées d'informations technologiques, et c'est cette spécificité qui explique qu'elles agissent comme une force limitant la divergence des trajectoires technologiques. Dosi [1988a] fait d'ailleurs ce même constat même s'il ne le présente pas dans les mêmes termes⁷⁷.

L'approche évolutionniste a le mérite de mettre en avant la spécificité de la connaissance technologique des entreprises et de son évolution. Mais cette spécificité n'est que relative, i.e. qu'elle ne fait que relativiser un autre aspect aussi important que l'approche néo-classique pose par hypothèse : le caractère largement commun d'une grande partie d'un stock de connaissances techniques qui ne cesse pourtant d'évoluer. Il faut bien souligner l'aspect dynamique du rapprochement des trajectoires technologiques. La composante spécifique de la technologie des firmes n'est jamais fixe. Elle évolue en raison de l'accès à la technologie diffusée sur le marché à travers les hommes, les biens, les licences, mais aussi en raison des externalités informationnelles. Les innovations proviennent toujours des différences originales sans cesse recréées dans les technologies. Mais ce sont les externalités, à côté des mécanismes de marché, qui induisent rapidement le rapprochement des connaissances technologiques et des trajectoires des firmes sur chaque marché, ou encore le processus traditionnel d'augmentation du nombre de concurrents dans la production de nouveaux biens. Dès que l'on abandonne la fiction du livre public des techniques auquel tout le monde aurait accès, l'introduction des externalités devient inévitable.

III.4.2 EXTERNALITES ET INTERACTIONS PRODUCTEURS-UTILISATEURS

Quand on y réfléchit bien, on peut aussi trouver une certaine nécessité aux externalités dans une économie de marché en s'interrogeant sur un autre fait stylisé avéré : l'importance des innovations réalisées à l'extérieur des firmes. Pour que ce type de production technologique soit possible en effet, il faut manifestement que les producteurs d'innovations disposent d'une manière ou d'une autre de la connaissance technique produite dans l'utilisation même du matériel (*learning-by-using*), car elles seules permettent de mettre à jour les meilleurs moyens d'utiliser le matériel dans la pratique, les besoins spécifiques, les perfectionnements potentiels et les problèmes particuliers soulevés par l'utilisation des équipements. Or, dans la théorie néoclassique traditionnelle, les seules informations échangées sont relatives aux produits déjà existants et ne concernent que les prix et les volumes. Comment les producteurs d'innovations peuvent-ils alors connaître précisément les besoins spécifiques des utilisateurs ? Mieux, comment réussissent-ils à s'adapter en permanence à leurs besoins évolutifs ?

⁷⁷ « Les firmes produisent les choses à partir de méthodes qui sont techniquement différentes les unes des autres et elles réalisent des innovations qui sont largement basées sur leur technologie interne, bien qu'elles bénéficient aussi de la connaissance publique et des contributions d'autres firmes [...] (Certes) les informations sur ce que font les autres firmes se diffusent assez rapidement. Mais produire et répliquer les nouveaux résultats (des autres entreprises) est beaucoup plus difficile » Dosi [1988a, p 1130]

Pour Lundvall⁷⁸, la solution réside dans la *coopération* des producteurs et des utilisateurs, avant et après l'interaction directement marchande. C'est elle qui permet de surmonter l'incertitude inhérente au processus de l'innovation et elle est d'autant plus nécessaire que le produit change rapidement, qu'il est complexe et coûteux. Concrètement, elle prend la forme de relations de confiance mutuelle et de codes de conduites qui apparaissent en marge du contrat proprement dit et dont l'établissement doit être regardé comme un véritable investissement en capital, sujet à apprentissage (learning-by-interacting). Comme la coopération est à mi-chemin entre le marché et l'organisation, on peut parler avec Lundvall de *marché organisé*.

Bien sûr, la coopération qui suppose l'intentionnalité et l'échange, exclut plus ou moins l'analyse en terme d'externalités⁷⁹ mais on peut admettre empiriquement qu'elle est loin d'être toujours réalisée. Une grande partie des innovations se fait ainsi sans interaction directe entre producteur et utilisateur de l'information, en dehors même de tout "marché organisé". Et si cela est possible, c'est en raison de la capacité des firmes innovatrices à observer l'activité de leurs clients et de leurs concurrents notamment à travers les revues et les journaux spécialisés. Les externalités informationnelles allègent la contrainte informationnelle nécessaire à la production d'innovation en dehors des firmes utilisatrices, parfois de manière suffisante pour éviter toute collaboration significative. Et l'on peut penser que les coûts de la recherche d'information ou ceux qui sont liés à l'établissement de relations de confiance durables avec les utilisateurs seraient démesurément importants s'il n'existait ce flux continu d'informations d'un caractère quasi-public.

En résumé, l'enseignement principal est que l'on aurait tort d'opposer a priori les externalités au fonctionnement efficace des marchés. Le raisonnement précédent montre que les marchés ne peuvent rester concurrentiels que si les externalités sont suffisamment importantes, pour peu qu'elles ne soient pas à l'origine d'un défaut d'incitations trop grand qui interdit l'existence du marché en générant un comportement stratégique d'attente.

IV ECONOMIES D'AGGLOMERATION ET DIMENSION SPATIALE DES EXTERNALITES

Le processus d'agglomération de l'activité est souvent invoqué à côté des économies externes dans les théories récentes de la croissance. On a vu par exemple que l'externalité introduite par Lucas [1988] dans le secteur d'accumulation des biens finals a pour objectif de saisir la *force* qui conduit les activités à s'agglomérer, et qui pousserait les facteurs en l'absence de toute barrière, à se diriger en tendance des régions pauvres vers les régions riches. Certains débuts de tests empiriques des modèles de croissance endogène menés au niveau des cités, notamment Glaeser & alii [1992] et [1995] ou Henderson, Kuncoro & Turner [1995] mêlent

⁷⁸ Par exemple Lundvall [1988].

⁷⁹ On revient au cas ambigu de l'échange informel en tant qu'effet externe.

également étroitement les économies externes et le phénomène d'agglomération. Pour de nombreuses raisons cependant, le lien qui unit les deux notions n'est pas simple.

Cette partie a pour objectif de clarifier les mécanismes invoqués et de manière indissociable la terminologie afin de tirer quelques enseignements utiles pour la troisième partie, notamment pour le modèle de Lucas [1988].

IV.1 LES ECONOMIES D'AGGLOMERATION

IV.1.1 LA DIVERSITE DES GAINS COLLECTIFS PRODUITS PAR L'AGGLOMERATION DES ACTIVITES

Depuis longtemps, il a été observé que les firmes avaient tendance à s'agglomérer dans un petit nombre d'endroits du territoire pour y bénéficier d'un meilleur accès à la demande, à une main d'œuvre spécialisée, aux informations technologiques externes, à des inputs spécialisés ou à des biens publics. Les individus, offreurs de leur force de travail, y trouvent quant à eux des avantages presque symétriques : réduction du coût de recherche d'emploi et donc de la mobilité, accès à des infrastructures ou à des produits de consommation très diversifiés.

Tous ces avantages proviennent en définitive de la réduction des ressources que les agents économiques consacrent aux services intermédiaires de transport des biens ou des personnes dans ou entre les firmes, services qui peuvent être soit internalisés dans l'activité des agents économiques soit externalisés sur le marché (recours à un transporteur). En fait, en affectant les coûts de transport, la concentration spatiale induit par là même une bonne partie de ce que l'on range derrière l'idée de coûts de fonctionnement du marché : Il est par exemple moins coûteux pour le demandeur de connaître les différentes offres avant de se décider, moins coûteux pour l'offreur de faire connaître son offre aux demandeurs, moins coûteux pour les employés d'entreprises différentes de se réunir avant de conclure un contrat, moins coûteux de surveiller le respect des obligations, etc.. Dans cet esprit, on doit d'ailleurs admettre que l'un des atouts de la concentration spatiale réside non seulement dans l'amélioration de l'efficacité du marché mais aussi dans celle de formes moins anonymes comme les accords de coopération ou la constitution de réseaux.

On parle *d'économies d'agglomération* pour désigner l'ensemble de ces avantages collectifs dont bénéficient les agents économiques à la suite de la concentration spatiale de leur activité. Elles sont au principe d'un processus cumulatif typique : c'est souvent la concentration à un endroit déterminé d'une ou plusieurs industries qui déclenche le processus d'agglomération en donnant naissance par exemple à un marché local pour une plus grande variété de services spécialisés qui soutiennent son activité (sous-traitance, services juridiques, services de formation, de financement, de gestion...) ou pour une offre plus importante et plus flexible de certaines formes de travail qualifié, lequel constitue à son tour une demande potentielle pour des

produits finaux⁸⁰. A la suite d'Hoover [1948], on distingue parfois les *économies de localisation* pour désigner les avantages de la concentration pour les firmes d'une même industrie et les *économies d'urbanisation* pour faire référence à ceux dont bénéficient les firmes d'industries variées situées au même endroit.

IV.1.2 EFFETS STATIQUES ET EFFETS DYNAMIQUES DE L'AGGLOMERATION

Lorsqu'on pense aux effets de l'agglomération sur l'activité, on fait traditionnellement référence aux activités courantes de production mais il est essentiel de voir que les activités de production de connaissance, internes ou non à la firme profitent tout autant de l'agglomération que les activités plus courantes⁸¹ et par un processus tout à fait analogue : meilleur accès à une main d'œuvre de chercheurs ou d'ingénieurs, aux informations technologiques externes, à des inputs spécialisés ou à des biens publics comme des centres universitaires, des bibliothèques, des bureaux de brevets.

Comme en l'absence de toute agglomération, il est raisonnable de penser qu'une économie décentralisée parviendrait quand même à garantir une croissance auto-entretenu, on est conduit à conclure que lorsque elle agit sur l'activité de production de connaissance, l'agglomération exerce un effet dynamique au sens où elle augmente durablement le taux de croissance global de l'économie (Etat ou métropole). Cet effet, en tous cas, n'est absolument pas subordonné à celui qu'exerce l'agglomération sur la diffusion des externalités informationnelles. Même si la proximité spatiale ne favorisait pas cette diffusion, elle agirait quand même, à travers les mécanismes marchands sur la productivité des activités créatrices et donc sur le taux de croissance.

En vérité cependant, une part notable de l'effet qu'exerce l'agglomération sur la production de connaissance s'explique par l'action favorable sur la diffusion non marchande des nouvelles connaissances produites dans la cité et ceci d'une double manière :

- D'une part en réduisant le coût d'appropriation des effets externes (coûts de recherche des informations pertinentes, coût de vérification de leur validité, coût de transport vers les agents économiques détenteurs de l'information ou les lieux où elle est disponible (bibliothèque, bureaux des brevets..)
- D'autre part en favorisant son internalisation dans le cadre d'accords volontaires de coopérations, l'idée étant qu'il est plus facile et moins coûteux de coopérer lorsque l'on est proche l'un de l'autre et que l'on se connaît plutôt que le contraire.

Notons ici qu'il ne faut pas confondre ce qui revient à l'agglomération et ce qui s'explique par le fonctionnement même de l'économie. Les externalités sont par nature nécessaires et inévitables indépendamment du processus d'agglomération des activités. Ce dernier ne fait que les renforcer et c'est pourquoi le niveau d'agrégation constitué par la

⁸⁰ Voir notamment Krugman [1991] ou Porter [1990] pour des exemples empiriques détaillés de tels processus.

⁸¹ La pertinence de la distinction entre ces deux types d'activités est rappelée par Fujita & Thisse [1995] qui parlent quant à eux d'activités « routinières » et d'activités de « création ».

métropole permet de mieux les mettre à jour. Il semble parfois que l'ambiguïté de certaines formulations provienne de l'hypothèse selon laquelle seule l'agglomération autorise certaines formes de diffusion non marchande des connaissances. Dans ce cas, on a envie de confondre l'apport de l'agglomération avec la diffusion non marchande de la connaissance mais rigoureusement les deux sont distincts.

De manière générale, on peut donc dire que l'agglomération exerce deux types d'effets :

- un *effet statique* lorsqu'elle n'améliore l'efficacité que des activités routinières et n'élève donc que le *niveau* de production globale de l'économie ;
- un *effet dynamique*, au sens où elle agit sur le *taux de croissance* de l'économie, lorsqu'elle améliore l'efficacité des activités créatrices, par le biais du marché ou en favorisant la diffusion non marchande des informations technologiques ainsi que leur internalisation.

Il est nécessaire ici de faire plusieurs remarques sur certaines distinctions et les terminologies que l'on rencontre dans la littérature.

Pour aller vite, il est possible de parler d'économies d'agglomérations *statiques* pour désigner les économies d'agglomérations réalisées sur les activités routinières et d'économies d'agglomération *dynamiques* pour désigner celles qui sont réalisées sur les activités de création, à condition de bien voir qu'à l'exception de l'action sur les externalités informationnelles qui ne peuvent bénéficier par définition qu'aux activités créatrices, elles recouvrent les mêmes mécanismes (accès à un plus grand marché du travail, accès à de meilleurs inputs, à des infrastructures publiques etc..).

On emploie aussi souvent le terme d'*effets externes d'agglomération*, étant donné que chaque agent économique bénéficie de l'avantage de la proximité des autres agents économiques sans verser de contrepartie directe à cet agent pour l'inciter à venir. Pour éviter toute confusion, il serait préférable cependant d'éviter ce terme car ces effets « passent » le marché ou par des accords volontaires et se réduisent en fait à de simples externalités pécuniaires (à l'exception, on l'a vu, de l'action sur la diffusion externe des connaissances). Ainsi, ce n'est pas parce qu'une nouvelle entreprise qui arrive bénéficie d'un marché du travail et de services spécialisés qui n'auraient pas été rentables sans l'implantation d'entreprises pionnières que l'on peut parler d'externalité. En fait, indépendamment de la question de la localisation, tout marché instaure une interdépendance entre les entreprises d'une industrie étant donné que la technologie dont chacune peut disposer dépend de la demande globale d'inputs constituée par l'ensemble de ces entreprises. Le développement d'un marché crée aussi par nature des interdépendances entre les premières entreprises et celles qui suivent. Mais ces interdépendances marchandes résultent de la dynamique même du marché qui poussent les agents économiques à saisir les nouvelles opportunités et non d'externalités, même si celles-ci peuvent y contribuer⁸².

⁸² Pour le comprendre encore autrement, il suffit de définir un bien en fonction de sa localisation et de considérer alors la décision d'une firme de rejoindre la zone agglomérée comme la décision de produire un bien plutôt qu'un

En réalité, la distinction précédente est parfaitement saisie dans la littérature et l'emploi du qualificatif « externe » ne s'explique que pour des raisons d'analogie évidente. Cependant, c'est sans doute cet emploi qui conduit certains auteurs à établir des oppositions beaucoup moins pertinentes. Ainsi Glaeser & alii [1992] et [1995] ainsi qu'Henderson & alli [1995] parlent-ils d'effets externes dynamiques en désignant par là l'influence exercée par l'agglomération sur les externalités mais pour l'opposer à ce qu'ils appellent les effets statiques d'agglomération (auquel il rajoute le qualificatif d'externe). Or une telle opposition pose deux problèmes : D'une part, la notion d'effets externes dynamiques ne permet pas de distinguer clairement les effets externes proprement dit de l'action qu'exercent sur eux l'agglomération et qui peut prendre des formes assez subtiles. Mais surtout, elle réduit les effets dynamiques exercés par l'agglomération aux seuls effets exercés par l'agglomération sur la diffusion des externalités.

IV.2 EFFETS EXTERNES ET AGGLOMERATION

IV.2.1 LES EFFETS DE L'AGGLOMERATION SUR LES ECONOMIES EXTERNES

Revenons maintenant de manière plus précise sur les externalités. En augmentant l'efficacité des activités créatrices, l'agglomération induit d'abord mécaniquement pour un même « degré » de diffusion des connaissances, une augmentation de la quantité d'informations diffusées de manière externe. Mais comme on l'a vu plus haut, l'agglomération fait plus puisqu'elle accroît le degré et la vitesse de diffusion des connaissances qui sont produites, renforçant donc l'effet qu'elle exerce indirectement à travers l'augmentation de la production de connaissance.

Si l'on prend en compte les différentes formes de diffusion des informations analysées dans cette seconde partie, on peut dire que l'agglomération des activités stimule les économies externes de cinq manières :

- En favorisant la fréquence et en diminuant les coûts des interactions humaines, l'agglomération augmente d'abord la diffusion des informations à travers les échanges informels. On peut écouter la description qu'en donne Reich [1993] sur ce point :

« La mise en commun des idées nouvelles et des expériences s'étend au-delà des équipements de travail pour inclure les amis, les anciens associés, les connaissances. Elle se produit spontanément, pendant les déjeuners, les dîners, les pots, les séances de gymnastique. C'est une caractéristique des conversations quotidiennes et continues sur qui fait quoi, qui découvre quoi, sur l'endroit où se situe l'action. Les informaticiens spécialisés dans les logiciels graphiques qui travaillent et vivent dans la même techno-banlieue, se chipent des astuces les uns

autre. Si les marchés sont efficaces, le choix que fera la firme sera judicieux pour elle comme pour la société. Les autres agents économiques déjà implantés profiteront de son implantation mais il s'agira d'un simple gain à l'échange.

aux autres en échangeant des histoires de guerres commerciales. C'est la même chose, de manière informelle et à toute heure, pour les scénaristes de Hollywood, les publicitaires de Maddison Avenue, les lobbyistes de Washington, les opérateurs sur les marchés à terme de Chicago, les éditeurs de New York... Quand quelqu'un a pour travail de réfléchir à des idées abstraites et de les communiquer, ce travail a lieu partout, et chaque fois qu'une idée est communiquée. C'est là que réside l'avantage créatif de la proximité »⁸³.

- Pour les mêmes raisons que précédemment, l'agglomération limite aussi les coûts d'internalisation des externalités dans le cadre d'accords de coopération divers et qui ont souvent des objectifs plus larges que cette seule internalisation, l'idée étant que les coûts de contrôle et d'opportunisme sont plus faibles lorsque l'on se voit plus souvent, où lorsque ceux-ci s'appuient sur des connaissances extra-professionnelles⁸⁴.

- En réduisant les coûts de la mobilité professionnelle, l'agglomération favorise également les externalités qui y sont associées, avec les réserves mentionnées dans la seconde partie.

- L'agglomération crée aussi un marché pour certaines entreprises privées dont l'une des fonctions est de réduire le coût d'appropriation des externalités. Ainsi, certains journaux locaux professionnels ne sont-ils rentables que parce que les activités sont « locales ». De même, certains centres de formation spécialisés dans l'une des activités dominantes de la métropole assureront mieux leur tâche de diffusion des connaissances techniques s'ils sont situés dans cette agglomération, parce qu'il peuvent alors s'appuyer sur un personnel enseignant ayant déjà une bonne expérience du milieu mais aussi sur des journaux, des liens informels, bref un environnement adéquat.

- Enfin, la présence d'une université rendue possible par la concentration spatiale de l'activité humaine, peut aussi favoriser la diffusion externe vers les entreprises locales de connaissances techniques développées par d'autres entreprises privées de la région ou d'ailleurs (médiatisation des externalités par le secteur public). Une étude de Jaffe [1989] menée à partir des données géographiques et techniques fournies par les brevets, a ainsi mis en évidence le fait que la transmission des résultats des universités vers les entreprises avaient une forte composante géographique dans un certain nombre de domaines techniques⁸⁵. Comme il l'indique lui-même, puisque la contrainte géographique ne doit pas être un facteur essentiel

⁸³ Evidemment, il ne faudrait pas surestimer la nécessité de la proximité géographique dans les industries high-tech. Quah [1996] cite par exemple la société suédoise L.M Ericsson qui a 17 000 ingénieurs dans quarante centres de recherche situés dans vingt pays à travers le monde, tous reliés par un réseau [...].

⁸⁴ Comme on l'a vu, certaines formes d'échanges informels devraient plutôt être considérées comme une forme d'internalisation. Dans ce cas, il est préférable de les associer à cette forme d'action de l'agglomération.

⁸⁵ L'enquête a porté sur les vingt-neufs Etats américains pour lesquels les données étaient complètes pour les années 1972-79, 1979 et 1981. L'information sur le domaine de spécialisation des universités a été simplement basée sur leurs différents départements de recherche et classée comme celle portant sur les brevets en cinq grands départements : industrie pharmaceutique et technologie médicale, électronique, optique et technologie nucléaire, mécanique, et autres.

dans la transmission de connaissance qui se réalise au travers des journaux et publications, ce sont probablement les conversations informelles qui jouent un grand rôle.

IV.2.2 LA MISE EN EVIDENCE DES EXTERNALITES INTERSECTORIELLES ET INTRA-SECTORIELLES AU NIVEAU DES METROPOLES.

Si l'agglomération renforce bien les externalités, on devrait pouvoir montrer que les entreprises croissent plus rapidement là où elles sont les plus concentrées. Pour être plus précis, on peut même chercher à déterminer le rôle respectif que jouent dans la croissance les externalités intra et extra-sectorielles. La méthode la plus directe pour mettre en évidence un tel rôle consiste alors

- pour les externalités intrasectorielles, à vérifier si les entreprises d'une même industrie ont crû plus rapidement dans les zones où cette industrie était la plus concentrée,
- pour les externalités intersectorielles, à vérifier si les entreprises d'industries diversifiées ont cru plus rapidement dans les zones où il existait au contraire une grande diversité industrielle.

Une tel travail a été réalisé dans une étude de Glaeser, Kallal, Scheinkman & Shleifer [1992] qui se sont efforcés de déterminer non seulement quels types d'externalités mais aussi quelles formes de concurrence étaient les plus propices à la croissance. Cela les a amené à distinguer trois formes d'environnement :

- un environnement a priori riche en externalités intra-industrielles et un marché monopolistique qui permet dans une optique schumpétérienne, une exclusion au moins partielle des idées garantissant une incitation suffisante. Ils parlent d'externalités de type M.A.R pour Marshall-Arrow-Romer.
- un environnement a priori riche en externalités intra-industrielles mais un marché concurrentiel qui incite continuellement à l'innovation et limite les rentes des monopoles. Ils associent cette idée à Porter [1990].
- un environnement a priori riche en externalités extra-industrielles (argument associé au travail de Jacobs [1969]).

L'étude empirique est menée à partir des industries de 170 grandes métropoles américaines sur le période 1956-1987, qui sont un niveau d'agrégation assurément plus pertinent pour saisir un tel phénomène comme Lucas [1988] a eu le mérite de le rappeler. Pour trancher entre les différents types d'environnement, les auteurs mettent en relation la croissance des industries (mesurée par la croissance de l'emploi) avec trois indicateurs : le degré de spécialisation de la cité dans certaines industries, le degré de compétition entre ces industries

dans une cité (le degré de monopole est en sens inverse une mesure du caractère « exclusif » i.e. appropriable de l'innovation), et le degré de diversité des activités existantes dans la cité.

Leurs résultats penchent alors en faveur des externalités extra-sectorielles et d'un environnement concurrentiel. Il ne semble pas que la spécialisation d'une cité dans une ou certaines industries soit favorable à la croissance. S'il existe des spillovers dus à la proximité géographique d'entreprises appartenant à une même industrie, celles-ci n'apparaissent donc pas comme significatives dans l'explication de la croissance durable des entreprises.

Ce résultat surprenant n'est cependant pas très solide. Ainsi, Henderson, Kuncoro & Turner [1995] ont refait le même travail sur la période 1970-1987 en distinguant cette fois-ci industries nouvelles et industries anciennes et en se servant des données établies pour 224 métropoles (contre 170 pour Glaeser & Alii)⁸⁶. Ils montrent alors qu'on rencontre bien les deux types d'externalités. Cependant les externalités intra-sectorielles sont surtout présentes dans les industries matures tandis que les externalités intersectorielles se rencontrent plutôt dans les nouvelles industries de haute technologie. Comme l'indiquent les auteurs, ces résultats sont cohérents avec les notions de spécialisation urbaine et de cycles de produit : de nouvelles industries prospèrent dans les larges zones métropolitaines, mais avec la maturité, la production se décentralise vers des cités plus petites et plus spécialisées.

Comme on l'a déjà dit plus haut, il n'est pas certain qu'on doive attribuer ces résultats uniquement à l'existence de vraies externalités. Ce qui est établi en réalité, c'est par exemple pour les industries traditionnelles, une liaison entre le taux de croissance d'une industrie et un indice de la concentration passée de l'emploi dans cette industrie. Mais l'agglomération agit aussi sur le taux de croissance de la productivité par l'intermédiaire de liaisons purement marchandes ou quasi-marchandes : accès à une main d'œuvre ou des inputs spécialisés et différenciés⁸⁷ ou collaboration dans le secteur de la recherche. On peut néanmoins admettre avec les auteurs que les seules externalités y jouent un rôle important.

IV.2.3 LA RECHERCHE D'ECONOMIES EXTERNES DANS L'ACCENTUATION ACTUELLE DE LA POLARISATION DES ACTIVITES

On a mis l'accent jusqu'ici sur les économies d'agglomérations mais on sait que la concentration spatiale des activités engendre simultanément des coûts (ou déséconomies) diverses : augmentation de la rente foncière, trajet travail-domicile plus long, encombrement des équipements collectifs, pollution etc. Normalement, on s'attend à ce que les forces centrifuges et centripètes s'équilibrent à un moment donné et que se stabilise la répartition des

⁸⁶ Précisément, ils prennent en compte huit industries dont cinq traditionnelles (métaux, machines, machinerie électrique, équipements de transport, équipement) et trois nouvelles de haute technologie (ordinateurs, composants électronique, équipement médical).

⁸⁷ Comme le font remarquer Jaillet, Puig & Thisse (1996), étant donné que la concurrence entre les entreprises se fait de plus en plus par la différenciation de leurs produits, les entreprises doivent faire appel à des spécialités de plus en plus diverses pour concevoir, produire, promouvoir et commercialiser leur large gamme de produits et ils ont bien plus de chances d'y accéder dans les grandes zones métropolitaines.

activités entre un petit nombre d'endroits. Pourtant on semble assister depuis plusieurs décennies à une accélération de ce mouvement de polarisation des activités économiques. Si l'on en croît Jaillet, Puig & Thisse (1996), trois grandes raisons structurelles expliqueraient ce phénomène :

- la baisse des coûts de transports qui a intensifié la concurrence et forcé les entreprises à substituer à une stratégie de différenciation spatiale de leurs produits une stratégie de différenciation de leurs produits qui ne leur fait plus craindre l'installation à proximité des concurrents et qui les poussent au contraire à s'implanter dans les grandes métropoles qui leur offrent des débouchés importants pour leurs produits.

- la tertiarisation croissante de l'économie qui ne rend plus la dispersion spatiale aussi nécessaire que dans une économie agricole.

- Mais aussi et c'est ce qui nous importe le plus, l'augmentation de la concurrence internationale des zones à bas salaires qui a conduit les pays développés à se spécialiser dans les activités créatrices où les avantages de l'agglomération peuvent être particulièrement importants.

Ce dernier point est intéressant. Il permet de comprendre pourquoi les avantages de la concentration, notamment pour la diffusion non marchande des connaissances ont pris une telle importance dans la littérature comme en pratique. Car c'est ce genre d'avantages qui explique fondamentalement la concentration géographique des fabricants de semi-conducteurs dans la Silicon Valley, des firmes informatiques le long de la route 128 dans le Massachussets, des producteurs de micro-ordinateurs à Boston, de constructeurs danois d'éoliennes à Herning, de géants de l'industrie pharmaceutique suisse à Bâle, des fabricants de mode à Milan, de l'industrie automobile à Détroit, des scénaristes à Hollywood, et dans la mesure où elles innovent des industries de lunette, de robinetterie, de chaussures de ski, dans différents districts italiens⁸⁸.

⁸⁸ Certaines exemples sont empruntés à Porter [1990], Krugman [1991] et à Reich [1993]. On aurait pu aussi renvoyer à la description sans doute plus parlante de ce dernier : « Aux Etats-Unis plus que dans toute autre nation, les manipulateurs de symboles sont concentrés dans des secteurs géographiques spécialisés où ils vivent, travaillent, apprennent avec d'autres manipulateurs de symboles qui se consacrent à une même type de résolution et d'identification de problèmes, et de courtage. Ils sont regroupés autour de villes ou de zones renommées dans le monde entier, et connues pour leur spécialité : Washington pour les affaires internationales, les relations intergouvernementales, et les ventes internationales d'armes ; New York pour le droit, la publicité et l'édition. A l'intérieur de ces zones, et dans beaucoup d'autres, des zones encore plus spécifiques rassemblent des manipulateurs de symboles encore plus spécialisés qui vendent directement leurs compétences aux marchés mondiaux : au bord de l'ouest de Boston, des informaticiens qui se consacrent particulièrement aux logiciels graphiques ; entre Little Rock et Fayetteville, dans l'Arkansas, des scientifiques spécialisés dans la biologie moléculaire et les biotechnologies ; le long de Park Avenue, à New York, entre la 42^e et la 59^e rues, des banquiers experts du marché financier coréen ; près de Minneapolis, des chercheurs spécialisés dans les appareils médicaux ; au sud de Portland, dans l'Oregon, des spécialistes des semi-conducteurs de pointe ; à Irvine et Pasadena, en Californie, des concepteurs industriels spécialisés dans l'automobile et l'électronique grand public ; et autour de chaque université américaine, des équipes de professeurs et d'étudiants qui vendent de l'expertise de niveau international sur des technologies, des techniques de management et des marchés particuliers ». pp 218-219.

CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE

Pour aborder la question des externalités dans le détail des modèles, il convenait de faire le point sur plusieurs questions soulevées dans la première partie :

- Comme on l'a vu, il existe un certain flou autour de la notion d'externalité et de sa réalité empirique et le premier travail consistait à se faire une idée claire du genre de phénomènes que l'on recouvre sous cette idée, ce qui n'avait pas encore été fait à notre connaissance de manière aussi systématique.

- L'introduction des externalités dans les modèles de croissance étant automatiquement associée à un problème allocatif, une deuxième chose importante était d'examiner dans quelle mesure de tels problèmes allocatifs persistaient dans un monde réel où les agents peuvent passer de multiples accords à côté du marché.

- Le troisième point important était de clarifier le contenu et la pertinence de la notion d'externalités éducatives pour les travaux de la croissance, très souvent évoquée mais rarement précisée.

- Enfin, étant donné que le modèle de Lucas [1988] recourt aux externalités pour justifier que les facteurs aient tendance, en l'absence de toutes barrières, à se concentrer dans les régions riches, il fallait aussi cerner le rôle des externalités dans la force d'agglomération des activités.

On résume ci-dessous pour chacun des points précédents les principaux enseignements que l'on peut tirer de l'analyse essentiellement microéconomique menée dans cette seconde partie.

1) Formes de diffusion et importance empirique des externalités informationnelles

En dépit d'analogies évidentes, les externalités sont conceptuellement distinctes d'autres phénomènes, comme les économies d'agglomération statiques, la division du travail entre les firmes, les biens publics ou la complémentarité par le marché d'investissement non rentables individuellement. Même si la théorie traditionnelle des externalités a dû les négliger pour se construire, les seules externalités qui importent pour la croissance économique sont constituées pour l'essentiel de flux externes d'informations technologiques entre les agents économiques.

Pour prendre toute la mesure des flux externes d'information technique, il faut d'abord voir que les informations technologiques ne sont pas limitées à des procédés bien circonscrits issus de la recherche-développement mais incluent aussi les connaissances techniques « organisationnelles » (techniques de gestion, de stockage, de distribution, de transaction, de motivation etc...) y compris dans leur forme la moins synthétique : un résultat, une question, un problème ou une méthode éprouvée pour le résoudre.

Il faut aussi voir que les firmes n'en bénéficient réellement que parce qu'elles dépensent des ressources importantes pour se les approprier. Celles-ci sont en partie sous-estimées parce qu'elles forment une partie des dépenses consacrées : d'une part à la R&D dont le seul objectif semble n'être que la production directe de connaissances ; d'autre part, à l'activité d'apprentissage au sens large, laquelle est considérée par simplification au niveau macroéconomique comme gratuite et fortuite. Mais lorsqu'on prend réellement en compte les coûts réels de leur appropriation, les externalités apparaissent moins mystérieuses et on accepte beaucoup plus facilement leur importance dans l'activité économique.

Ces précisions étant faites, il est clair que la technologie se diffuse de multiples manières. Les premières qui viennent à l'esprit sont celles qui sont habituellement distinguées dans la littérature et pour lesquelles on a présenté un certain nombre de travaux empiriques : observation directe des produits des concurrents, lecture des brevets, diffusion des informations techniques à travers la mobilité du travail⁷⁰, fréquentation de foire, échanges inter-individuels dans ou entre les firmes.

Dans beaucoup de cas néanmoins, les firmes ne bénéficient des informations techniques issues de l'activité d'autres firmes que par l'intermédiaire d'une organisation marchande qui la leur vend et qui est en vérité la première bénéficiaire de l'externalité, ce qui n'est pas toujours bien perçu. Ainsi, l'activité des entreprises de presse écrite (revues spécialisées, ouvrages, journaux) consiste à assumer les coûts de recherche, de mise en forme et d'édition des informations techniques produites par les firmes privées. C'est parce que l'appropriation des informations externes est coûteuse et soumise à certaines indivisibilités qu'un marché peut naître pour fournir le service de traitement des informations en question.

Comme on l'a montré, si l'on accepte cette idée à propos des entreprises de presse, une conclusion logique assez déroutante au premier abord est que l'on doit aussi l'étendre aux cabinets de conseils, aux organismes de formation et même à la recherche publique. Dans chaque cas, l'activité de ces organismes les conduit à diffuser de manière marchande ou non des connaissances techniques diverses qui n'ont été pour la plupart produites que par d'autres entreprises privées : Ainsi, les cabinets de consultants « revendent » à d'autres entreprises des services dont l'efficacité tient aux informations diverses sur la meilleure manière de résoudre un conflit, de réorganiser le processus de décision dans l'entreprise, de remotiver le personnel, etc... qu'ils ont acquises en collaborant avec d'autres entreprises. Les organismes de formation

⁷⁰ Cette forme de diffusion, rappelons-le, doit être distinguée d'un autre phénomène qui n'est pas important pour la croissance économique et qui a trait à la capacité dont dispose un individu de priver son employeur d'une partie des rendements des investissements de ce dernier dans sa formation (voir II.2.5.a).

« revendent » ou « offrent » des formations qui comprennent des connaissances techniques également produites par d'autres entreprises comme les principes de fonctionnements des matériels et produits, la gestion, la comptabilité ou le marketing. Enfin, s'il y a bien un lien à double sens entre la recherche fondamentale et la recherche menée par les entreprises, on peut appliquer à nouveau le raisonnement à l'activité de la recherche publique fondamentale et dire qu'elle constitue aussi un des vecteurs de la diffusion non marchande de connaissances produites par le secteur privé.

C'est seulement en faisant référence à toutes ces formes de diffusion, et aux interactions marchandes ou non entre ces organismes intermédiaires (ingénieur devenant enseignant ou journaliste, référence croisées des articles, etc...) que l'on peut réellement rendre compte de la diffusion « non marchande » de la technologie dans une économie où elle est majoritairement le produit des actions d'agents privés qui souvent n'ont pas intérêt à sa diffusion.

2) Les conditions et les formes de résolution des problèmes allocatifs induits par les externalités informationnelles

Ainsi que Coase l'a bien montré, en présence d'externalités, les agents économiques peuvent nouer entre eux des accords aux formes les plus diverses pour réduire l'inefficacité éventuelle qui y est attachée. Lorsqu'on applique cette idée au cas particulier des externalités informationnelles, on s'aperçoit qu'il existe beaucoup plus de formes d'internalisation qu'on pourrait le penser a priori. Cela n'est pas toujours évident pour deux raisons essentielles :

D'abord les accords contractuels mêlent souvent plusieurs objectifs liés à la réduction d'autres inefficacités que celle traditionnelle de la sous-optimalité des ressources investies par l'émetteur d'un effet externe. Ainsi s'efforcent-ils de prendre en compte simultanément le défaut d'incitation, la duplication inutile de la recherche, mais aussi l'incertitude attachée à la production de connaissance ou à la valeur des dépenses à engager pour se l'approprier. Si l'on ajoute à cela la diversité des formes de connaissances, tacites ou codifiées, fondamentales ou appliquées, on comprend pourquoi la coopération prend des formes si diverses et pourquoi il n'est toujours facile d'y voir quel a été le motif déterminant : associations techniques professionnelles, syndicats professionnels, associations de fabricants, associations liant recherche académique et appliquée, exécution d'activités communes de recherche-développement à un stade pré-compétitif ou non et dans les cadres juridiques les plus divers.

Ensuite, on a montré qu'il existait des formes très particulières et généralement négligées d'internalisation de certaines formes d'externalités qui limitent largement la sous-optimalité potentielle associée. Citons :

- le contrat implicite que peut nouer une firme avec les salariés de manière à conserver une partie des gains liées à la vente à une autre firme, à travers la mobilité du travail, de la connaissance non marchande et non « rivale » incluse dans l'expérience.
- les termes du contrat plus avantageux que peut imposer une firme à un cabinet de consultant lorsqu'elle sait que celui-ci tirera particulièrement profit dans la suite de son

activité de l'expérience et des informations diverses qu'il aura eu l'occasion d'obtenir lors de sa prestation.

- la publicité gratuite qu'obtient une firme dans les magazines spécialisés en l'échange de « confidences » sur ses innovations, sa méthode d'organisation ou sa stratégie.

- Enfin, les échanges informels qui reposent sur la logique du don/contre-don et qui peuvent aussi être considérés comme une forme grossière d'internalisation à condition d'accepter l'idée selon laquelle la firme tient implicitement compte dans son calcul de rentabilité de la recherche (ou dans sa probabilité de réussite) des informations qui seront glanées dans le cadre normal des échanges informels pour autant qu'elles soient significatives.

Si l'on garde à l'esprit en outre le fait qu'une partie des externalités ne sont pas pareto-pertinentes parce qu'elles sont inframarginales ou parce que les coûts de l'augmentation de l'émission de biens externes sont supérieurs à la disponibilité marginale à payer du récepteur, et c'est un enseignement souvent oublié depuis Buchanan & Stubblebine [1962], on peut relativiser la conclusion a priori selon laquelle les externalités seraient à l'origine d'une sous-optimalité importante au moins dans une économie avec un degré décent de coûts de transaction.

En même temps, on est obligé d'admettre que beaucoup d'externalités pareto-pertinentes ne peuvent pas être internalisées. On peut invoquer naturellement pour l'expliquer les coûts de négociation et l'importance particulière qu'ils peuvent prendre s'agissant d'externalités informationnelles du fait de la nature même du bien transmis et de leurs fortes complémentarités. Mais ainsi qu'on l'a vu, l'autre raison essentielle rarement soulignée tient à l'imprévisibilité irréductible de certaines d'entre elles non pas en raison d'une forme de coûts de fonctionnements du marché mais parce qu'il existe des situations dans lesquelles ni l'entreprise potentiellement réceptrice ni l'entreprise émettrice n'ont une idée a priori de l'utilité commune des recherches menées par cette dernière en raison de la nature même du processus de recherche.

3) Le contenu et la pertinence de la notion d'externalités éducatives pour les travaux de la croissance

Les externalités éducatives correspondent aux gains positifs qu'exercent les individus réciproquement les uns sur les autres en raison de leur niveau d'éducation en dehors du marché. On peut mettre en évidence un certain nombre d'externalités éducatives mais la plupart ne sont pas très pertinentes pour l'explication de la croissance économique. Ainsi en va-t-il de l'action exercée par l'éducation sur les bénéfices utilitaires non marchands que l'on peut tirer du fait d'être entouré de personnes mieux éduquées, du développement d'un même système de valeurs, de la réduction éventuelle du coût collectif de maintien de l'ordre public et de la règle de droit, ou encore de l'adoption de biens liés entre eux par des externalités de réseaux.

En outre, en dépit de ce qu'on avance généralement, les effets de l'éducation sur la capacité d'apprentissage des individus ou l'efficacité et la sophistication de leur pratique économique, sur l'inculcation de nouvelles connaissances et sur le développement d'attitudes favorables à la modernité ne constituent pas quant à eux, des vrais effets externes. Dans chacun de ces cas, l'individu tire effectivement profit de son éducation et l'on peut admettre que cela ne peut être que favorable pour la collectivité. Mais dire qu'une action profite indirectement aux autres ne suffit pas pour la désigner comme une externalité ; il faut encore que cet effet passe en dehors du marché, ce qui n'est pas le cas dans les exemples précédents. Pour le dire simplement, si tout le monde sauf moi élève son niveau d'éducation, le revenu par tête de l'économie ainsi que le mien en seront sans doute très favorablement affectés, mais cela ne signale par pour autant une externalité. Et si le niveau d'éducation peut être sous-optimal, c'est d'abord et avant tout en raison de la myopie des agents économiques dans leur décision d'éducation. C'est alors parce que les individus recherchent mal leur propre intérêt qu'ils nuisent indirectement aux autres à travers le marché.

En fait, les seules externalités éducatives importantes sont liées à l'influence exercée par le niveau d'éducation des parents sur l'accumulation du capital humain de leurs enfants mais un examen attentif montre que celle-ci est dans une grande partie indirecte au sens où elle contribue d'abord à élever la rentabilité des investissements scolaires. Il faut donc éviter de faire une double comptabilité en additionnant le capital humain qui résulte de l'investissement propre de l'individu à une forme extérieure de capital humain qui serait transmise par les parents ou le « milieu social proche ». On verra que cela a des conséquences importantes pour la formalisation du secteur d'accumulation des modèles d'éducation.

4) Externalités et agglomération

La concentration spatiale des activités accroît le degré et la vitesse de diffusion externe des connaissances technologiques de plusieurs manières. On met traditionnellement l'accent sur l'effet favorable qu'elle exerce sur les échanges informels, la mobilité professionnelle et la possibilité d'observer directement les produits de la concurrence mais ainsi qu'on l'a vu, si l'on veut être complet, il faut aussi prendre en compte deux autres effets :

- le développement des activités locales de *médiatisation* des externalités (revues, consultant, formation privée et publique...)
- le développement de certaines formes d'internalisation des effets externes, l'idée étant que les coûts de contrôle et d'opportunisme sont plus faibles lorsque l'on se voit plus souvent, où lorsque ceux-ci s'appuient sur des connaissances extra-professionnelles.

Comme l'a bien vu Lucas [1988], c'est cette influence sur les effets externes qui explique en partie que la polarisation des activités continue à s'observer aujourd'hui, en particulier pour les activités créatrices. En situant l'analyse au niveau des métropoles, niveau d'agrégation sans doute plus pertinent pour saisir ce genre de phénomènes que la nation, Henderson, Kuncoro & Turner [1995] ont fourni des éléments empiriques qui laissent

effectivement penser que de telles externalités, inter et intrasectorielles puissent agir sur la croissance des industries.

Dans tous les cas, il faut rappeler que l'action exercée par l'agglomération sur le taux de croissance de la productivité ne se réduit pas à sa seule influence sur les externalités comme on le laisse parfois entendre dans les modèles de croissance. Car l'agglomération agit sur la productivité des activités de connaissances par les mêmes vecteurs que pour les activités plus courantes en fournissant un meilleur accès à une main d'œuvre d'ingénieurs de chercheurs, à des inputs spécialisés et différenciés ou à des biens publics comme des centres universitaires ou des bibliothèques. On ne peut donc pas opposer les économies d'agglomérations « statiques » aux seules externalités informationnelles.

Les enseignements précédents n'épuisent pas loin s'en faut la réflexion sur les externalités informationnelles. En outre, on aurait pu revenir sur d'autres points importants présentés dans cette seconde partie comme la distinction des externalités en fonction de leur dimension temporelle (externalités de flux ou de stocks, ponctuelles ou durables), ou l'idée selon laquelle les externalités informationnelles sont *nécessaires* au maintien d'une économie durablement mais approximativement concurrentielle en favorisant la connaissance des besoins des demandeurs et surtout en évitant une trop grande divergence des trajectoires technologiques. Ils nous permettent néanmoins d'aborder avec beaucoup plus de clarté les problèmes liés à l'introduction des effets externes dans les modèles de croissance.

ANNEXE II : Résolution du programme du planificateur dans l'économie simplifiée décrite en 1.1.2.a

Le programme présenté en 1.1.2.a est donné par :

$$\begin{aligned}
 &\text{Max } U(x_1, x_2) \\
 &w_1 + y_1^i - y_1^j - x_1 \geq 0 \\
 &w_2 + y_2^j - y_2^i - x_2 \geq 0 \\
 &-y_1^i + f^i(y_1^i) \geq 0 \\
 &-y_2^j + f^j(y_1^j, y_1^i) \geq 0
 \end{aligned}$$

Son Lagrangien peut être posé directement :

$$\begin{aligned}
 L(x_1, x_2, y_1^i, y_2^i, y_1^j, y_2^j) = &U(x_1, x_2) + \lambda_1 (w_1 + y_1^i - y_1^j - x_1) \\
 &+ \lambda_2 (w_2 + y_2^j - y_2^i - x_2) \\
 &+ \mu_1 (-y_1^i + f^i(y_1^i)) \\
 &+ \mu_2 (-y_2^j + f^j(y_1^j, y_1^i))
 \end{aligned}$$

L'annulation de chacune de ses dérivées partielles permet d'écrire :

$$\frac{dL}{dx_1} = 0 \quad \Rightarrow \quad U'_{x_1} = \lambda_1 \quad (1)$$

$$\frac{dL}{dx_2} = 0 \quad \Rightarrow \quad U'_{x_2} = \lambda_2 \quad (2)$$

$$\frac{dL}{dy_1^i} = 0 \quad \Rightarrow \quad \lambda_1 = \mu_1 - \mu_2 \frac{df^j}{dy_1^i} \quad (3)$$

$$\frac{dL}{dy_2^i} = 0 \quad \Rightarrow \quad \lambda_2 = \mu_1 \frac{df^i}{dy_2^i} \quad (4)$$

$$\frac{dL}{dy_1^j} = 0 \quad \Rightarrow \quad \lambda_1 = \mu_2 \frac{df^j}{dy_1^j} \quad (5)$$

$$\frac{dL}{dy_2^j} = 0 \quad \Rightarrow \quad \lambda_2 = \mu_2 \quad (6)$$

En combinant (1) et (5), il va :

$$U'_{x_1} = \mu_2 \frac{df^j}{dy_1^j} \quad (7)$$

En combinant (2) et (6), on obtient aussi

$$U'_{x_2} = \mu_2 \quad (8)$$

(7) et (8) permettent alors d'obtenir la première partie de la condition générale :

$$\frac{U'_{x_1}}{U'_{x_2}} = \frac{df^j}{dy_1^j} \quad (9)$$

La combinaison de (1) et (3) puis de (4) et (6) implique :

$$U'_{x_1} = \mu_1 - \mu_2 \frac{df^j}{dy_1^i} \quad (10)$$

puis

$$\mu_2 = \mu_1 \frac{df^i}{dy_2^i} \quad (11)$$

En combinant ces 2 équations, il va :

$$U'_{x_1} = \mu_1 - \mu_1 \frac{df^i}{dy_2^i} \frac{df^j}{dy_1^i} = \mu_1 \left(1 - \frac{df^i}{dy_2^i} \frac{df^j}{dy_1^i} \right) \quad (12)$$

(2) et (4) permettent d'écrire par ailleurs que

$$U'_{x_2} = \mu_1 \frac{df^i}{dy_2^i} \quad (13)$$

En divisant ces 2 expressions, il va :

$$\frac{U'_{x_1}}{U'_{x_2}} = \frac{1 - \left(\frac{df^i}{dy_2^i} \frac{df^j}{dy_1^i} \right)}{\frac{df^i}{dy_2^i}} = \frac{1}{\frac{df^i}{dy_2^i}} - \frac{df^j}{dy_1^i} \quad (I4)$$

Si on rassemble (9) et (I4), on obtient la condition générale de l'optimum parétien d'une telle économie :

$$\frac{U'_{x_1}}{U'_{x_2}} = \frac{df^j}{dy_1^i} = \frac{1}{\frac{df^i}{dy_2^i}} - \frac{df^j}{dy_1^i}$$

Troisième partie

**LE RECOURS AUX
EXTERNALITÉS DANS LES
MODÈLES DE CROISSANCE :
UN POINT DE VUE CRITIQUE**

Troisième partie

LE RECOURS AUX EXTERNALITÉS DANS LES MODELES DE CROISSANCE : UN POINT DE VUE CRITIQUE

INTRODUCTION

Avec le bénéfice de la réflexion antérieure, on va maintenant s'interroger précisément sur le rattachement des externalités au capital physique et au capital humain.

L'introduction d'une externalité sur le capital physique est associée à plusieurs modèles notamment Arrow [1962b], Romer [1986], Romer [1987a] et ainsi qu'on l'a vu dans la première partie, on pourrait l'utiliser pour retrouver les mêmes conclusions que Lucas [1990]. Elle est aussi souvent invoquée pour justifier le lien macroéconomique établi entre l'investissement et la croissance économique, les articles les plus emblématiques de ce point de vue étant ceux de De Long & Summers [1991] et [1993].

On peut dire par ailleurs qu'il existe deux formes d'externalité attachée au capital humain. La première a trait à la formalisation dans un modèle d'éducation de l'influence des parents ou du milieu social proche sur l'accumulation du capital humain de leurs enfants. Le modèle de référence est celui de Lucas [1988]. Il a donné lieu à de nombreux autres développements (voir sur ce point D'autume & Michel [1994]). La seconde est celle qui a été introduite par Lucas [1988] et [1990] pour expliquer l'absence de flux massifs de capitaux vers les économies moins bien dotées et simultanément l'incitation des agents à migrer, à même niveau de qualification vers les endroits où le capital humain est le plus important. Elle a suscité d'intérêt (Fujita & Thisse [1996] et Glaeser, Scheinkman & Shleifer [1995]) ou d'interrogations (Malinvaud [1995], D'autume & Michel [1994] par exemple).

Plan de la troisième partie

Cette partie est divisée en deux grandes sections :

La première section porte exclusivement sur la notion d'externalité attachée au capital physique. On montre qu'on peut réfuter chacun des arguments avancés pour la justifier, notamment celui d'une causalité à la Schmookler [1966] ou encore celui de l'exploitation des liaisons intersectorielles (Rosenstein-Rodan [1943] ou Hirschman [1958]).

La seconde section examine les deux formes d'externalités attachées au capital humain et nous amène là encore à un jugement très critique : L'influence intergénérationnelle des parents ne permet pas de garantir l'accumulation du capital humain dans son sens traditionnel et elle n'est pas internalisée *même si l'on prend en compte une certaine intentionnalité des parents*. Il existe certes une autre conception du capital humain qui combine une notion de savoir qui peut survivre à chaque individu avec une notion spécifique au marché du travail qui ne le peut pas mais cette conception ne peut trouver aucune justification étant donné que la technologie forme un tout. Enfin, même si l'intuition initiale de Lucas [1988] est assez remarquable, on peut largement mettre en doute la pertinence de son modèle pour ce dont il cherche à rendre compte si l'on se sert notamment des enseignements des modèles de recherche type Romer [1990].

I EXTERNALITES ET CAPITAL PHYSIQUE

Avant de traiter directement de la question du rattachement des externalités au capital physique, on commence par quelques remarques préalables sur l'introduction des externalités dans les modèles macroéconomiques. Elles nous resserviront aussi plus loin dans le cas des externalités attachées au capital humain.

I.1 QUELQUES REMARQUES PREALABLES

I.1.1 LES PROPRIETES TRADITIONNELLES DES EXTERNALITES MACROECONOMIQUES

Lorsqu'elle est introduite dans une fonction de production agrégée, l'externalité est censée traduire l'influence actuelle ou potentielle sur le niveau de production global des externalités telles qu'on les observe au niveau microéconomique. Ce n'est donc pas un facteur rémunéré, mais quelque chose qui apparaît comme gratuit. La construction d'un modèle bâti autour de la résolution du programme d'une firme-ménage représentative permet de montrer rigoureusement comment l'effet externe introduit au niveau macro peut survenir d'un système décentralisé où les entreprises se comportent de manière concurrentielle.

Ainsi qu'on la vu dans la seconde partie, les interdépendances non marchandes entre les agents économiques peuvent être très diverses et donner lieu à de multiples formalisations. Dans les modèles de croissance, l'externalité est presque toujours introduite de la même manière. Elle est attachée à une variable affectée d'un exposant qui entre de manière multiplicative dans une fonction de production individuelle ou collective. Cette formalisation classique lui confère alors automatiquement certaines propriétés spécifiques : C'est une

externalité collective, durable et donc prévisible, indivisible, de flux, et enfin pareto-pertinente. Examinons rapidement chacune de ces propriétés.

♦ Externalité collective indivisible :

Même si en pratique, l'information d'une entreprise ne se diffuse pas en une seule fois à toutes les entreprises, la non rivalité de l'information et le processus même d'accumulation des connaissances qui implique que des informations circulent sous des formes plus ou moins modifiées d'entreprises à entreprises, justifient au niveau agrégé l'image d'un pool commun qui serait accessible à l'ensemble des firmes d'une industrie.

♦ Externalité de flux

Cette propriété doit être interprétée avec prudence. Reprenons par exemple la formulation classique d'un modèle d'apprentissage de type Romer [1986] - Sheshinski [1967] sans nous intéresser pour le moment à sa pertinence :

$$Y_i(t) = K_i(t)^\alpha L_i(t)^{1-\alpha} K(t)^\gamma \quad \text{avec } K(t) = \sum_i K_i(t)$$

Formellement, $K(t)^\gamma$ représente l'émission renouvelée à chaque période d'une certaine quantité de bien externe. A la période t , la productivité de chaque entreprise i dépend du capital utilisé par toute la profession. Si une guerre par exemple venait à restreindre brutalement le stock global de capital, alors l'effet externe émis serait largement inférieur et la productivité baisserait toutes choses égales par ailleurs par rapport à ce qu'elle était avant.

En réalité, si les externalités sont bien des externalités informationnelles, elles ne peuvent se traduire que par une déformation définitive de la fonction de production. A la période t , la productivité de chaque entreprise dépend d'abord des investissements passés des entreprises et non du stock global de capital utilisé par l'ensemble des firmes de sorte qu'une baisse brutale du stock de capital n'entraînerait aucune baisse de la productivité. Pour saisir cette idée, il serait donc préférable de remplacer K^γ par $\max K^\gamma$. Evidemment, la formalisation traditionnelle conduisant aux mêmes résultats tant que K ne décroît pas, on peut la conserver par simplification. Mais il faut garder à l'esprit pour toute interprétation le fait que l'externalité macro pour les externalités informationnelles ne peut être qu'une *externalité de stock*.

♦ Pareto-pertinence

En dehors de la question de l'internalisation, la seconde partie a montré que tous les effets externes ne posaient pas nécessairement de problèmes allocatifs. Néanmoins, la pareto-pertinence de l'externalité macroéconomique se justifie parfaitement et cela pour deux raisons essentielles :

D'abord, bien que beaucoup d'effets externes soient infra-marginaux, il n'est pas possible de penser qu'il n'en existe pas certains qui soient pareto-pertinents. La raison tient au

fait que même dans le cas fictif où toutes les entreprises bénéficiant déjà de biens externes auraient déjà épuisé tous les gains de négociation avec les entreprises émettrices rendant par là même l'externalité infra-marginale, il faudrait encore tenir compte des effets externes potentiels qui sont toujours quant à eux pareto-pertinents. Par exemple, à l'équilibre, l'effet externe entre A et B peut être infra-marginal mais A peut quand même exercer un effet externe pareto-pertinent sur C (même si C ne bénéficie pas encore à l'équilibre d'aucun effet externe). En présence de tels liens, l'externalité macroéconomique qui implique par définition qu'une augmentation de l'activité se traduise par l'émission de biens externes sera donc parfaitement validée.

Ensuite, il ne faut pas oublier que les externalités peuvent être individuellement infra-marginales mais collectivement pareto-pertinentes. Dans les notations de la seconde partie où les émetteurs sont indicés i , cela signifie que

$$z = z(z^1, z^2, z^3, \dots) \quad \text{avec } z = 0 \text{ pour tout } z^i = 0$$

Toute augmentation collective des activités à l'origine de l'effet externe (et l'on raisonne forcément au niveau macro avec les niveaux agrégés des variables) engendre donc bien l'effet escompté.

Pour ces deux raisons, il n'y a aucun sens à essayer d'introduire un effet externe non pareto-pertinent au niveau agrégé dans la fonction de production. Tout au plus pourrait-on construire un modèle dans lequel on distinguerait l'influence des externalités non pareto-pertinentes et celles des externalités encore pareto-pertinentes mais cela n'aurait pas semble-t-il grand intérêt.

♦ Prévisibilité

Comme on l'a vu dans la seconde partie, même si beaucoup d'externalités sont imprévisibles du point de vue des firmes, elles demeurent statistiquement parfaitement déterminées au niveau agrégé et cela justifie donc que l'on rattache cette propriété de parfaite prévisibilité aux externalités macroéconomiques.

En résumé, même si beaucoup d'effets externes ne sont ni prévisibles, ni ponctuels, ni collectifs, ni pareto-pertinents, les remarques précédentes justifient néanmoins et dans une certaine mesure la formalisation classique des externalités macroéconomiques. Il n'est pas nécessaire que les externalités telles qu'on les constate au niveau empirique partagent les mêmes propriétés que l'externalité macroéconomique censée refléter leur influence agrégée. Il faut donc être très prudent dans l'interprétation des conclusions des modèles qui dériveront directement des propriétés de l'externalité macroéconomique.

I.1.2 LES CONTRAINTES DE LA PRISE EN COMPTE DES EXTERNALITES INFORMATIONNELLES DANS LES MODELES DE CROISSANCE

I.1.2.a) Les contraintes d'un indicateur dans un modèle de croissance

Etant donné qu'on ne peut pas mesurer directement la quantité d'effets externes, on la rattache à une variable observable qui fait office d'indicateur. Tant que cet indicateur n'est pas une variable endogène d'un modèle, il n'est pas nécessaire qu'il détermine causalement la variable inobservable. Supposons par exemple que l'on pose au niveau macro la relation :

$$Y = AK^{\alpha}L^{1-\alpha}z^{\gamma} \quad (1)$$

Supposons également que l'on ait de bonnes raisons de croire que la quantité d'effets externes émise peut être approximée par un indicateur quelconque, par exemple le nombre d'ingénieurs dans la nation (l'idée étant que le nombre d'ingénieurs varie dans un rapport proportionnel avec les dépenses consacrées à la recherche, génératrice d'externalités). On pourrait alors estimer l'évolution de z grâce à l'évolution du nombre d'ingénieurs sans pour autant qu'il y ait une causalité directe entre les deux.

Par contre, lorsque la variable observable servant d'indicateur est une variable endogène d'un modèle, alors cette variable observable doit forcément déterminer causalement la variable inobservable. Si l'on écrit (1) mais que l'on prend cette fois-ci comme indicateur le niveau global de K en posant $z = K$, il n'est plus possible de considérer que K est un bon indicateur de z sans supposer en même temps qu'il détermine causalement z parce que les enseignements qu'on peut tirer du modèle reposent sur cette causalité.

Ainsi, bien que l'on puisse penser que la quantité d'effet externe émise évolue empiriquement de la même manière que K , cela ne constitue en aucun cas une justification suffisante pour le modèle précédent. Dans ce modèle, une augmentation de K entraîne mécaniquement une augmentation de z et il importe donc que cela décrive une causalité empirique même indirecte, sinon le modèle ne sert plus son objectif.

I.1.2.b) Les conséquences pour les externalités informationnelles

Quelle est la conséquence de la remarque précédente ? Ainsi qu'on l'a vu dans la seconde partie, le début de tout raisonnement sur les externalités doit partir du fait que le bien externe qui se diffuse est de l'information technologique et que celle-ci provient forcément de l'activité essentiellement volontaire de production de connaissance de la firme¹. Pour le dire autrement, il n'y a de possibilités d'externalités que s'il y a production de connaissance. Les externalités correspondant par définition à une certaine forme de diffusion de connaissance (diffusion non marchande), elles sont irréductiblement liées à la production de connaissance.

¹ On met à part ici l'idée selon laquelle il pourrait exister d'autres phénomènes qui ne sont pas réellement des externalités mais que l'on pourrait analyser comme telles au niveau macroéconomique.

Dès qu'elles sont introduites dans un modèle de croissance, les externalités telles qu'elles ont été analysées dans la seconde partie ne peuvent donc être rattachées qu'à la production de connaissance (ou à un indicateur de cette production) qui seule les induit causalement. Dans la terminologie présentée dans la seconde partie, on peut encore dire que la connaissance technique est le bien support, i.e. le bien dont l'utilisation ou la production est directement à l'origine du produit joint non exclusif comme l'utilisation de certains composants chimiques peut être directement à l'origine d'effets externes négatifs de pollution.

Corrélativement, il n'est donc pas possible de rattacher dans les modèles de croissance la quantité d'effet externe à un facteur physique sauf si celui-ci induit causalement la production de connaissance dont une partie se diffuse de manière externe.

1.1.2.c) L'inexistence des externalités « de » capital physique

A moins qu'il y ait une autre forme d'externalité (ou un phénomène que l'on pourrait représenter comme tel au niveau macroéconomique), on doit donc dire qu'il n'existe pas d'externalités « de » capital physique au sens où l'utilisation de capital physique induirait causalement et indépendamment de la production de connaissances techniques qu'elle pourrait contribuer à accumuler, un effet positif sur la productivité des autres entreprises. La question qu'il conviendra donc de se poser est celle de savoir si l'on peut dire que la production de connaissances est due en elle-même à l'accumulation de capital.

Remarquons pour l'instant que même si les travaux de Romer ont largement contribué à relancer l'idée selon laquelle on pourrait rattacher l'externalité au capital physique, son article initial de [1986] faisait d'abord référence aux externalités de connaissance technologique. Formellement, la fonction de production d'une firme était donnée par :

$$Y_i = F(K_i, X_i, K) \quad \text{avec } K = \sum_i K_i \quad (2)$$

X_i : représentant les autres inputs : capital physique traditionnel, travail disponible en quantité fixe.

K_i : connaissances technologiques produites par la firme.

K : Stock de connaissances collectif.

Avec une notation moins ambiguë où K désigne le capital physique et R_i désigne le stock de résultats issus des dépenses de recherche-développement de la firme i , (2) se réécrit :

$$Y_i = F(K_i, L_i, R_i, \bar{R}) \quad \text{avec } R = \sum_i R_i \quad (3)$$

Comme Romer l'a fait remarquer à plusieurs reprises, si l'on considère que la connaissance et le capital physique sont utilisés dans des proportions fixes, il est possible de considérer dans la première formulation que K représente un bien composite composé à la fois de connaissances techniques et d'un input tangible traditionnel. Le modèle peut alors être interprété comme un cas particulier d'un modèle à deux variables d'états dans lequel la

connaissance et le capital physique sont utilisés dans des proportions fixes. C'est cette interprétation qui a justifié certains tests empiriques sur l'élasticité du capital physique. On y reviendra après. Pour l'instant, on va d'abord se pencher sur l'idée selon laquelle l'externalité refléterait un mécanisme d'apprentissage collectif.

I.2 ACCUMULATION DE CAPITAL PHYSIQUE ET APPRENTISSAGE COLLECTIF

I.2.1 MODELISATION DE BASE

L'introduction d'un effet d'apprentissage consécutif à l'accumulation de capital physique dans les modèles de croissance est principalement associée à trois travaux : Arrow [1962], Sheshinski [1967] et enfin Romer [1986] pour un modèle autorisant une croissance auto-entretenu en l'absence de croissance démographique. A la base de ces trois modèles, il y a une double idée :

1 : l'investissement est l'occasion pour chaque firme de bénéficier d'un processus de learning-by-doing qui vient augmenter son « stock de connaissances ».

2 : Les connaissances acquises par chaque firme étant largement non exclusives², elles profitent à toutes de sorte que le stock de connaissance accumulé par chaque firme ne dépend pas seulement de son stock de capital (i.e. des différents flux d'investissements qu'elle a réalisés) mais du stock global de l'économie.

Cette hypothèse trouve un certain fondement empirique dans le fait que les gains d'apprentissage sont très largement indissociables des gains externes. En effet, comme on l'a montré dans la deuxième partie, il ne faut pas voir les externalités présentes dans une bonne partie des domaines d'activité de l'entreprise (stratégies, marketing, management..) comme quelque chose venant en plus de l'apprentissage individuel. Pour l'essentiel, on n'émet et on ne bénéficie des effets externes que dans une activité d'apprentissage. Si les firmes peuvent apprendre, c'est dans le cadre normal de leur activité qui les amène à faire attention à ce qu'elles font mais aussi simultanément à ce que font les autres.

Partons de la formulation de Sheshinski [1967]. Formellement, le modèle fait l'hypothèse d'une économie composée de firmes identiques, toutes caractérisées par la même fonction de production individuelle :

$$Y_i(t) = [K_i(t), z(t)L_i(t)] \quad (4)$$

² On parle encore d'« effets de débordements » à propos de la diffusion des connaissances issues de l'apprentissage.

avec
$$z(t) = \left(\int_0^t I(t) dt \right)^\varepsilon = K(t)^\varepsilon \quad (\text{en l'absence de dépréciation}) \quad (5)$$

$I(t)$ représentant le volume global des investissements réalisés par toutes les firmes au temps t , $K(t)$ représente donc le stock global de l'économie au même instant : $K(t) = \sum_i K_i(t)$.

Pour obtenir une croissance auto-entretenu indépendamment de toute croissance démographique, Romer [1986] a montré qu'on pouvait poser $\varepsilon = 1$. La fonction de production s'écrit alors : $Y_i(t) = F(K_i(t), K(t)L_i(t))$, soit si l'on a affaire à une fonction de type Cobb-Douglas (et après avoir retiré la référence temporelle pour alléger les écritures) :

$$Y_i = A(K_i)^\alpha (\bar{K} L_i)^{1-\alpha} \quad (6)$$

Avec des fonctions de production identiques, chaque firme fait le même choix à l'équilibre. Le capital par tête d'une entreprise est donc égal à celui de l'ensemble de l'économie : $k_i = k = K/L$ et l'on peut donc directement dériver la fonction de production agrégée qui est donnée par :

$$Y = AK^\alpha (KL)^{1-\alpha} \quad (7)$$

Les productivités marginales privées et sociales se déduisent directement de (6) et (7) :

$$\frac{dY_i}{dK_i} = \alpha A K_i^{\alpha-1} L_i^{1-\alpha} \bar{K}^{1-\alpha} = \alpha A L^{1-\alpha} \quad (8)$$

$$\frac{dY}{dK} = \alpha A L^{1-\alpha} \quad (9)$$

Comme la productivité du capital ne décroît plus au niveau global (elle reste constante pour L constant), l'équilibre décentralisé peut assurer sous certaines conditions techniques une croissance auto-entretenu. Le taux de croissance de l'équilibre décentralisé (g_{dec}) sera cependant inférieur à celui auquel parviendrait un planificateur fictif se basant sur la productivité marginale sociale du capital (g_{opt}). Pour le démontrer rigoureusement, il faut recourir à l'hypothèse selon laquelle l'économie est composée d'un ménage représentatif maximisant une fonction traditionnelle d'utilité intertemporelle à élasticité constante [Voir annexe (III.A)]. Dans ce cadre, on établit alors que :

$$g_{opt} = \frac{AL^{1-\alpha} - p - \delta}{\sigma} > g_{dec} = \frac{A\alpha L^{1-\alpha} - p - \delta}{\sigma} \quad (10)$$

p et σ représentent respectivement le degré de préférence pour le présent et la valeur de l'élasticité de substitution intertemporelle dans la fonction d'utilité de l'individu représentatif.

On montre aussi que l'Etat peut théoriquement amener l'économie à l'optimum social en introduisant un système de taxe ou alternativement de subventions.

Remarque sur l'effet taille

Le modèle de Romer [1986] génère un effet taille puisque la productivité marginale du capital (privée ou sociale) et donc le taux de croissance d'équilibre augmentent avec L . On peut supprimer très simplement cet effet taille en rattachant l'externalité au capital moyen par tête (k) dans l'économie plutôt qu'au capital total. En substituant directement K par k dans (6) et (7) puis en dérivant, on obtient directement les productivités marginales privées et sociales du capital, soient respectivement αA et A . On voit qu'elles ne dépendent plus du stock de travail.

Si on voulait maintenir un effet taille associé au niveau moyen du capital humain (mesuré par le niveau d'éducation) sans prendre en compte un effet taille sur L , il suffirait par ailleurs d'écrire :

$$Y_i = AK_i^\alpha (L_i h_i)^{1-\alpha} \bar{k}^{1-\alpha} \quad (11)$$

avec L_i : force de L brute

et h_i : niveau moyen de capital humain exogène

La productivité marginale privée devient alors égale $\alpha A h^{1-\alpha}$ et provoque l'effet taille désiré.

I.2.2 FACTEUR ACCUMULABLE ET ACCUMULATION D'EXPERIENCE

Etant donné que l'expérience est quelque chose qui s'accumule, on peut trouver un certain fondement à l'hypothèse qui rattache les externalités au volume d'investissement cumulé³. Mais il est important de voir que d'autres choix auraient été possibles.

On aurait pu prendre par exemple le volume cumulé de la production (qui est l'indicateur classique au niveau microéconomique), le volume cumulé des augmentations du produit global (i.e. son volume courant) ou n'importe quelle moyenne géométrique de K et L , ce qui s'écrirait dans l'ordre :

$$z(t) = \left(\int_0^t Y(t) dt \right)^\varepsilon \quad (12)$$

$$z(t) = [Y(t)]^\varepsilon \quad (13)$$

³ Comme on l'a dit précédemment, il faut bien faire attention à la formalisation. Ce n'est pas l'utilisation à un moment du capital qui crée une externalité ponctuelle toujours renouvelée. On est bien en présence d'une externalité de stock. Si une guerre venait à détruire le stock de capital, le stock de connaissance accumulé lui survivrait.

$$z(t) = L^{\theta} K^{\rho} \quad (14)$$

(12) implique qu'un apprentissage puisse se poursuivre indéfiniment de manière décroissante, alors même que les quantités de facteurs utilisés resteraient identiques, ce que permet d'éviter (13) ou (14). *A priori* cependant, aucune ne peut être justifiée plus que l'autre⁴.

Avec des formalisations de type (13), on voit que pour bénéficier d'apprentissage, il faut produire, ce qui passe par l'accumulation de capital mais pas seulement. Tout ce qui peut accroître la production comme l'augmentation du capital humain, du capital technologique ou du taux d'activité induit des gains d'apprentissage. L'effort qui permet de produire davantage aujourd'hui sera récompensé mais cet effort n'a pas de raison de porter uniquement sur l'accumulation de capital physique. La différence entre (13) et (14) d'une part et le rattachement à K d'autre part, réside dans le fait que l'effet d'apprentissage y croît non seulement avec K mais aussi avec L (ou $H = hL$)⁵, ce qu'on peut justifier par le fait que le niveau de production, comme le volume d'apprentissage, croît avec L.

Ces remarques montrent en définitive deux choses : D'abord, même dans un modèle à un bien, il n'y a pas de nécessité logique à rattacher les externalités d'apprentissage exclusivement à K et il n'y a donc pas de raison à ce que l'apprentissage survienne uniquement à la suite d'investissements matériels. Ensuite, un même effet externe peut être rattaché à deux variables, ce qui signifie que la variable à laquelle est rattachée l'effet externe ne préjuge en rien de sa nature. Dans (14) par exemple, il n'y a pas une externalité de capital physique et une externalité de travail (ou de capital humain) mais un seul effet externe : celui qui naît d'une forme collective d'apprentissage, dont l'influence est saisie à travers un indicateur qui est une fonction de deux variables.

1.2.3 DISCUSSION DES HYPOTHESES SUR LES EFFETS DE L'APPRENTISSAGE

Dans le modèle Arrow-Romer-Sheshinski, l'hypothèse centrale est que l'investissement est l'occasion pour chaque firme de bénéficier d'un processus de learning-by-doing. Il faut bien voir cependant que les connaissances acquises à travers cet apprentissage peuvent exercer a priori deux effets non exclusifs :

⁴ On aurait pu également prendre le volume cumulé du stock de capital utilisé : $z(t) = \left(\int_0^t K(t) dt \right)^{\epsilon}$

⁵ Notons que si l'on veut éviter que H agisse indépendamment de K sur le volume d'apprentissage et donc conserver l'idée d'une externalité spécifiquement attachée au volume d'investissement tout en maintenant l'idée selon laquelle H pourrait favoriser l'apprentissage ou sa diffusion, on devrait introduire une autre formulation du type :

$$z(t) = \left(\int_0^t H(t) I(t) dt \right)^{\gamma}$$

- Elles peuvent donner aux firmes les moyens de mieux utiliser leurs équipements. C'est l'effet traditionnel qu'on prête au processus d'apprentissage.
- Elles peuvent aussi servir à produire de nouveaux procédés et de nouvelles technologies qui seront incorporées dans les nouveaux équipements. C'était l'idée originale de Schmookler [1966] et d'Arrow [1962].

La prise en compte de ce second effet change le sens des conclusions de la modélisation. Pour clarifier la discussion de l'externalité d'apprentissage associée au capital physique, on va distinguer ces deux effets : On parlera d'apprentissage traditionnel pour le premier et de progrès technique induit pour le second. On reviendra ensuite sur la question du coût de l'apprentissage.

1.2.3.a) Externalité sur le capital physique et apprentissage traditionnel

Avec une interprétation traditionnelle des effets de l'apprentissage, il est évident que les investissements matériels ne donnent lieu à des nouvelles connaissances que si machines et équipements sont réellement nouveaux, c'est-à-dire s'ils intègrent du progrès technique. Au niveau individuel, les investissements de capacité peuvent être à l'origine de nouvelles opportunités d'apprentissage mais celles-ci sont forcément limitées⁶.

Dès lors, même si tout le progrès technique est incorporé dans les équipements, ce n'est pas en soi parce que les entreprises renouvellent leurs équipements qu'elles bénéficieront d'apprentissage mais d'abord parce que ces équipements diffèrent. C'est bien l'évolution de la technologie qui donne l'opportunité d'un apprentissage collectif et non l'accumulation de capital. Et toute augmentation brutale du taux d'investissement n'entraînera aucune nouvelle augmentation des connaissances si la nature des équipements ne change pas.

Pour un état donné de la technologie, on peut toujours dire il est vrai que les investissements matériels induisent un phénomène d'apprentissage collectif. Cependant, comme celui-ci est borné, il n'y a aucun intérêt pour les firmes à s'entendre pour produire davantage (ou accumuler davantage de capital). Autrement dit, les externalités qu'on pourrait éventuellement rattacher à K sont inframarginales et ainsi qu'on l'avait fait remarquer au début de cette partie, une formalisation de type K^γ ne convient pas puisqu'elle ne peut représenter que des externalités paréto-pertinentes, impliquant une différence entre le rendement social et le rendement privé de ce facteur. Avec une interprétation stricte en terme d'apprentissage, la possibilité que $\gamma = 1 - \alpha$ n'a plus aussi qu'un intérêt purement technique.

1.2.3.b) Externalités sur le capital physique et progrès technique induit

Dans le raisonnement précédent, on a interprété le phénomène d'apprentissage dans son sens courant et empirique, ce qui revenait à considérer que l'apprentissage dont faisaient preuve

⁶ Ainsi que le note fort justement Young [1993], il est difficile d'admettre que les phénomènes d'apprentissage ne soient pas bornés, lorsqu'on observe par exemple la quasi-constance de la productivité à travers les siècles en Europe ou ailleurs avant la révolution industrielle.

les firmes leur servait à mieux utiliser les équipements. Etant donné que les nouveaux équipements étaient normalement le produit d'un processus de recherche parallèle, on n'a même pas pris la peine de discuter la possibilité qu'un tel modèle puisse assurer une croissance auto-entretenu.

Mais les connaissances issues de l'apprentissage peuvent aussi servir à produire de nouveaux procédés et de nouvelles technologies dont une grande partie s'incorpore dans les équipements. C'était l'idée originale d'Arrow [1962]. Dans son modèle, l'apprentissage ne se traduisait pas par une augmentation de l'efficacité de l'utilisation des machines en place mais servait directement à créer des machines plus performantes, l'efficacité des nouvelles machines se concrétisant par une diminution du nombre de travailleurs requis pour les faire fonctionner.

Dans le même esprit, Romer [1986] a proposé d'interpréter la variable k dans son modèle, qui désignait normalement le stock de connaissance comme un bien composite formé d'une unité de capital physique et d'une unité de connaissance. Dans son article de [1989], il précisait d'ailleurs que cette hypothèse n'était pas totalement dépourvue de fondements empiriques en citant une étude empirique de Schmookler [1966] qui montrait que l'investissement pouvait précéder la recherche technologique. De Long & Summers [1991] et [1993] l'invoquent également à l'appui de leurs résultats sur l'importance des externalités attachées au capital physique.

Etant donné le poids qui est accordé aux résultats de Schmookler, il n'est pas inutile ici de revenir dessus. Qu'a-t-il montré au juste ? En fait, à partir d'une étude menée sur le dépôt de brevets dans l'industrie des chemins de fers [1846-1950] aux Etats-Unis, il a établi de manière très nette que la production d'invention tendait à suivre très étroitement et non précéder les variations cycliques dans l'output⁷.

Pour expliquer l'inversion empirique apparente de la causalité classique de la production vers l'invention, il a avancé deux grandes lignes d'arguments :

- i) C'est l'augmentation de la demande, qui en autorisant une augmentation du volume d'output, élève la capacité à financer les innovations mais aussi les rendements qui en sont attendus, l'idée étant que l'existence d'une forte demande pour le produit réduit l'incertitude sur la vente du même produit amélioré dans le futur⁸.
- ii) L'augmentation du volume d'output entraîne des gains d'apprentissage (Schmookler parle de « facteurs psychologiques ») parce qu'elle génère des nouveaux problèmes mais

⁷ On se base ici sur Schmookler [1962].

⁸ « *L'activité d'invention est une activité coûteuse au sens où il faut toujours du talent, des efforts et des ressources financières pour réaliser les inventions. Dès lors, son niveau dépend de la comparaison des coûts et des profits attendus de l'innovation. [...] Manifestement les rendements attendus seront d'autant plus importants que les ventes augmentent. [...] Les coûts sont d'autant plus bas que l'entreprise dispose de la capacité à les financer. [...] La pratique courante des affaires qui consiste à établir le budget de recherche à un montant fixe du pourcentage des ventes tend à assurer, dans les années récentes, la relation que l'on a observée* ». Schmookler [1962, p 133].

aussi des nouveaux besoins auxquels il faut répondre⁹. C'est l'idée précédente reprise par Arrow [1962].

Le premier type d'argument a un sens au niveau microéconomique mais ne peut pas être utilisé pour inverser la causalité dans un modèle de croissance, en particulier parce que dans ces derniers, le marché du capital est supposé parfait. Si l'investissement est rentable, il sera entrepris et on ne se pose pas la question de savoir si oui ou non l'entreprise dispose déjà de la capacité de financement.

Il y a un fondement logique et empirique incontournable dans le second argument mais il est très insuffisant pour justifier le rattachement d'une externalité au capital physique et la possibilité de rendre compte avec un tel concept de la corrélation observée entre taux d'investissement et taux d'accumulation du capital physique. On peut d'abord faire remarquer une nouvelle fois que l'externalité devrait être rattachée à la fois à K et à L puisque la corrélation de Schmookler est établie entre le nombre de brevets et le volume de la production de la période précédente. Mais surtout, la double hypothèse de la gratuité et de la non exclusion ne sont plus pertinentes, même à titre de simplification.

On a tout à perdre à ne pas distinguer explicitement les dépenses qui sont consacrées à l'amélioration des connaissances, lorsqu'on doit interpréter des travaux empiriques établissant des corrélations entre taux d'investissement et taux de croissance ou lorsqu'on veut construire des modèles de croissance dont l'objectif est d'endogénéiser le progrès technique. Que disent en effet ces modèles ? La croissance dépend fondamentalement de l'accumulation du capital dont la rentabilité sociale est inférieure à la rentabilité privée. Si l'on veut augmenter le taux de croissance à long terme de l'économie, il faut augmenter l'effort d'investissement dans les machines et ne pas se préoccuper de l'augmentation des connaissances car elle surviendra spontanément. Evidemment, il s'agit d'une lecture stricte mais si on veut la nuancer, on est obligé de faire référence aux dépenses consacrées explicitement à l'amélioration des connaissances et le modèle ne présente plus guère d'utilité¹⁰.

D'ailleurs, lorsqu'on l'examine attentivement, l'interprétation par Schmookler ne remet pas vraiment en cause la causalité classique qui va de la technologie vers l'accumulation du capital. Les gains d'apprentissage permettent une certaine forme de progrès technique mais l'activité d'invention exige bel et bien des ressources coûteuses et le rythme de la production en dépend de manière ultime :

⁹ *L'activité effective d'invention exige apparemment une préoccupation intense, presque obsessionnelle avec son objet. Les acheteurs, par exemple vont montrer plus clairement leurs besoins (qualité ou coûts) [...]. Le nombre d'innovateurs potentiels et l'insatisfaction qui les motivent invariablement sont tous positivement associés avec les ventes. [...] L'augmentation des ventes peut aussi signifier que des agents économiques ont commencé à utiliser les biens pour la première fois. Etant donné que les préférences et les circonstances dans lesquelles il les utilisent peuvent changer, cela peut induire soit les consommateurs eux-mêmes de ces biens soit leurs producteurs à trouver les modifications adéquates.* pp 133-134.

¹⁰ Le raisonnement vaut ici de manière générale pour une économie totalement fermée qui ne peut pas bénéficier des connaissances développées ailleurs. On verra plus tard quelles nuances il faut établir pour les pays en développement qui peuvent dans une certaine mesure déplacer la frontière technologique sans investir dans la production de connaissance.

« La relation (entre output et invention) ne peut pas être expliquée par l'hypothèse selon laquelle les variations dans l'invention induisent celles de l'output ». [Mais, note 13], « Il est essentiel que cette affirmation soit bien comprise. Bien entendu, comme on l'a noté plus tôt, les inventions affectent la production. Ce qui est simplement avancé ici est que leurs effets ne conduisent pas à expliquer les fluctuations dans la production avec lesquelles elles sont synchronisées » [Schmookler 1962, p 134].

On peut donc invoquer le travail de Schmookler pour établir un lien circulaire entre externalité et investissement physique : La recherche produit des nouveaux biens et nouveaux procédés qui sont incorporés dans les équipements, et qui permettent aux entreprises d'acquérir de nouvelles connaissances, lesquelles sont utilisées à la fois dans la processus de production courante et dans le processus de R&D. Mais s'il y a une relation causale à établir, c'est d'abord celle qui va de la recherche aux investissements et à l'apprentissage.

I.2.4 LA QUESTION DU COUT DE L'APPRENTISSAGE

Venons-en maintenant à la question du coût de l'apprentissage. Comme on l'a vu dans la seconde partie, l'idée selon laquelle l'apprentissage survient gratuitement est totalement infirmée au niveau microéconomique (cf. en particulier Malerba [1992]). L'apprentissage est une forme d'activité à part entière qui exige le plus souvent des dépenses importantes. Des ressources sont consacrées à l'amélioration des qualités du produit ou de sa production (management, circuits de distribution, publicité, etc...) et une grande partie des externalités est également exclusivement liée à cette forme de production de connaissance¹¹. L'importance de ces dépenses organisationnelles a d'ailleurs été très largement soulignée notamment Solow [1992], Brooks [1994] Pack [1994], Helpman & Grossman [1994] et Harberger [1998].

En fait, l'hypothèse de gratuité complète celle du caractère parfaitement non exclusif de la connaissance et s'explique surtout par la volonté de conserver l'environnement concurrentiel. On peut évidemment l'accepter à titre de simplification, mais si l'objectif est de garantir une croissance auto-entretenu, il faudra adjoindre un autre mécanisme qui rende compte de l'évolution de la technologie. On peut par exemple construire une modèle avec générations de capital (où chaque génération incorpore une nouvelle technologie dont le rythme augmente de manière exogène). Dans la problématique de la croissance endogène, on peut aussi élaborer un modèle où l'apprentissage est borné et lié en fin de compte au rythme d'introduction de nouveaux procédés de production ou de nouvelles productions (cf. Stockey [1988], Young [1991] et [1993]¹²).

¹¹ On pourrait certes toujours restreindre l'apprentissage aux formes les plus automatiques, mais son contenu serait alors tant réduit qu'il ne pourrait plus justifier le rôle que lui prêtent les modèles.

¹² Young [1993] développe un modèle dans lequel l'apprentissage (qui est borné) prend la forme de l'amélioration de nouveaux biens et est donc conditionné par le rythme d'invention de ces nouveaux biens. L'intérêt de son modèle réside néanmoins dans le fait qu'il fait une autre hypothèse assez justifiée sur le plan empirique selon laquelle les biens nouvellement inventés sont initialement inférieurs aux technologies matures qui ont atteint leur productivité maximale.

A l'inverse, on peut supposer qu'une partie des connaissances que l'on a rangé précédemment derrière l'idée d'apprentissage (organisation, distribution..) sont partiellement exclusives et donnent ainsi lieu à des dépenses spécifiques de la part des entreprises à la recherche de rentes. Après tout, les marchés réels seraient souvent mieux représentés par des modèles de concurrence monopolistique dans lesquels les produits se différencient selon des qualités qui ne peuvent être que le fruit des dépenses « organisationnelles » (différenciation des produits selon leur disponibilité, leur sûreté, les fonctions particulières qu'ils offrent etc...).

Dans un tel cas, et comme Young [1993] le fait valoir, les modèles de R&D type Romer [1990], Aghion-Howitt [1992] ou Grossman-Helpman [1991] seront les plus appropriés. Les externalités « d'apprentissage » deviendront alors des externalités de « recherche-développement ». On retrouve ici l'argument avancé au début de cette partie, selon lequel les externalités de connaissances ne peuvent être rattachées qu'à la production de connaissance, lorsqu'elle figure explicitement dans le modèle.

I.2.5 REMARQUE SUR LES PAYS « SUIVEURS »

Le raisonnement précédent a été établi implicitement pour une économie autonome au sens où le progrès technique ne survient pas de manière exogène et l'on pourrait se demander s'il est encore valable pour ceux des pays en développement dont la part du PNB consacrée à la R&D est virtuellement nulle. Si l'économie peut dans une certaine mesure déplacer la frontière technologique sans investir dans la production de connaissance, les externalités collectives issues d'un processus commun d'apprentissage ne dépendront en effet que des seules ressources allouées à l'accumulation de capital.

En fait, il n'est toujours pas très pertinent de parler d'externalités (pareto-pertinentes) de capital physique. Car même dans le cas extrême où tout le progrès technique était incorporé dans les équipements importés, le renouvellement des gains d'apprentissage resterait conditionné par le rythme technologique, avec la seule différence cette fois que ce rythme serait exogène. Les externalités demeureraient donc inframarginales et toute augmentation brutale du taux d'investissement n'aurait aucun effet sur leur niveau.

En réalité, l'hypothèse selon laquelle toute la technologie est incorporée dans les biens d'équipements étrangers est extrême. L'acquisition de la technologie passe bien souvent par leur imitation, et cette dernière est identique du point de vue de ses effets pour les pays en développement à une véritable production de connaissance. En outre, pour les pays en développement comme pour les autres, beaucoup de connaissances qu'on présente comme issues d'un processus d'apprentissage fortuit, ne peuvent être que le résultat de dépenses spécifiques engagées à cette fin, qu'il est alors préférable de considérer comme de véritables dépenses de recherche créatrices de rentes temporaires pour les entreprises.

On ne peut pas donc vraiment mettre en cause l'idée essentielle développée dans cette partie selon laquelle les externalités de connaissance dépendent en dernier ressort d'un

processus coûteux de production de connaissance et non du renouvellement des investissements en capital physique. Tant que l'économie doit procéder à un arbitrage entre les ressources qu'elle consacre à l'accumulation du capital physique et celles qu'elle consacre à la production de technologie, la notion d'externalité de capital physique qui suppose une causalité directe et indépendante entre capital physique et apprentissage collectif, sera toujours porteuse de confusion.

I.3 EXTERNALITES LIEES AU CAPITAL PHYSIQUE SANS PRODUCTION DE CONNAISSANCE

I.3.1 CROISSANCE INDUITE PAR LA DIVISION DU TRAVAIL EXTERNE SANS PRODUCTION DE CONNAISSANCES.

Pour mettre en doute la pertinence d'une externalité attachée au capital physique, on a fait valoir en (I.2) le fait que le progrès technique dépendait fondamentalement d'une activité coûteuse de production de connaissance, et que toutes les connaissances qui pouvaient être considérées comme fortuites étaient forcément bornées et donc inframarginales. Mais un tel raisonnement n'est plus valable si l'investissement matériel peut soutenir une forme de progrès technique sans qu'il soit nécessaire de passer par un processus spécifique de production de connaissance.

Romer [1987b] a présenté une formulation rigoureuse d'un tel mécanisme en reprenant l'argument déjà avancé par Marshall [1890] et surtout Young [1928] d'une croissance des rendements au niveau global qui serait la seule résultante d'un accroissement de la division du travail entre les firmes. Son modèle repose sur deux grandes hypothèses :

1) Le progrès technique pour les firmes prend la forme d'une augmentation de la variété d'inputs auxquels elles ont accès. L'idée est que des inputs plus différenciés sont aussi plus adaptés aux besoins des entreprises et leur fournit donc l'occasion de gains de productivité. Dans son modèle de [1987b], Romer considérait qu'il s'agissait de biens intermédiaires. Mais il est clair qu'on peut appliquer le même raisonnement aux biens d'équipements durables¹³.

2) Il existe des indivisibilités dans la production qui interdisent à l'économie de produire toutes les variétés de biens durables possibles a priori. Mais l'investissement réalisé à chaque période permet de produire de nouveaux biens toujours plus différenciés qui viennent s'ajouter à ceux que les entreprises utilisent déjà, améliorant ainsi leur technologie.

¹³ Il faut admettre néanmoins qu'en réalité, au niveau d'une firme, cette idée est mieux représentée si l'on fait référence à des inputs intermédiaires plutôt que durables et c'est pourquoi le raisonnement avec les biens intermédiaires est plus souvent retenu. On pensera alors à l'importance de la variété d'outils disponibles pour les ouvriers d'un atelier et même au niveau administratif à la variété des inputs utilisés pour le rangement (types de classeurs, d'étiquettes, d'armoires, etc..) qui augmentent jusqu'à un certain point la productivité du travail.

Pour formaliser la technologie utilisée par le secteur des biens finaux impliquée par la première hypothèse, Romer [1987b] recourt à la fonction de production suivante :

$$Y_i = AL_i^{1-\alpha} \sum_1^N X_{ij}^\alpha \quad (15)$$

avec X_{ij} : quantité utilisée du j ème type d'input par la firme i .

Cette formalisation est désormais classique. Les inputs sont introduits de manière additivement séparables, ce qui signifie que la productivité marginale d'un bien intermédiaire donné est indépendante de la quantité utilisée d'un autre bien intermédiaire. Comme la productivité marginale de chaque input reste décroissante ($dY_i / dX_{ij} < 0$), cette hypothèse implique qu'il est toujours préférable pour une firme d'utiliser de nouveaux inputs plutôt que d'augmenter la quantité de ceux qu'elle employait déjà.

Supposons que les biens d'équipement puissent être mesurés dans une unité physique commune et que tous soient employés dans la même quantité ($X_{ij} = X_i$), (15) se réécrit :

$$Y_i = AL_i^{1-\alpha} (NX_i)^\alpha N^{1-\alpha} \quad (16)$$

On voit alors que pour L_i donné, une augmentation de NX_i ne conduit pas à une situation de rendements décroissants si l'augmentation de NX_i prend la forme d'une augmentation de N pour X_i donné. Comme l'investissement des ressources est exclusivement consacré à la production de nouveaux biens, il est possible de garantir sous certaines conditions une croissance permanente¹⁴.

A côté du caractère auto-entretenu de la croissance, l'autre conclusion importante du modèle est qu'en raison des indivisibilités, les producteurs d'inputs ne peuvent pas adopter une tarification des facteurs à leur productivité marginale et cela implique que l'investissement dans les biens capitaux est sous-optimal¹⁵. Mais il est clair que l'on n'est pas en présence de vraies externalités.

Néanmoins, le plus important de notre point de vue est de noter que l'hypothèse selon laquelle de nouveaux biens pourraient être produits à chaque période sans investissement dans la connaissance est parfaitement irréaliste. La production de nouveaux inputs exige quasiment toujours des dépenses de recherche et tout modèle qui cherche à endogénéiser la croissance doit en tenir compte. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle Romer [1989] a proposé d'interpréter de préférence le coût fixe comme des dépenses consacrées à la recherche. Absolument rien dans le

¹⁴ On va revenir plus précisément par la suite sur ce type de modèle. Voir aussi annexe III.B pour une description rapide de ce modèle dans le cas des biens intermédiaires.

¹⁵ On aboutit en fait à un équilibre de concurrence monopolistique classique : Tant qu'il y a une opportunité de profit, des nouvelles firmes entrent sur le marché monopolistique des biens intermédiaires si bien qu'à l'équilibre, les rentes compenseront exactement les coûts fixes.

modèle n'est alors changé. La seule différence réside dans l'interprétation. On investissait auparavant dans les biens capitaux et l'on investit désormais dans la recherche.

Pour autant, aucun effet externe n'est introduit et cela montre que l'on peut construire un modèle de recherche-développement sans les invoquer au moins sur le plan théorique. Il sera intéressant de s'interroger plus loin sur ce qui a conduit Romer [1990] à vouloir maintenir l'idée d'une externalité dans le secteur de la recherche.

I.3.2 LIAISONS INTERSECTORIELLES ET COMPLEMENTARITE PAR LE MARCHÉ DES INVESTISSEMENTS

Une idée que l'on retrouve parfois est que les externalités associées au capital physique pourraient correspondre à l'exploitation des gains qui naissent de la complémentarité des investissements par le marché. Parlant du modèle de Romer [1986], Guellec & Ralle [1995] dans leur manuel indiquent ainsi :

*« On peut donner plusieurs interprétations à cette relation. Soit un effet d'apprentissage; soit l'existence de complémentarités entre entreprises, la productivité d'une activité étant plus élevée quand une autre activité est développée (chemins de fer et sidérurgie au XIXe) ».*¹⁶

Pour justifier l'externalité importante associée aux investissements matériels, De Long & Summers font aussi référence à deux reprises ([1991] et [1993]) à l'exploitation de tels gains en faisant référence aux liaisons intersectorielles amont-aval mis en avant par Hirschman [1958]. Dans leur article de 1993, (p 414), ils avancent notamment que :

*«...Une vieille tradition de l'économie du développement datant de l'immédiat après-guerre (par exemple Hirschman [1958]) et la tradition plus moderne des nouvelles théories de la croissance datant de la fin des années 1980 (par exemple Romer [1986]) [...] ont toutes les deux souligné l'importance de ces économies externes ou « linkages » comme sources fondamentales de la croissance».*¹⁷

Ainsi qu'on l'a vu dans la seconde partie, tous les investissements et les activités sont complémentaires par le marché et en l'absence de mécanisme de centralisation, la décision de produire un bien ou d'investir davantage nécessite forcément une estimation de la demande potentielle, des inputs disponibles (technologie) et de leurs prix. Lorsque les marchés existent déjà, l'allocation des ressources peut être proche de l'optimum car les décisions des agents économiques peuvent facilement s'appuyer sur les informations passées (inputs existants, prix de ces inputs, quantité demandée...). Mais ce n'est plus le cas lorsque ce sont de nombreuses firmes et même des branches entières qui doivent être créées simultanément pour assurer la rentabilité de chacune du fait de certaines indivisibilités dans la production.

¹⁶ Amable & Guellec [1992, p 330] font le même genre de remarque.

¹⁷ Ce qui est étonnant c'est que dans leurs deux articles, ils citent dans la même phrase, les liaisons intersectorielles et les externalités de Romer [1986], comme s'il s'agissait d'un même phénomène (p 447 pour l'article de 1991).

En tout état de cause, avons-nous souligné, la résolution de cette inefficacité permet de bénéficier de gains, mais ces gains résultent uniquement de l'interdépendance marchande des activités et non d'une interdépendance technique. Pour reprendre l'ancienne terminologie, ce sont des externalités pécuniaires. En outre, le problème allocatif est distinct de celui qui se pose en présence d'externalités même s'il se traduit par la même conséquence : l'insuffisance des ressources investies dans le secteur concerné : secteur émetteur d'externalité ou secteur dans lequel sont présentes de fortes complémentarités non exploitées.

Peut-on dire néanmoins, comme on le suggère souvent, que cette sous-optimalité s'explique par le fait que la rentabilité privée des investissements sur laquelle se basent les agents économiques est inférieure à leur rentabilité sociale ?

La réponse est négative. Si cela était le cas, alors par définition, toute augmentation marginale de l'activité d'un des agents économiques à l'équilibre créerait un bénéfice social. Or, si une entreprise s'engage seule dans son activité, elle ne pourra faire que des pertes et ces pertes seront aussi celles de la société, contrairement à ce qui se passerait si la firme émettait réellement des effets externes¹⁸. Ainsi individuellement, la rentabilité privée estimée est bien égale à la rentabilité sociale et il est efficace du point de vue de chaque agent comme du point de vue de la société qu'aucun investissement ne soit entrepris *si on ne les envisage pas simultanément*. Comme on l'a dit plus haut, le problème allocatif tient simplement au fait que les agents économiques ne parviennent pas dans certaines situations à bien estimer la rentabilité de leurs investissements en l'absence de mécanisme réel de centralisation.

Tant qu'un défaut de coordination subsistera, il n'y a donc aucune raison pour que l'augmentation de l'investissement au niveau macroéconomique permette d'exploiter *automatiquement* les gains qui naissent de la complémentarité des investissements dans certains secteurs. Dans le cas d'une économie composée d'un secteur agricole et d'un secteur industriel *potentiel* qui ne peut se développer que de manière coordonnée du fait de fortes complémentarités (soutien mutuel des demandes ou utilisation des services d'une même infrastructure exigeant des coûts importants), toutes les ressources ne peuvent que s'investir dans le secteur agricole interdisant tout développement industriel. C'est ce que l'on entend lorsqu'on parle de piège de la pauvreté. Si le développement industriel est nécessaire pour assurer une croissance auto-entretenu, alors l'économie atteindra un état stationnaire et la productivité n'y augmentera plus à long terme. Mais on pourrait très bien aussi imaginer qu'une forme ou une autre de progrès technique assure une croissance auto-entretenu, à faible rythme dans le secteur agricole. Dans ce cas, l'accumulation du capital se poursuivra indéfiniment sans jamais engendrer le développement industriel qui seul permettrait d'élever le rythme du progrès technologique.

¹⁸ Dans le cas d'un effet externe, l'augmentation marginale de la production d'une entreprise à l'équilibre est bien sous-optimale du point de vue de la firme mais efficace du point de vue de la société, ce qui est la conséquence directe de l'idée selon laquelle la rentabilité sociale de l'activité à l'origine de l'effet externe est supérieure à sa rentabilité privée.

On pourrait certes imaginer que l'accumulation du capital dans les secteurs déjà développés permette à l'économie de surmonter l'obstacle de la forte complémentarité des investissements dans d'autres secteurs potentiels non développés. Dans notre exemple d'économie à deux secteurs, on pourrait invoquer trois mécanismes différents :

- L'investissement dans le secteur agricole y abaisse suffisamment les rendements pour que certains investissements deviennent rentables dans le secteur industriel en dépit des indivisibilités et des complémentarités, et déclenchent à leur tour d'autres vagues d'investissements.
- L'investissement dans le secteur agricole permet son développement qui génère à son tour une demande suffisante pour un début de développement industriel.
- Enfin, le développement agricole peut nécessiter le développement d'infrastructures « peu rivales » (routes, canaux, etc...) qui conditionnaient le développement du secteur industriel¹⁹.

Il faut bien comprendre cependant que même dans ce cas, il n'y aura pas de différence entre rentabilité sociale et privée. Simplement, la rentabilité privée s'élèvera ou se maintiendra à un niveau élevé tant que pourront être exploitées les indivisibilités du secteur industriel qui sont forcément limitées pour une technologie donnée. Pendant un temps, tous les flux d'investissement vont se diriger dans l'industrie et l'on observera également une réallocation des ressources du secteur agricole vers le secteur industriel. Il s'agira bien dans tous les cas de gains statiques marchands traditionnels.

Evidemment, si les nouvelles activités (dans notre exemple, les activités industrielles) génèrent un progrès technique supérieur ou permettent plus simplement de maintenir le rythme de croissance de l'économie, on aura établi un lien entre l'augmentation de l'investissement, l'exploitation des liaisons intersectorielles amont ou aval dans le secteur industriel et le taux de croissance. Et c'est probablement ce lien qui a pu conduire De Long et Summers à invoquer les liaisons intersectorielles pour justifier en partie l'idée selon laquelle l'investissement matériel serait à l'origine de fortes externalités.

Mais le fait est que le mécanisme précédent ne suppose en aucune façon que la rentabilité sociale de l'investissement soit supérieure à sa rentabilité privée, ni que l'accumulation du capital indépendamment de la technologie qu'il incorpore génère en soi le progrès technique. Ce qui permet de garantir la croissance auto-entretenu, c'est bien le progrès technique dans le secteur industriel. Ce n'est pas parce que l'accumulation du capital peut être à travers les mécanismes qui restent encore à valider, une condition nécessaire pour le développement industriel qu'il constitue pour autant le facteur de la croissance.

¹⁹ On voit qu'un tel processus est similaire au processus d'agglomération des activités : Le défaut de coordination interdit aux agents économiques de s'implanter à un endroit déterminé. Mais si pour diverses raisons, un début d'activité se réalise, alors il peut sous certaines conditions déclencher tout le processus.

On voit bien au passage ce qui sépare la problématique traditionnelle de l'économie du développement et celle des nouvelles théories de la croissance. Pour expliquer la persistance du sous-développement, les spécialistes du développement mettent traditionnellement en avant les obstacles au développement industriel en posant directement un lien entre industrialisation et croissance économique sans s'intéresser à la manière dont la croissance du secteur industriel, et de l'économie plus généralement, peut être garantie. L'objet central des nouvelles théories de la croissance est plutôt quant à lui de présenter rigoureusement les mécanismes qui permettent de perpétuer la croissance.

I.4 CAPITAL PHYSIQUE, CAPITAL TECHNOLOGIQUE ET EXTERNALITES

I.4.1 EXTERNALITES ET CAPITAL PHYSIQUE : QUELQUES ENSEIGNEMENTS

Comme on l'a dit au début de la seconde partie, les externalités sont des externalités de connaissance et elles ne peuvent donc être induites que par une activité de production de connaissance. Plusieurs processus établissant un lien entre l'investissement en capital physique et la croissance sont invoqués dans la littérature pour maintenir l'idée de l'existence d'externalités spécifiquement attachées au capital physique :

- i) L'accumulation de capital physique est à l'origine d'un processus d'apprentissage qui permet de mieux utiliser les inputs de la production.
- ii) L'accumulation de capital physique permet à l'économie de dégager un volume d'expérience et de connaissances techniques qui permettent non seulement de mieux utiliser les inputs de la production mais servent aussi directement à produire de nouveaux procédés et de nouvelles technologies.
- iii) L'accumulation de capital physique permet d'exploiter les gains qui naissent de la complémentarité de certains investissements.
- iv) L'accumulation de capital physique permet de bénéficier des gains collectifs de la division du travail entre les firmes indépendamment de toute augmentation des connaissances.

Les raisonnements précédents nous ont conduit à rejeter chacun de ces arguments. Résumons-les rapidement :

1) L'apprentissage n'a aucune raison d'être rattaché uniquement à l'accumulation du capital. On pourrait tout aussi bien prendre, a priori, le volume de production cumulé, le volume de production courant ou une moyenne géométrique de K et L . En outre, ce n'est pas en soi parce que les entreprises renouvellent leurs équipements qu'elles bénéficieront d'apprentissage mais d'abord parce que ces équipements diffèrent. Pour un état donné de la technologie, on peut toujours dire il est vrai que les investissements matériels induisent un phénomène d'apprentissage collectif. Cependant, comme celui-ci est borné, il n'y a aucun intérêt pour les

firmer à s'entendre pour produire davantage (ou accumuler davantage de capital). Autrement dit, les externalités qu'on pourrait éventuellement rattacher à K sont inframarginales et ainsi qu'on l'avait fait remarquer au début de cette partie, l'introduction d'une externalité multiplicative de type K^γ ne convient pas puisqu'elle ne peut refléter que des externalités paréto-pertinentes, impliquant une différence entre le rendement social et le rendement privé de ce facteur.

2) Malgré le fondement logique et empirique d'une causalité à la Schmookler [1966], il n'est pas possible de considérer que le progrès technique puisse être simplement induit par l'accumulation du capital. Même si elles avaient un caractère fortuit, ce qui n'est pas le cas en réalité, les connaissances issues d'un processus d'apprentissage ne sont qu'un input de l'activité de recherche. La conclusion essentielle est que l'on doit distinguer dans les raisonnements comme dans les modèles les dépenses qui sont allouées à la recherche et celles qui sont allouées à la formation du capital physique.

3) On ne peut pas présenter le problème allocatif qui naît de la complémentarité des investissements comme une différence entre rendement privé et rendement social. Et c'est pourquoi l'augmentation de l'investissement ne permet pas d'exploiter automatiquement les gains marchands qui naissent de cette complémentarité. On peut certes rendre compte d'un lien entre investissement physique, liaisons intersectorielles et croissance mais ce lien ne suppose aucune forme d'externalité attachée au capital physique, ni ne peut être interprété comme reflétant une différence entre le rendement social et le rendement privé de l'investissement.

4) Il est possible de construire en théorie, comme l'a fait Romer [1987b], un modèle autorisant une croissance auto-entretenu sans production de connaissances et reposant sur un mécanisme qui pourrait presque par abus de langage être interprété comme une « forme » d'externalité attachée au capital physique au niveau macroéconomique, étant donné que l'investissement dans le capital physique y devient sous-optimal. Néanmoins, une nouvelle fois, un tel mécanisme est purement théorique car la production de nouveaux inputs exige quasiment toujours des dépenses de recherche. Si l'on interprète le coût fixe comme un coût fixe de recherche, on a alors simplement un modèle de recherche. On ne peut plus se servir de ce mécanisme pour expliquer une quelconque liaison au niveau macroéconomique entre taux d'investissement et taux de croissance de la productivité totale des facteurs..

I.4.2 LE RÔLE DE L'ACCUMULATION DE CAPITAL PHYSIQUE DANS LA CROISSANCE

Ce débat sur les externalités attachées au capital physique n'est pas sans rapport avec celui qui oppose ceux qui présentent le capital physique comme le facteur moteur de la croissance et ceux qui au contraire insistent sur le facteur technologique, voire sur le facteur « humain » comme Lucas. Les travaux qui mettent en avant le rôle moteur du capital physique s'appuient sur une relation empirique entre taux d'investissement et taux de croissance²⁰ (ou

²⁰ L'analyse de sensibilité menée par Levine et Renelt [1992] a largement confirmé ce lien entre investissement et croissance, en montrant que la part de l'investissement dans le PNB était apparemment la variable la plus robuste pour expliquer la différence des taux de croissance entre pays.

entre taux d'investissement et taux de croissance de la productivité totale des facteurs) et invoquent des externalités attachées au capital physique pour expliquer cette relation.

De Long & Summers [1991] et [1993] sont ceux qui vont le plus loin dans cette idée. Leur hypothèse de départ est que les investissements dans les équipements sont sans aucun doute à l'origine d'effets externes dans des proportions bien plus grandes que les investissements de structure et c'est pourquoi il faut se concentrer sur les premiers. Les fortes corrélations qu'ils établissent entre taux d'investissement et taux de croissance du PNB par habitant les amènent à postuler l'existence d'effets externes importants se traduisant par un écart de 20 points entre rendement privé et rendement social sur un échantillon de 61 pays. Mieux, contrairement à ce qu'on pourrait penser, ils montrent que la relation est encore plus significative pour les pays en développement. Reprenant la décomposition entre investissement en équipement et équipement en structure, leur étude consacrée aux pays en développement [1993] les amènent notamment à conclure que 1% dévolu à l'investissement en équipement est associé à une augmentation de 0.302 point de croissance annuelle du PNB par habitant. Les conclusions du modèle résistent à l'ajout de variables conditionnelles. L'effet continent qui capture une partie des différences de "capacité sociales d'absorption" ne modifie que très sensiblement le coefficient lié à l'investissement ($0.278 \neq 0.302$).

Cette relation s'explique largement par le lien sous-jacent entre le taux d'investissement en équipement et le taux de croissance de la productivité totale des facteurs (PTF) puisque 1% d'augmentation de la part des investissements en équipements dans le PNB est associé à une augmentation d'environ 0.2 point par an du taux de croissance de la PTF. Comme ils le disent alors, en supposant que la relation est causale et que l'augmentation de la PTF se produit au moment même de l'installation, leurs régressions laissent penser que le taux de rendement social de l'investissement en équipement peut atteindre 35% par an (dont 20 des 35% sont causés par les effets externes induits par les équipements et définis de manière très large).

En fait, ainsi qu'on l'a dit précédemment, l'idée d'externalités spécifiquement attachées au capital physique n'est pas très pertinente. Si l'on veut introduire des externalités, il est préférable de distinguer les rôles respectifs de l'accumulation du capital physique et de celle de la technologie, dans les modèles comme dans l'explication de certaines relations empiriques.

D'un point de vue purement économétrique, le lien causal entre taux d'investissement et taux de croissance semble de toute façon invalidé. Blomström, Lipsey & Zejan [1996] ont recalculé par exemple la relation entre taux de croissance et formation du capital sur la période [1965-1985] en la décomposant en périodes successives de cinq années afin de mettre en évidence une causalité éventuelle. Ils régressent le taux de croissance du PNB observé par période de cinq ans et le taux d'investissement observé pour la période précédente, la période courante et la période qui succède. Il apparaît alors clairement que la corrélation et la significativité augmentent lorsqu'on passe de la période précédente à la période courante puis à la période qui succède. Et si l'on applique le même test à l'hypothèse inverse selon laquelle

c'est la croissance passée qui explique le niveau de l'investissement courant, alors les résultats deviennent mêmes très significatifs²¹.

Ce résultat est parfaitement cohérent avec l'approche qu'on peut appeler « technologique » de la croissance qui consiste à partir de l'idée selon laquelle, c'est le facteur technologique qui est le moteur de la croissance à long terme au sens où c'est le progrès technique qui, en augmentant la productivité marginale du capital, stimule l'accumulation du capital physique.

L'argument quand on y pense est peu contestable. Si l'on adopte une vision classique du capital humain, comme indice de qualité du travail qui serait reflété dans le niveau d'éducation, il n'est pas possible que l'accumulation du capital physique et l'augmentation du niveau d'éducation (qui est forcément limitée par la finitude humaine) puissent garantir à long terme une croissance auto-entretenu. C'est une contrainte logique liée aux hypothèses raisonnables que l'on peut faire sur la décroissance des productivités marginales de chacun des facteurs. Seule l'accumulation d'un « capital technologique » peut soutenir la croissance à long terme. Comme le notent fort justement Grossman & Helpman [1994, p 32], « *Nous demandons au lecteur de s'interroger sur la phrase suivante : Quelle aurait été la croissance du dernier siècle sans l'invention et le développement de méthodes pour produire de l'électricité ou transmettre le son par la voie des ondes, sans la découverte de Bessemer pour produire de l'acier, et sans le développement de produits comme l'automobile, l'avion, le transistor, les circuits intégrés et l'ordinateur ?* ». Dire cela, ce n'est naturellement pas remettre en question l'importance et la nécessité de l'accumulation du capital physique.

D'abord, l'accumulation du capital est un vecteur essentiel de la technologie étant donné que les nouvelles idées doivent être incorporées dans les équipements et les machines avant de pouvoir exercer leurs effets sur la production²².

Ensuite, même dans un monde où le progrès technique est le moteur de la croissance à long terme, l'accumulation du capital joue un rôle indépendant durant la phase de transition. Dès lors, toutes les expériences de forte croissance ne sont pas nécessairement dues au facteur technologique, comme l'a montré Young [1994] et [1995] à propos des pays d'Asie du Sud-Est²³. Entre 1960 et 1980, le taux d'investissement (I/PNB) a doublé à Taiwan, triplé en Corée et quadruplé à Singapour, alors que durant la même période, le même ratio restait sensiblement constant voire déclinait au niveau mondial. Le taux de croissance de leur productivité totale des

²¹ Voir aussi sur ce point les régressions effectuées par Barro & Sala-i-Martin et résumées dans Barro & Sala-i-Martin [1995 pp 425-434].

²² Maddison [1995, p 33] tire exactement la même conclusion de l'observation de la croissance depuis 1920 des grands pays aujourd'hui industrialisés : « En l'absence de tout progrès technique, l'accumulation du capital physique depuis 1820 aurait été relativement modeste. Une grande partie des investissements auraient servi à remplacer les machines et les bâtiments anciens par de stricts équivalents neufs et à augmenter les équipements pour les adapter aux besoins d'une main d'oeuvre en pleine expansion. La principale incitation à accumuler le capital physique tient au fait que de nouvelles techniques débouchent sur de nouveaux produits et des méthodes de production de produits anciens plus efficaces ».

²³ Voir néanmoins la réserve formulée sur les travaux de comptabilité de la croissance juste après.

facteurs n'a pas été non plus extraordinaire à l'exception de Hongkong. Taiwan se place à la 21^e place, la Corée du Sud à la 24^e et Singapour à la 36^e (Young [1995]).

En réalité, on sait que la méthode de la comptabilité de la croissance surestime le rôle de l'accumulation du capital physique car elle ne rend pas compte de l'endogénéité de celle-ci par rapport au progrès technique²⁴. Dans le modèle de Solow par exemple, la croissance du produit par tête est uniquement imputable à l'état régulier au facteur technologique ($g_y^* = x$). L'application de la méthode de la croissance à une économie ayant atteint l'Etat régulier attribuerait cependant encore αx % à l'accumulation du capital (par tête). Pour tenir compte de cette endogénéité, Klenow & Rodriguez-Clare [1997] ont recalculé les taux de croissance de la PTF en attribuant cette fois-ci à la productivité totale des facteurs la croissance du capital physique induite causalement par l'augmentation de la productivité, ce qui revient à raisonner avec une PTF ajustée. Ils montrent alors qu'à l'exception du cas de Singapour, le taux de croissance du produit par tête s'explique en grande partie par l'amélioration de la productivité totale des facteurs.

Laissons de côté les ambiguïtés de l'interprétation des résultats de la méthode de la comptabilité de la croissance. La dernière raison qui laisse penser qu'il ne faut pas négliger l'accumulation du capital physique tient tout simplement au rôle qu'il joue dans la production même de connaissances techniques:

- directement lorsqu'il est utilisé dans cette activité par les laboratoires et les bureaux d'étude (ordinateurs, machines et appareillages divers).
- et indirectement comme l'on l'a déjà vu lorsqu'il est utilisé dans la production courante et qu'il permet de dégager un volume de connaissances exploitables dans les activités coûteuses de production de connaissances (R&D ou formes de production de connaissances moins formelles).

Evidemment, ce raisonnement vaut peut-être plus encore pour le capital humain. En tous cas, il montre bien l'importance d'un raisonnement avec deux secteurs. Se demander si au niveau général, l'accumulation de capital physique (ou de capital humain) est plus importante que l'accumulation de technologie, n'est sans doute pas la manière la plus pertinente de poser le problème, pas plus finalement que de s'interroger sur l'importance d'externalités attachées au capital physique dans un modèle à un bien.

Beaucoup de commentaires ont montré, surtout au début, que l'on pouvait parler d'externalités de capital physique sans s'interroger réellement sur son contenu et surtout sa pertinence. Il est d'ailleurs significatif que la notation de Romer [1986] ait été source de

²⁴ On avance parfois l'argument opposé selon lequel la méthode de la comptabilité de la croissance sous-estimerait l'importance de l'accumulation du capital dans la croissance car elle néglige le rôle indispensable de cette accumulation pour les technologies qui sont incorporées dans les équipements. Comme on l'a déjà dit, ce sont deux questions différentes. Même si toute la technologie était incorporée dans les équipements, cela ne remettrait pas en cause l'idée selon laquelle la croissance à long terme du produit par tête doit être attribuée en dernier ressort au progrès technique.

confusion. L'idée selon laquelle le capital physique puisse être à l'origine d'externalités importantes paraissait de prime abord suffisamment raisonnable pour ne pas être contestée, ou pour pouvoir être testé empiriquement. Il est vrai que l'article de Romer [1987a] n'a pas contribué à éclaircir le débat²⁵.

Le travail de Summers & De long est aussi emblématique de ce point de vue : Tout y est invoqué simultanément : effets externes liés à la production de connaissance, exploitations des liaisons intersectorielles amont et aval, effets d'apprentissage et causalité à la Schmookler [1966]²⁶). Même si en soi, les résultats empiriques sont intéressants parce qu'ils confirment avec d'autres travaux comme ceux de Levine & Renelt [1992], les liens statistiques entre accumulation du capital et croissance ou accumulation du capital et taux de croissance de la PTF, l'interprétation qu'ils en font en termes d'externalité associée à l'accumulation de capital physique pose réellement problème.

Une telle notion a pu apparaître et persister parce que l'externalité présentait une propriété intéressante par rapport à la problématique initiale des modèles de croissance, sa gratuité, qui permet de contourner de manière très simple le problème lié à l'épuisement du produit. Il est vrai que si des externalités de capital physique existaient bien, si elles représentaient quelque chose de différent des externalités informationnelles, alors un modèle comme celui qui a été présenté au début de cette partie aurait été très pertinent et l'on aurait pu mener avec beaucoup plus d'assurance des travaux visant à estimer l'élasticité sociale du capital physique. Mais ce n'est pas le cas, et c'est pourquoi de tels travaux ne permettent pas de comprendre réellement les processus qui gouvernent la croissance économique²⁷.

I.4.3 RETOUR SUR L'INTRODUCTION D'UNE EXTERNALITE SUR LE CAPITAL PHYSIQUE PAR TETE DANS LE MODELE NEO-CLASSIQUE

On s'était interrogé dans la première partie sur la pertinence de l'introduction d'une externalité sur le capital physique dans le modèle néoclassique pour améliorer ses prédictions. On avait montré que le degré adéquat d'externalité sur le capital physique par tête pouvait réconcilier les prédictions du modèle avec l'estimation empirique courante de la vitesse de convergence entre un certain nombre de pays et même rendre compte, si cela était préférable, de l'égalisation des rendements du capital dans un monde d'économies ouvertes avec parfaite mobilité du capital. Dans le premier cas (problématique de Romer [1987a]), on avait considéré une fonction du type :

$$y(t) = A(t) k(t)^\alpha \bar{k}^\theta(t)$$

²⁵ Ce que Romer [1994, p 20] dit d'ailleurs explicitement : « Mon plus grand regret est de m'être éloigné un moment des externalités liées à la recherche-développement que j'avais initialement introduites dans mon article de 1986 pour mettre au contraire l'accent sur le rôle du capital physique dans mon article de 1987 ».

²⁶ On peut se reporter ici aux pages 445, 446 et 487 pour l'article de [1991] et à la page 414 pour l'article de [1993].

²⁷ Romer [1993, p 559] est encore extrêmement explicite sur ce point : « faire un test sur le coefficient du stock de capital pour savoir s'il est ou non égal à 1 [...] était un acte de désespoir dicté par le manque d'éléments empiriques directs sur la technologies et les idées ».

Dans le second cas (adaptation de la problématique de Lucas [1990]), on avait maintenu une différence dans les niveaux de capital humain de manière à donner un avantage à l'un des pays pour attirer le capital.

$$y(t) = A(t) k(t)^\alpha h^{1-\alpha} \bar{k}^\theta(t)$$

En outre, comme on l'avait fait valoir, l'introduction d'une externalité sur le capital par tête n'était qu'une solution possible parmi d'autres (rattachement à K , h , k_h) pour égaliser les taux de rendements et les estimations empiriques ne permettaient pas de trancher a priori sur la variable la plus pertinente.

Tout le raisonnement précédent montre que cette voie n'est finalement pas très intéressante. La question qu'on va maintenant se poser dans la seconde section de cette partie est celle de savoir si le rattachement d'une externalité au capital humain qui semble trouver plus de justifications intuitives, est réellement pertinente pour les phénomènes qu'elles cherchent à saisir dans les modèles d'éducation ou dans le modèle de Lucas [1990].

II EXTERNALITES ET CAPITAL HUMAIN

II.1 LA QUESTION DE LA TRANSMISSION INTERGENERATIONNELLE DE CAPITAL HUMAIN DANS LES MODÈLES D'EDUCATION

On aborde ici la question de la formalisation dans un modèle d'éducation de l'influence des parents ou du milieu social proche sur l'accumulation du capital humain de leurs enfants. Il existe une certaine imprécision autour de la notion de capital humain employée par les modèles de croissance. Certains l'utilisent dans son sens traditionnel qui est celui donné par les travaux de comptabilité de la croissance. Mais d'autres semblent au contraire mêler implicitement comme le dit Romer [1990] « *une notion de savoir qui peut survivre à chaque individu avec une notion spécifique au marché du travail, le capital humain, qui ne le peut pas* ». La discussion dépend largement de la conception utilisée.

Dans un premier temps, on va présenter le modèle de base ainsi que les hypothèses qui sont faites pour justifier la poursuite de l'accumulation au delà de la finitude en parlant de « capital humain » sans plus de précision. On examinera ensuite la pertinence de ces hypothèses avec une conception traditionnelle du capital humain et au regard de ce que l'on a appris dans la seconde partie sur l'influence éducative parentale. Enfin, on s'interrogera sur la pertinence d'une autre conception.

II.1.1 LE PROCESSUS D'ACCUMULATION DU CAPITAL HUMAIN

II.1.1.a) Le modèle de base Lucas [1988]

Lucas [1988] a proposé un modèle d'éducation dans lequel la décision d'éducation est endogénéisée et garantit en théorie une croissance auto-entretenu du produit par tête. L'approche initiale est résolument individualiste : chaque individu doit décider de la part de son

unité de temps $(1-u)$ qu'il consacre à sa formation, la part restante (u) étant consacrée à la production d'un output qui peut être consommé ou utilisé comme capital.

Le modèle décrit une économie qui se comporte comme si elle était composée d'un individu représentatif vivant éternellement qui résolvait le programme suivant :

$$\text{Max } U = \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \frac{c(t)^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} dt \quad (17)$$

$$\text{sous } \dot{k}(t) = A k(t)^\alpha [u(t)h(t)]^{1-\alpha} - c(t) \quad (18)$$

$$\text{et } \dot{h}(t) = h(t)B[1-u(t)] \quad (19)$$

On suppose ici pour simplifier l'absence de dépréciation pour les deux capitaux ainsi que la constance de L . La résolution du programme²⁸ montre alors qu'une telle économie doit converger vers un taux de croissance d'équilibre positif et constant du produit par tête g^* donné par :

$$g_c^* = g_k^* = g_y^* = g_h^* = \frac{B - \rho}{\sigma} \quad (20)$$

Si l'on peut justifier (19), le modèle garantit une croissance auto-entretenu. La croissance sera d'autant plus importante que le pays est patient (baisse de ρ et de σ qui augmente en fait la valeur d'équilibre u^*) et que la productivité dans le secteur d'éducation (B) est élevée. Evidemment, la croissance ne résulte pas uniquement de l'augmentation de la qualité de la force du travail et pour compléter le modèle, on peut adjoindre, comme Lucas [1988] le mentionne un taux de croissance exogène de la technologie commun à tous les pays. Mais cela ne change pas les conclusions précédentes.

II.1.1.b) La question de la linéarité de l'accumulation sur le temps d'une vie humaine

Revenons à (19). On peut penser avec Lucas que l'augmentation du niveau du capital humain dépend positivement de l'effort qui est consacré à son accumulation $(1-u)$ et du niveau précédemment atteint $h(t)$. Sous une forme un plus générale, l'équation considérée par Lucas est donnée par :

$$\dot{h}(t) = h(t)^\theta g[1-u(t)] \quad (21)$$

On considère souvent que les rendements par rapport à $[1-u(t)]$ sont d'abord croissants ($g' > 0$) puis décroissants ($g' < 0$). L'hypothèse commode à laquelle se range Lucas consiste à supposer qu'ils sont constants : $g[1-u(t)] = B[1-u(t)]$.

²⁸ Lucas [1988] donne une description assez complète de son modèle. On peut se reporter aussi à Barro & Sala-i-Martin [1995, chap 5] pour une généralisation et une discussion approfondie.

Il se base par ailleurs sur les travaux de Rosen [1976] pour postuler que la relation est linéaire par rapport au capital humain précédemment atteint, ce qui implique $\theta = 1$. Cette linéarité ne serait pas contradictoire avec les rythmes observés dans l'accumulation individuelle de capital humain (formation aux âges les plus jeunes essentiellement) si l'on tient compte de la finitude humaine qui diminue la rentabilité des investissements éducatifs de l'individu malgré une « technologie » à rendements constants.

On pourrait s'interroger sur une telle hypothèse²⁹. Il est vrai que contrairement aux autres processus de production, il ne semble pas y avoir de nécessité logique à la décroissance de la productivité marginale de l'éducation dans la production "d'éducation", au moins pour l'accumulation de connaissances pures. Mais cela semble beaucoup moins évident pour les connaissances techniques efficaces du point de vue de la production, les seules qui comptent.

D'Autume et Michel [1994] ont proposé d'introduire une externalité dans le processus même d'éducation pour rendre compte de cette linéarité, l'idée étant que « l'échange informel de connaissances entre membres d'une même classe et surtout d'un même groupe social est à la racine du processus de formation ». Formellement, on aurait alors :

$$\dot{h}(t) = g[u(t)]h(t)^\beta \bar{h}(t)^{1-\beta} \quad (22)$$

On va revenir juste après sur cette idée mais le plus important pour l'instant est de noter que l'hypothèse de la linéarité sur le temps d'une vie humaine n'est pas très importante puisque l'on peut s'en passer en considérant un modèle à générations imbriquées. Imaginons par exemple que l'individu vive deux périodes : $(1-\tau)$ et (τ) . Il décide du temps qu'il va consacrer à sa formation dans la première partie de sa vie $(1-\tau)$. Au terme de cette période, il disposera d'un capital humain égal à h qu'il utilisera pendant la deuxième période de sa vie. La technologie transforme directement du temps en éducation et la question de la linéarité de l'investissement éducatif par rapport au niveau d'éducation déjà atteint sur le temps d'une vie humaine n'importe pas.

L'hypothèse cruciale en réalité dans le modèle à générations imbriquées comme dans une spécification à la Lucas [1988] porte en fait sur l'idée d'une transmission intergénérationnelle du capital humain.

II.1.2 L'ACCUMULATION DU CAPITAL HUMAIN AU DELA DE LA FINITUDE HUMAINE

II.1.2.a) *L'hypothèse de la transmission intergénérationnelle du capital humain*

Pour maintenir la linéarité dans le processus d'accumulation de l'éducation en dépit de la finitude humaine, l'hypothèse traditionnelle consiste à supposer que chaque nouvel individu « hérite » dans la période de sa formation d'au moins une partie du capital humain de ses

²⁹ Comme le dit Malinvaud [1995], « La distance est considérable entre la formule $\dot{h}/h = \delta(1-u)$ et ce que peuvent dire les spécialistes de l'éducation et du travail ».

parents ou de la génération précédente, l'idée étant qu'on saisisrait ainsi l'influence empiriquement attestée du milieu familial sur l'éducation des enfants. Pour clarifier la discussion, il n'est pas inutile de recourir à une formation explicite. Supposons qu'un individu type ne vive que T années et que la technologie de sa formation soit celle qui est décrite par (19) :

$$\dot{h}(t) = B[1-u(t)] h(t) \quad \text{pour } 0 \leq t \leq T \quad \text{avec } h(0) = 1 \quad (23)$$

Avec u constant, le taux de croissance du capital humain, v , de l'individu représentatif est donné par :

$$v = B(1-u) \quad (24)$$

Comme l'on raisonne à partir d'un individu représentatif et sans structure générationnelle explicite, supposons aussi à titre de simplification que l'individu représentatif identique de la génération future ne naît que lorsque le premier meurt, i.e. au temps T . Si tout le capital humain est transmis d'un individu représentatif à l'autre, le nouvel individu hérite au temps T , d'un capital humain égal à $h_T = e^{vT}$. Entre $t = T$ et $t = 2T$, l'accumulation du capital humain présentera encore une linéarité par rapport à h et l'on aura une nouvelle fois :

$$\dot{h}(t) = B(1-u) h(t) \quad \text{pour } T \leq t \leq 2T \quad (25a)$$

Si le processus se répète pour chaque individu, il va :

$$\dot{h}(t) = B(1-u) h(t) \quad \forall t \quad (25b)$$

L'accumulation du capital humain se poursuit toujours au même rythme malgré la finitude humaine. Tout se passe comme si l'on pouvait raisonner avec un individu vivant éternellement. En outre, comme l'a bien souligné Lucas, pour assurer la constance du taux d'accumulation du capital humain, il n'est pas nécessaire que chaque individu représentatif bénéficie au début de sa formation de la totalité du capital humain de la période précédente. Il importe seulement qu'il débute avec une partie constante de ce capital humain. La figure ci-dessous, inspirée de D'autume & Michel [1994] illustre cette idée :

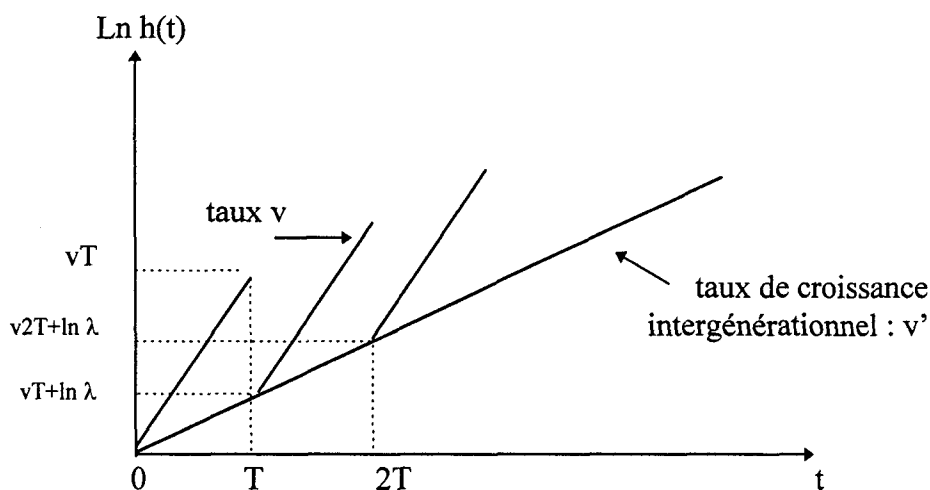


Figure III.1 : Transmission intergénérationnelle d'une part constante λ du capital humain

En T , l'individu représentatif d'une première génération meurt et lègue une partie λ de son capital humain à l'individu représentatif de la seconde génération. Le legs au temps T est donné par λe^{vT} et donc son log népérien par $vT + \ln \lambda$. Ce legs permet au capital humain individuel de croître *en moyenne* à un taux v' qui dépend directement de v .

La présentation qui précède permet de rester au plus proche du modèle de Lucas mais on pourrait aussi considérer, comme le font D'autume & Michel [1994], un modèle simplifié avec structure générationnelle explicite où chaque individu vit deux périodes : Il se forme pendant une période θ et travaille pendant le reste de sa vie, en engendrant à l'âge T un descendant qui hérite d'une partie de son capital humain ou du niveau moyen du capital humain des individus de la même génération.

II.1.2.b) L'effet intergénérationnel sur la productivité de l'investissement en capital humain

En réalité, il n'est pas nécessaire de prendre au pied de la lettre l'hypothèse d'une transmission du capital humain car fondamentalement, elle ne permet pas à elle seule d'assurer la croissance à taux constant du capital humain. Pour le voir reprenons le cas où l'individu ne vit que deux périodes $(1-\tau)$ et τ . Il se forme dans la première et utilise dans la seconde période de manière productive le capital humain acquis. Supposons aussi qu'il existe une technologie qui permet à l'individu de n'utiliser que du temps pour se former, ce qui évite ainsi de se poser la question de la linéarité de l'accumulation d'éducation par rapport à h pendant la durée de sa formation. En dehors de toute transmission intergénérationnelle, le capital humain d'un individu au terme de sa période de formation est donc simplement donné par :

$$h = g(1-\tau) \quad (26)$$

Si maintenant avant de mourir, il « transmet » son capital humain à son descendant de sorte que celui-ci dispose avant toute formation du niveau de capital humain de son parent, le

capital humain de l'individu type augmentera à chaque période de $g(1-\tau)$ et sera donc égal après t périodes à

$$h(t) = tg(1-\tau) \quad \text{avec } h(0) = 0 \text{ et } \tau \text{ constant} \quad (27)$$

On voit alors immédiatement que le taux de croissance du capital humain à travers les générations va décroître quant à lui avec t (puisque $h'(t)/h(t) = 1/t$). Pour obtenir une croissance à taux constant, il faut en fait supposer que la productivité de l'investissement des enfants dépend linéairement du capital humain des parents, de sorte qu'on ait quelque chose de la forme :

$$h_t = g(1-\tau) h_{t-1} \quad (28)$$

Ainsi, dans un modèle en temps continu, la transmission du capital humain par les parents ne permet de maintenir le taux de croissance que dans la mesure où elle agit sur la productivité de l'investissement éducatif. Et l'on pourrait très bien préférer l'hypothèse selon laquelle le capital humain agit sur la productivité de l'investissement du capital humain des enfants sans qu'aucun capital ne soit réellement transmis. On aboutirait exactement aux mêmes résultats.

Toute la discussion va maintenant tourner autour de la question de la conception du capital humain.

II.1.3 CONCEPTION TRADITIONNELLE DU CAPITAL HUMAIN ET MODELE D'EDUCATION

II.1.3.a) La conception traditionnelle du capital humain

Dans son sens traditionnel, le « capital humain » d'un individu correspond simplement à un indice personnel d'efficacité de sa force de travail. Il s'agit d'un capital parce qu'il permet de produire d'autres biens et parce qu'il résulte pour l'essentiel d'un investissement par l'individu lui-même : investissement en temps passé à l'école surtout. Mais il peut également s'accumuler sur le tas³⁰.

Si on affecte à chaque individu un poids reflétant son niveau de capital humain en supposant une parfaite substituabilité entre les niveaux de capital humain, on obtient alors le niveau global de capital humain présent dans l'économie qui n'est rien d'autre qu'une mesure corrigée du stock de travail. Les travaux de la comptabilité de la croissance évaluent un tel stock en pondérant les quantités de travail réparties par niveau d'éducation principalement, par les différences relatives dans les rémunérations moyennes. En divisant par la population active, on obtient alors le capital humain moyen d'un individu dans l'économie.

³⁰ On laisse de côté ici la composante « santé » de la notion de capital humain.

Par sa méthode, la mesure du stock de capital humain ne tient pas compte de la modification ou de l'amélioration des savoirs qui s'incorporent avec le temps chez un individu possédant un niveau d'éducation donné pas plus qu'on ne tient compte de l'amélioration qualitative des machines dans la mesure du stock de capital. Si les ressources en temps et autres pour devenir ingénieur en 1998 sont identiques à celles qui étaient nécessaires en 1948, alors l'ingénieur de 1998 correspondra à la même quantité de capital humain que celui de 1948 comme une machine qui valait 1000 correspond à la même quantité de capital physique qu'une autre machine plus moderne ayant la même valeur en francs constants.

Il faut donc distinguer clairement la quantité de travail ou de capital humain telle qu'elle est mesurée par la comptabilité de la croissance et l'ensemble « concret » de personnes sur laquelle cette mesure a été effectuée. L'ensemble concret de personnes incorpore l'essentiel du savoir sur les procédés, les produits et l'organisation des entreprises mais la mesure du capital humain n'y fait pas référence. Dans les modèles, tout se passe comme si la technologie était quelque chose d'extérieur aux deux formes de capitaux physique et humain. Si l'on doit avoir une image en tête, il vaut mieux se représenter le capital humain d'un individu comme une simple force physique ou une certaine habileté à réaliser une tâche toujours inchangée et dont la productivité s'élève avec le nombre de « machines identiques disponibles » (le capital physique) et l'efficacité de l'agencement de l'ensemble (la technologie).

En pratique évidemment, la technologie s'incorpore dans les deux types de capitaux. On produit de nouveaux biens avec de nouvelles machines et de nouveaux types de services rendus par le travail. Les services rendus par l'ingénieur en électronique de 1998 ne sont plus identiques à ceux du même ingénieur en 1948. Pour établir certaines relations entre le capital humain d'une part et la technologie ou les externalités d'autre part, il faut donc avoir à l'esprit non seulement la mesure du capital humain et la métaphore de ce qui est mesuré mais aussi les formes réelles de ce que l'on appelle le progrès technique.

Le modèle de Solow présenté au tout début de ce travail ainsi que d'autres modèles comme ceux de Romer [1990] ou Grossman & Helpman [1991] introduisent le capital humain exactement dans le sens que l'on vient d'exposer, en supposant néanmoins pour simplifier son niveau comme donné³¹. Pour mener la discussion sur les hypothèses introduites dans un modèle de type Lucas [1988], on va supposer dans un premier temps qu'il recourt à la même conception. Comme le niveau de capital humain est alors essentiellement mesuré par le temps passé à l'école, le modèle à deux périodes où il existe une technologie transformant le temps ($1-\tau$) en capital humain est le plus adapté.

II.1.3.b) Effet intergénérationnel et conception traditionnelle du capital humain

Avec une conception traditionnelle du capital humain, qui mesure son niveau par le temps passé en moyenne à l'école, l'idée d'une transmission du capital humain prise au pied de la lettre n'a pas beaucoup de sens. Pas plus d'ailleurs que l'hypothèse alternative selon laquelle

³¹ Comme on l'a montré dans la première partie, on peut aussi introduire un trend exogène de capital humain dans le modèle de Solow.

le niveau du capital humain des parents augmenterait la rentabilité du temps passé par les enfants à se former. Si $g(1-\tau)$ mesure le capital humain d'un individu, ce dernier ne peut pas croître pour $(1-\tau)$ constant. Il est certes possible de considérer que $(1-\tau)$ ne mesure que l'effort fourni au-delà de celui qui est nécessaire pour maintenir le même niveau de capital humain. Autrement dit, le temps que l'individu partage entre production et formation serait celui qui reste après l'effort initial nécessaire pour maintenir le niveau du capital humain entre les générations. Mais comme le dit Malinvaud [1995], il est irréaliste de considérer qu'il soit indépendant du niveau déjà atteint.

Pour autant, l'idée selon laquelle le niveau des parents exerce une influence sur le niveau de capital humain (quelle qu'en soit la conception) n'est pas fausse. Simplement, dans le cadre d'un modèle à deux périodes, elle ne peut prendre que la forme d'une augmentation du temps passé à se former $(1-\tau)$.

En fait, quand on y réfléchit bien, c'est bien ainsi que s'exerce l'effet intergénérationnel. Dans la seconde partie, on a examiné précisément de quelle manière le milieu social proche et surtout les parents pouvaient agir favorablement et peut-être involontairement sur le niveau de capital humain de leurs enfants. En s'appuyant sur les travaux sociologiques, on a pu isoler six formes d'avantages : une aide scolaire, une information sur la rentabilité des investissements scolaires, le développement du goût pour le raisonnement et les choses intellectuelles, une meilleure maîtrise de la langue, des connaissances quasi-professionnelles (dans les domaines artistiques, agricoles et de l'artisanat...) et l'augmentation dans une certaine mesure des « ambitions » professionnelles³². On avait alors conclu que le rôle des parents permettait surtout d'élever la rentabilité des investissements scolaires et qu'on ne pouvait pas faire de double comptabilité en additionnant le capital humain qui résulte de l'investissement propre de l'individu au capital humain des parents.

Ainsi, le capital humain des parents agit bien sur la rentabilité de l'investissement éducatif des enfants mais pour le voir, il faut cesser de mesurer l'effort par la période de la vie où l'on se forme pour prendre en compte le temps réellement consacré aux études et les coûts subjectifs de l'attention à l'école *pendant la période de formation*. C'est l'attention portée par l'enfant à sa propre éducation pendant sa période potentielle de formation qui mesure réellement son effort. De manière extrêmement caricaturale, on pourrait représenter cette contrainte comme un arbitrage que l'enfant doit réaliser entre le temps passé à faire ses devoirs et suivre à l'école et le temps consacré aux loisirs, contrainte dans laquelle intervient le capital humain des parents. Plus celui-ci est élevé, et plus la productivité des efforts de formation des enfants est importante au sens où ceux-ci devront consacrer moins de loisirs et moins d'efforts subjectifs pour obtenir un résultat donné³³.

³² Dans un modèle où les agents économiques sont rationnels et parfaitement informés, il est évidemment difficile de prendre en compte l'effet exercé sur l'ambition des enfants.

³³ On pourrait également voir l'influence des parents comme une modification de la fonction d'utilité des enfants qui recule le niveau d'effort à partir duquel ces derniers commencent à ressentir subjectivement une certaine désutilité.

A priori, cette augmentation de la productivité a un effet ambigu sur le temps de formation qui sera investi par le descendant. Il pourra faire moins d'effort pour obtenir le même niveau de capital humain que ses parents (c'est-à-dire obtenir le même niveau d'éducation mesuré par $1-\tau$) mais il pourra aussi maintenir et surtout augmenter son investissement, ce qui se traduira par une augmentation de $1-\tau$. L'augmentation des temps de formations observés dans une majorité de pays depuis plusieurs décennies montre que c'est plutôt le dernier choix (augmentation de $1-\tau$) qui serait la règle.

Ainsi, avec une interprétation traditionnelle du capital humain, qui fait de celui-ci l'unique résultante d'un investissement scolaire, on ne peut donc pas dire que tout se passe comme si l'influence des parents ou du milieu social proche sur le niveau de capital humain des descendants prenait la forme d'une augmentation du niveau de capital humain pour un niveau d'étude donné si on laisse de côté la question de la qualité de la formation reçue³⁴. Dès lors, la question du caractère auto-entretenu de la croissance n'a pas beaucoup d'intérêt.

Le capital humain d'une économie peut croître pendant assez longtemps mais seulement grâce à l'augmentation du taux d'investissement que celui-ci soit mesuré par le temps passé en moyenne à l'école ou la part des ressources consacrée par l'économie à l'éducation. Il ne s'agira que d'un effet de niveau même si l'on peut penser que l'effet intergénérationnel permet de réduire les coûts du renouvellement du capital pour l'économie. Un modèle comme celui de Lucas dans lequel le taux d'investissement ($1-u^*$) est constant à l'état régulier n'est pas donc pas très adapté pour décrire la raison réelle de l'augmentation générale du capital humain dans la majorité des pays.

Lucas [1993] l'indique d'ailleurs lui-même explicitement lorsqu'il fait valoir que si les décisions d'investissement scolaire prennent place dans un cycle de vie à deux périodes, « ce qui est une simplification meilleure que celle d'un individu représentatif vivant éternellement », à l'état régulier, la part de ceux qui travaillent (avec un même temps de formation $1-u$) reste constante puisque les retraites sont aussi nombreuses que les entrées et l'investissement en capital humain n'est plus qu'un investissement de remplacement.

Hénin & Ralle [1993, p 82] s'interrogeant sur la question de la linéarité dans le processus d'éducation ont mis en doute cette idée au niveau intra-générationnel. Pour eux « l'absence de rendements décroissants est plausible si l'on raisonne non pas sur le cycle de vie d'un individu, mais en termes de générations successives ». S'ils font bien référence à la notion traditionnelle de capital humain, on serait plutôt amené à dire exactement le contraire. Et l'interprétation au niveau macroéconomique dans laquelle l'accumulation de capital humain dépend aussi du nombre de professeurs, bref de toutes les dépenses engagées par la collectivité n'y change rien.

On notera pour finir que si l'effet principal de l'héritage culturel est bien d'accroître la rentabilité scolaire, alors on peut dire, que celui-ci est déjà pris en compte par les méthodes

³⁴ Il y a certes des études qui semblent indiquer qu'aux mêmes âges, les compétences scolaires des enfants des nouvelles générations sont meilleures que celles des générations précédentes (comme le QI d'ailleurs). Mais ce point reste controversé et l'influence sur la croissance, si elle existe doit être très marginale.

classiques de correction qualitative de l'input travail dans les travaux de comptabilité de la croissance. Certes, ils ne s'efforcent pas d'intégrer un quelconque legs de capital humain pris au pied de la lettre, mais ils mesurent bel et bien l'influence des parents et du milieu proche contrairement à ce que d'Autume et Michel [1994, p 471] laissent supposer. Il est intéressant de constater à ce propos que cet effet était déjà isolé dans les travaux de sociologie comme ceux de Bourdieu [1979, p 147-148, note 33]

« Aux effets de la concurrence entre les groupes en lutte pour le reclassement et contre le déclassement qui s'organise autour du titre scolaire, [...], il faut ajouter un facteur d'inflation que l'on peut appeler structural. L'accroissement généralisé de la scolarisation a pour effet d'accroître la masse du capital culturel qui, à chaque moment, existe à l'état incorporé en sorte que, sachant que la réussite de l'action scolaire et la durabilité de ses effets dépendent de l'importance du capital culturel directement transmis par les familles, on peut supposer que le rendement de l'action scolaire tend à s'accroître continûment, toutes choses égales par ailleurs »

II.1.3.c) Remarque : La question de l'internalisation de l'effet intergénérationnel

On vient de voir que si on considère le capital humain dans sa définition traditionnelle, on doit cesser de prendre au pied de la lettre l'hypothèse non nécessaire par ailleurs d'une transmission intergénérationnelle du capital humain. Tout capital humain meurt avec son porteur biologique et les parents ne peuvent exercer qu'une influence indirecte sur l'accumulation de capital humain par leurs enfants. Il est intéressant néanmoins de se demander si cette influence qui s'assimile à un effet externe est internalisée parce qu'elle est volontaire. En posant l'hypothèse d'un individu vivant éternellement, Lucas suppose implicitement que l'effet externe lié à l'héritage culturel est parfaitement internalisé. Pour D'Autume & Michel [1994, p 471], « l'altruisme des parents vis-à-vis de leurs enfants constitue évidemment une réponse spontanée à ce type d'externalité » et pour formuler explicitement la procédure d'internalisation, ils avancent qu'on pourrait introduire dans la fonction d'utilité un indicateur du legs que l'agent laisse à ses descendants : niveau de capital humain, richesse totale léguée, ou dépenses d'éducation prises en charge par les parents. L'hypothèse de l'internalisation n'est pas déterminante pour les conclusions du modèle. Mais puisque elle a des conséquences normatives importantes, il est intéressant d'en dire deux mots.

Comme il n'y a plus de legs, on peut déjà remarquer que l'action des parents s'apparente plutôt à un investissement. Le coût d'appropriation de l'effet externe habituellement assumé par le récepteur se transforme en coût de transmission pour l'émetteur (le parent). Mais contrairement à l'intuition, les dépenses volontaires des parents dans l'éducation de leurs enfants ne sont pas une manière d'internaliser les effets externes. Il n'y aurait internalisation et donc disparition du problème de la sous-optimalité que si les parents tenaient compte, dès leur décision initiale de formation, des connaissances qu'ils pourront transmettre à leurs enfants, ce qui semble irréaliste au regard de ce que nous apprennent les sociologues sur les mécanismes concrets de cette diffusion. Les parents peuvent « après coup » chercher à transmettre un capital culturel maximal mais l'internalisation suppose par définition qu'ils agissent ex ante sur leur

niveau d'éducation, principal instrument dans le legs d'un capital humain. Et si les parents sans capital humain décidaient d'investir massivement dans l'éducation de leur enfants, il n'y aurait plus par définition legs de capital humain ni donc d'externalité puisqu'il s'agirait simplement d'une formation permise par une opération de redistribution.

Sur une base purement individuelle, on peut donc conclure qu'il y a toutes les chances pour que la décision d'éducation soit sous-optimale du seul point de vue de l'effet externe envisagé ici : l'héritage culturel. Et le raisonnement vaut a fortiori si l'externalité est collective et concerne le milieu social proche (famille élargie ou groupe ethnique). De manière normative, cela constitue un argument fort en faveur d'un soutien public à l'éducation, indépendamment d'autres motifs politiques.

II.1.4 UNE AUTRE CONCEPTION ?

Tout le raisonnement précédent est basé sur une interprétation traditionnelle du capital humain. Certaines formulations laissent toutefois penser que l'on pourrait se servir de la nature des connaissances acquises par les individus pour mesurer leur capital humain. Il ne s'agirait plus seulement de corriger le capital humain en fonction du niveau d'éducation mais de tenir compte du fait que les connaissances techniques maîtrisées par les individus s'améliorent à travers le temps, et ceci pour chaque niveau d'éducation. On pourrait ainsi justifier l'idée d'une accumulation durable du capital humain par tête ainsi mesuré, malgré la finitude humaine. C'est apparemment l'interprétation que donne Romer [1990] lorsqu'il fait valoir que le modèle de Lucas [1988] combine de façon implicite « une notion de savoir qui peut survivre à chaque individu avec une notion spécifique au marché du travail, le capital humain, qui ne le peut pas ». Rebelo [1991] présente aussi cette hypothèse comme celle de « l'incorporation du progrès technique dans l'individu ».

Comme on l'a rappelé au-dessus, la mesure traditionnelle du capital humain revient à considérer celui-ci comme une quantité de services homogènes indépendants de l'état des connaissances techniques. La productivité de ce capital humain augmente parce que le capital physique ou la « technologie » avec lesquels il est utilisé augmente. En réalité évidemment, la technologie s'incorpore dans de nouveaux services rendus par les hommes, c'est-à-dire dans les nouvelles connaissances et les nouveaux savoir-faire qu'acquière les individus. Cette propriété pourrait-elle alors justifier une autre conception et donc une autre mesure du capital humain ?

Il semble bien que non. La technologie forme en effet un tout. Elle n'est pas uniquement incorporée dans les nouveaux services rendus par le travail. S'il n'existait déjà de nouvelles organisations, de nouvelles machines, de nouveaux inputs intermédiaires, les nouveaux savoirs possédés par les individus ne serviraient pas à grand chose. C'est pour cette raison qu'il n'est absolument pas nécessaire aux hommes de disposer de grandes connaissances pour utiliser de nouvelles technologies. Et de fait, beaucoup de ces dernières sont intensives en travail non qualifié (que l'on pense par exemple à l'assemblage d'ordinateurs ou de biens d'électronique grand public) et il n'est pas impossible qu'un jour le progrès technique devienne économe en travail qualifié.

Rappelons au passage que l'hypothèse macroéconomique selon laquelle les individus de même formation ont une même capacité productive identique n'est valable qu'en moyenne. Elle n'est donc pas contradictoire avec le fait qu'au niveau microéconomique, les firmes tiennent compte, dans l'estimation du capital humain des individus, des différences dans les connaissances techniques ou expériences possédées par ces individus pour un même niveau de formation³⁵.

Il n'est donc pas possible de poser l'hypothèse selon laquelle toute la technologie prendrait la forme d'une augmentation de l'habileté moyenne de l'individu. L'idée d'un progrès technique labor-saving ne peut être qu'une convention. Et la meilleure manière de mesurer un capital humain consiste bien à prendre en compte le temps et les ressources qui ont été consacrés par les individus à leur formation³⁶.

II.1.5 AUTRES HYPOTHESES SUR LE LIEN ENTRE LE CAPITAL HUMAIN ET LA TECHNOLOGIE

Dans le modèle de Solow, en l'absence de progrès technique il n'est pas possible de garantir une croissance auto-entretenu car il n'existe qu'un facteur accumulable, le capital physique, qui est soumis à des rendements décroissants. Pour autoriser une croissance auto-entretenu en l'absence d'un progrès technique exogène, l'une des solutions consiste à introduire une seconde variable accumulable dans le secteur final en posant une des deux hypothèses suivantes :

- i) constance des rendements du produit global par rapport aux deux facteurs accumulables ;
- ii) constance des rendements dans le processus d'accumulation de ces deux facteurs par rapport au ou aux facteur(s) accumulable(s) utilisé(s).

La première autre variable accumulable qui vient à l'esprit est le capital humain mais comme on vient de le voir, la formalisation explicite d'un processus d'accumulation de capital humain au sens traditionnel ne permet pas de garantir en soi un processus de croissance étant donné la finitude humaine, même si on peut penser que le niveau d'éducation puisse augmenter pendant assez longtemps.

Deux types d'hypothèses permettent de maintenir l'hypothèse d'une seconde variable accumulable. La première consiste à introduire un processus de progrès technique gratuit et induit par l'investissement éducatif. La seconde revient à raisonner avec une conception élargie

³⁵ En fait, les connaissances détenues par un individu créent une forte différence de capital humain (pour des niveaux de formation sensiblement identiques) uniquement lorsqu'elles sont très rares. On peut penser que l'entreprise rémunère alors non seulement une forme de travail mais surtout un flux d'idée. Voir à ce sujet II.2.5: « Externalités et mobilité professionnelle » dans la deuxième partie de ce travail.

³⁶ Idéalement, il faudrait aussi prendre en compte la qualité de formation selon les économies où elle est dispensée mais cela ne change pas le fond du raisonnement.

du capital humain incluant non seulement le capital humain stricto sensu mais aussi et surtout le capital technologique. Examinons rapidement ces deux cas.

II.1.5.a) Un « effet externe » purement macroéconomique

La première hypothèse, qui est celle adoptée par Stockey [1991] ou Azariadis & Drazen [1991] revient à supposer que l'investissement éducatif se traduit par une augmentation des connaissances et du progrès technique en général. Il existe donc une causalité implicite entre l'investissement éducatif d'une période et le progrès technique dont bénéficiera la génération de la période suivante. Pour ne raisonner qu'avec une variable d'accumulation (en plus de K), il suffit alors d'adopter la convention selon laquelle le progrès technique est labor-saving.

Reprenons le modèle à générations imbriquées où chaque génération vit deux périodes $(1-\tau)$ et τ . Elle consacre la première période à sa formation uniquement puis utilise le capital humain ainsi obtenu dans la production à la période suivante. Supposons également qu'il n'y ait pas de progrès hors l'effet induit par l'investissement éducatif. On peut alors écrire :

$$\hat{h}_t = h_t = g(1-\tau) \quad \forall t \quad (29)$$

avec $g'(\cdot) > 0$ et $g''(\cdot) < 0$

En l'absence de progrès technique, h_t la quantité corrigée de services de travail propre à l'individu, est égale à $(\hat{h}_t)$ la quantité de services de travail mesurée en unité d'efficience (convention d'un progrès technique labor-saving).

Si l'on introduit l'effet induit de l'investissement sur le progrès technique, la quantité de services de travail mesurée en unité d'efficience devient égale à :

$$\hat{h}_t = g(1-\tau ; \hat{h}_{t-1}) \quad (30)$$

La formalisation explicite la plus simple consiste alors à poser

$$\hat{h}_t = g(1-\tau) \hat{h}_{t-1} \quad \text{avec } g(0) = 1 \quad (31)$$

$$\text{ou} \quad \frac{\hat{h}_t}{\hat{h}_{t-1}} = g(1-\tau) \quad (32)$$

On a ainsi un modèle dans lequel la quantité de travail mesurée en unité d'efficience $\hat{h}$ augmente continuellement d'une génération à l'autre. Avec une technologie présentant des rendements constants par rapport à K et $\hat{h}L$, (L constant) et un facteur capital homogène au produit, le taux de croissance du produit par tête sera égal à $g(1-\tau)$ et dépendra donc directement de l'effort consacré à l'éducation.

La notion « d'effets externes »

Dans le modèle précédent, l'introduction à droite de h_{t-1} est représenté comme un effet externe de l'investissement éducatif, mais il est évident que cela ne renvoie pas aux vraies externalités telles qu'elles sont définies au niveau microéconomique.

Il existe un processus de production de connaissances qui n'est pas décrit et qui n'a rien d'un processus gratuit d'apprentissage. En fait par rapport au modèle d'apprentissage, la seule différence tient maintenant au fait que le taux de croissance ne dépend plus de l'effort d'investissement dans le capital physique (par tête) mais dans le capital humain par tête. Il s'agit d'un effet externe purement *macroéconomique* au sens où il est formalisé comme un effet externe mais qu'il ne désigne pas réellement ou pas seulement l'influence des effets externes tels qu'on les connaît.

Rappelons au passage que ce n'est pas *a priori* parce que l'on bénéficie des efforts passés de ceux qui ont investi dans la technologie qu'il y a forcément une externalité. D'abord, on bénéficie aussi de leurs investissements dans le facteur capital. Ensuite, la technologie peut parfaitement se diffuser uniquement de manière marchande à travers le temps (pensons à la durée d'un brevet). Il est vrai néanmoins, qu'elle rentre dans le « domaine public » au bout d'un certain temps.

Pour en finir avec cette question, on notera enfin que si l'on abandonne la structure intergénérationnelle pour raisonner en temps continu, et que l'on pose $B(1-u) = g(1-\tau) - 1$, on retrouve exactement l'équation d'accumulation du modèle de Lucas [1988] :

$$\dot{\hat{h}}(t) = B(1-u) \hat{h}(t) \quad (33)$$

Cela montre que le modèle à progrès technique induit est une des interprétations possible du modèle de Lucas.

II.1.5.b) L'hypothèse d'un « capital humain et technologique »

Pour obtenir une seconde variable accumulable, la seconde hypothèse consiste à considérer une conception élargie du capital humain dans laquelle celui-ci devient le résultat à la fois des investissements dans l'éducation définie de manière traditionnelle et des ressources consacrées à la production de connaissance. Lucas [1993] est plus explicite sur ce point que dans son article de [1988] où il décrit plutôt un modèle d'éducation. L'intérêt essentiel de cette hypothèse est qu'elle permet de décrire un processus auto-entretenu de croissance tout en conservant la simplicité de l'hypothèse de marchés parfaitement concurrentiels puisque la nouvelle variable conserve la propriété de *rivalité* traditionnelle³⁷.

³⁷ En fait, on pourrait aussi interpréter le modèle de Lucas [1993] à la manière de Rebelo [1991] en considérant que la technologie est incorporée de manière rivale dans le capital humain d'un individu, auquel cas on revient à la critique en II.1.4. On présente ici une interprétation alternative plus abstraite mais moins problématique en terme de « capital humain et technologique ».

Notons $\mathbf{H}$, le stock global de capital humain et technologique. Afin de maintenir un processus de croissance, il est possible d'envisager plusieurs types de technologies dans le secteur d'accumulation de ce capital humain et technologique :

1^{ère} hypothèse : Il ne s'accumule qu'avec lui-même, ce qui implique :

$$\dot{\mathbf{H}}(t) = B(1-u)\mathbf{H}(t) \quad (34)$$

Ici, $\dot{\mathbf{H}}(t)$ représente l'investissement net une fois déduit la dépréciation liée à l'obsolescence des connaissances (et si L n'est pas constant à la mortalité humaine). $(1-u)$ représente la part de capital humain et technologique qui est consacrée à sa propre accumulation.

2^e hypothèse : Son accumulation nécessite l'utilisation de l'autre facteur accumulable, le capital physique K , soit :

$$\dot{\mathbf{H}}(t) = B(1-w)K(t)^\gamma (1-u)\mathbf{H}(t)^{1-\gamma} \quad (35)$$

$(1-w)$ représente alors la part du capital global (ou par tête) consacré à l'accumulation du capital humain et technologique. Si $\gamma = \alpha$, le coefficient de capital dans la secteur des biens finaux, les technologies des deux secteurs seront identiques (à B près) et l'on peut décrire l'accumulation de $\mathbf{H}$ comme celle de K .

A priori avec une telle conception du capital « humain », il vaut mieux utiliser la grandeur agrégée $\mathbf{H}$, et c'est d'ailleurs ce que fait Lucas [1993]. Mais rien n'est changé formellement si l'on mène le raisonnement par tête. Si l'on note $\mathbf{h}$, le nouveau capital humain et technologique par tête (avec $\mathbf{H} = \mathbf{h}L$), (34) et (35) peuvent se réécrire directement par tête :

$$\dot{\mathbf{h}}(t) = B(1-u)\mathbf{h}(t) \quad (36)$$

$$\dot{\mathbf{h}}(t) = B(1-w)k(t)^\gamma (1-u)\mathbf{h}(t)^{1-\gamma} \quad (37)$$

Ce raisonnement par tête ne donne pas réellement néanmoins de fondements microéconomiques au modèle. C'est d'ailleurs pourquoi une telle conception n'est finalement pas très éloignée du modèle original de Solow. Supposons ainsi, comme le fait Lucas [1993], que les contraintes productives de l'économie soient données par :

$$Y(t) = AK(t)^\alpha [u\mathbf{H}(t)]^{1-\alpha} \quad (38)$$

sous $\dot{K}(t) = sY(t) \quad (39)$

et $\dot{\mathbf{H}}(t) = B(1-u)\mathbf{H}(t) \quad (40)$

Si u est constant, le taux de croissance du capital humain et technologique est égal à $B(1-u)$. Avec s constant, le ratio K/H converge vers une constante et la production de l'économie à l'équilibre est alors donnée par :

$$Y(t) = AK(t)^\alpha [H(0) e^{B(1-u)t}]^{1-\alpha} \quad (41)$$

ou par tête $y(t) = Ak(t)^\alpha h(0) e^{B(1-u)(1-\alpha)t} \quad (42)$

Comme Lucas le dit lui-même, avec s et u donnés, les équations précédentes sont juste une réinterprétation du modèle de Solow avec un taux de croissance du progrès technique labor saving égal à $B(1-u)$.

L'idée d'un « capital humain et technologique » conduit donc à des conclusions assez distinctes de celles d'une conception plus classique. Comme on a vu précédemment qu'on pouvait également interpréter le même genre d'équation comme décrivant un progrès technique induit par l'investissement éducatif, il vaut mieux être explicite lorsque on fait référence à la notion de capital humain. L'imprécision de nombreux débats sur le rôle du capital humain dans la croissance et notamment des externalités qui y sont rattachées tient sans doute en partie aux diverses conceptions existantes³⁸.

S'agissant du modèle de Lucas [1990], l'externalité qui est introduite est clairement rattachée à une conception traditionnelle. On va y revenir assez longuement en II.C. Avant cela, il est nécessaire de s'arrêter sur les modèles de recherche qui donnent une idée claire de la relation qui unit le progrès technique au capital humain, notamment par le biais des externalités qui y sont associées.

II.2 LES EXTERNALITES ATTACHEES AU CAPITAL HUMAIN DANS LES MODELES DE RECHERCHE

II.2.1 LE ROLE DU CAPITAL HUMAIN DANS LA CROISSANCE ECONOMIQUE

II.2.1.a) *Un modèle de recherche macroéconomique*

Ainsi qu'on l'a déjà dit, l'approche technologique part de l'idée selon laquelle c'est le progrès technique qui détermine à long terme le taux de croissance du produit par tête. Si l'accumulation du capital humain joue un rôle dans ce taux de croissance à long terme, c'est uniquement à travers son utilisation dans l'accumulation des connaissances.

³⁸ On peut penser que Lucas est en partie responsable de cette imprécision étant donné qu'il semble balancer entre une conception traditionnelle du capital humain dans son modèle de [1988] mais irréconciliable avec la finitude humaine et une conception duale explicite dans son article de [1993].

Les modèles de recherche saisissent bien cette interaction entre capital humain et croissance. A la base, il y a toujours l'idée d'un arbitrage devant être réalisé par l'économie entre la production de technologie et la production de bien final.

On peut représenter de manière très simple les termes de cet arbitrage en notant³⁹ :

$$Y(t) = [wK(t)]^\alpha [X(t)uLh]^{1-\alpha} \quad (43a)$$

$$\dot{K}(t) = sY(t) \quad (43b)$$

$$\dot{X}(t) = [(1-w)K(t)]^\beta [X(t)(1-u)Lh]^{1-\beta} \quad (43c)$$

L et h (le niveau moyen du capital humain d'un individu)⁴⁰ sont constants, comme w et u, qui sont quant à eux compris entre 0 et 1. On suppose à travers (43b) que le bien capital est homogène au bien final. X(t) est un *indicateur* traduisant l'augmentation du niveau technologique de l'activité de production, identique à celui du modèle de Solow. Néanmoins, contrairement à l'hypothèse de gratuité et d'exogénéité du modèle néo-classique, (43c) montre que l'augmentation de ce niveau technologique exige des ressources en capital physique et humain (ou de l'output tout simplement si $\alpha = \beta$).

L'autre point important est la présence simultanée de X(t) dans les deux activités qui s'explique simplement par le caractère non rival de la « technologie » que celle-ci soit incorporée ou non dans les inputs. En fait, on suppose que le progrès technique en général ne bénéficie pas seulement à la production de bien final ou de capital mais aussi à sa propre production.

Etant donné que les deux fonctions présentent des rendements constants par rapport aux deux facteurs accumulables K et X, il est possible d'établir qu'une telle économie converge vers un état régulier où les taux de croissance de X, de K, et de Y (et donc y avec L constant) sont tous égaux à une même constante dépendant de manière un peu complexe de la valeur des différents paramètres.

Pour montrer de manière simple que le taux de croissance d'équilibre dépend du niveau de capital humain, supposons qu'il n'y ait plus de capital physique dans le secteur d'accumulation de la technologie. On maintient néanmoins l'hypothèse selon laquelle la technologie dans la production de technologie évolue de la même manière que dans le secteur final. Autrement dit, X(t) figure toujours dans les deux secteurs⁴¹.

³⁹ On s'inspire ici de la présentation de David Romer [1996, chap 3].

⁴⁰ Rigoureusement, il faudrait aussi tenir compte des ressources qui sont consacrées à l'augmentation du niveau d'éducation. Par simplification et pour ne se concentrer que sur le lien entre taux de croissance et capital humain, on considère celui-ci comme donné.

⁴¹ En réalité, étant donné que la technologie s'incorpore également dans les biens capitaux, il faudrait que ceux-ci figurent aussi dans le secteur d'accumulation pour que l'on puisse faire cette hypothèse. Aussi s'agit-il surtout d'une simplification. En outre, on verra qu'on peut également invoquer l'existence d'externalités pour justifier la présence de X(t) à droite dans l'équation d'accumulation.

$$Y(t) = A(t) K(t)^\alpha [X(t)uLh]^{1-\alpha} \quad (44a)$$

$$\dot{K}(t) = sY(t) \quad (44b)$$

$$\dot{X}(t) = X(t)[(1-u)Lh]^{1-\beta} \quad (44c)$$

Avec u constant, (44c) donne immédiatement le taux de croissance de X . A l'Etat régulier, K augmentera au même taux que X , ainsi donc que Y . Le taux de croissance du produit global ou du produit par tête dépendra par conséquent directement du niveau de capital humain h et de la population :

$$g_y = g_x = (1-u)[Lh]^{1-\beta} \quad (45)$$

Si l'on suppose des rendements constants par rapport à Lh , $\beta = 0$, et le taux de croissance devient égal à $(1-u)Lh$.

La question de la valeur de β n'est pas déterminante. La particularité de la production de technologie semblerait justifier davantage la décroissance des rendements par rapport à Lh mais il est parfois pratique de poser une stricte proportionnalité notamment pour extrapoler simplement l'effet taille. En tous cas, il est important de noter que l'on est tenu de poser une élasticité unitaire sur $X(t)$ pour obtenir une croissance auto-entretenu. L'hypothèse est fort discutée. Apparemment, cela semble cohérent avec l'idée selon laquelle la « technologie » est non rivale, qu'elle soit ou non incorporée dans les inputs. On reviendra dessus plus loin.

Lien avec Lucas [1993]

A l'effet taille près, il est intéressant de noter que le modèle précédent est en fait équivalent au modèle de « capital humain et technologique » proposé par Lucas [1993]. Pour le voir, posons $H = X(t)Lh$ et maintenons l'hypothèse des rendements constants par rapport à Lh dans le secteur d'accumulation ($\beta = 0$). Les équations (44a), (44b) et (44c) se transforment alors en :

$$Y(t) = A(t) K(t)^\alpha [uH]^{1-\alpha} \quad (46a)$$

$$\dot{K}(t) = sY(t) \quad (46b)$$

$$\dot{H}(t)/Lh = (1-u)H \quad (46c)$$

Si l'on supprime l'effet taille en multipliant (46c) à gauche par Lh , on retrouve bien exactement le modèle présenté par Lucas [1993].

Le modèle précédent est purement descriptif. Il montre quel genre de relations il faut poser pour obtenir un lien entre taux de croissance et ressources consacrées à la production de

technologie mais il ne nous renseigne pas sur la forme que prend la technologie ni sur sa compatibilité avec un équilibre décentralisé. Il ne peut donc pas dire grand chose sur le rôle des externalités, et notamment celles qui sont liées à l'utilisation du capital humain dans le secteur de la recherche.

Les modèles de base qui décrivent rigoureusement les fondements microéconomiques de la production de technologie et notamment le rôle des externalités sur le capital humain dans la croissance économique sont ceux de Romer [1990], Grossman & Helpman [1991] et Aghion & Howitt [1992]. Pour ce que l'on cherche à montrer, le modèle de Romer [1990] est le plus adapté. Examinons brièvement une version possible de ce modèle qui est donnée par Barro & Sala-i-Martin [1995]. Elle se distingue du modèle original sur deux points non essentiels : On raisonne avec des inputs intermédiaires plutôt que durables et on ne distingue pas entre travail non qualifié et capital humain (désincorporé).

II.2.1.b) Un exemple de modèle de recherche avec fondements microéconomiques : Le modèle de Romer [1990] avec externalité dans la recherche⁴²

Dans cette version du modèle de Romer [1990], le progrès technique dans le secteur final prend la forme d'une augmentation de la variété d'inputs intermédiaires auxquels les firmes de ce secteur ont accès. On a déjà présenté cette idée en I.3.2 de cette troisième partie. La formalisation est inchangée : La technologie de production de l'output par une firme i est donnée par :

$$Y_i = A (hL_i)^{1-\alpha} \sum_1^N X_{ij}^\alpha \quad (47)$$

où X_{ij} représente la quantité utilisée du j ème type d'input *intermédiaire* par la firme i .

Dans le secteur des biens intermédiaires, les firmes utilisent la même technologie pour produire du bien intermédiaire. (Autrement dit, il faut une unité d'output pour produire une unité de bien intermédiaire j). Cependant, elles sont contraintes au préalable d'assumer un coût de recherche, lequel leur fournit pour simplifier un monopole perpétuel.

Les conclusions du modèle reposent largement sur la manière dont on décrit la technologie de l'invention. A priori, on peut penser que cette activité se distingue des activités courantes à deux niveaux : D'une part, elle doit sans doute être plus intensive en capital humain ; d'autre part, il doit y avoir des effets externes importants liés à la difficulté d'exclusion des connaissances. Pour prendre en compte ces deux caractéristiques de manière simplifiée tout en assurant une croissance auto-entretenu, Romer fait deux hypothèses intimement liées :

- 1) L'activité d'invention ne requiert que du capital humain.

⁴² La structure formelle du modèle est décrite dans l'annexe IIIC. Elle complète la présentation générale qui est donnée ici.

2) La quantité de capital humain nécessaire pour produire un nouveau bien au moment t est *inversement proportionnelle* au nombre d'inputs disponibles dans l'économie à ce moment ($N(t)$), l'idée étant que chaque nouvelle entreprise s'engageant dans la production d'un nouveau bien intermédiaire bénéficie gratuitement de la connaissance produite par les générations passées. Formellement, on a :

$$\text{coût d'une invention en quantité de travail} = b/N(t) \quad (48)$$

Ainsi, si au total l'économie utilise au cours de la période t dans le secteur de la recherche une quantité de capital humain égale à hL_R , la quantité totale de nouveaux inputs qui sera produite sera égale à :

$$\dot{N}(t) = \frac{hL_R}{b/N(t)} = \frac{1}{b} hL_R N(t) \quad (49)$$

Etant donné que les inputs entrent de manière additivement séparables dans la production de bien final, il est toujours intéressant de produire de nouveaux inputs. L'épargne dégagée à chaque période sera donc automatiquement prêtée à des entreprises qui s'engageront dans la production de nouveaux inputs intermédiaires. Tant qu'il y aura une opportunité de profit, des nouvelles firmes entreront sur le marché monopolistique des biens intermédiaires si bien qu'à l'équilibre, les rentes perpétuelles compenseront exactement les coûts fixes d'invention.

A partir de la résolution du programme de maximisation des ménages, il est possible de décrire totalement l'équilibre décentralisé. On montre alors que le taux de croissance d'état régulier du produit par tête⁴³ (qui est égal à celui du nombre d'inputs intermédiaires étant donné la technologie utilisée dans le secteur des biens finaux) est donné par :

$$(g_Y)^* = (g_N)^* = \frac{\alpha hL/b - p}{\alpha + \sigma} \quad (50)$$

On observe que le taux de croissance du produit par tête est d'autant plus important que

- les agents sont prêts à épargner (p et σ faibles),
- le coût d'invention en terme de quantité de travail (b) est faible,
- la population (L) et le niveau moyen du capital humain (h) sont élevés.

Le modèle de Romer [1990] ou plus exactement la version qui est présentée ici établit donc bien les fondements microéconomiques d'un lien entre le taux de croissance de l'économie et le niveau du capital humain, et ceci à travers l'introduction d'une externalité dans le secteur de la recherche.

⁴³ Avec L constant, on a en fait $g_Y = g_y = g_C = g_c$.

On met mieux en évidence l'externalité introduite par Romer si l'on réexprime (49) par tête en divisant par L_R et si on pose $N(t) = \bar{X}(t)$ ⁴⁴. On a alors :

$$\dot{N}_i(t) = \frac{1}{b} h \bar{X}(t) \quad (51)$$

Cette expression indique qu'au moment t , le nombre de nouveaux inputs réalisés par un chercheur i dépend de son niveau de capital humain mais aussi du stock de connaissance produit par les générations passées et auquel il a accès gratuitement et que l'on peut supposer proportionnel au nombre d'inputs déjà inventés pour simplifier : $\bar{N}(t) = \bar{X}(t)$

Cette externalité a évidemment des conséquences cruciales pour les conclusions du modèle :

- En l'absence d'externalités, il n'y a pas de croissance. Et toute déviation de la valeur unitaire de l'élasticité sur N modifie les conclusions du modèles : absence de croissance à long terme avec une élasticité inférieure à 1 et croissance explosive avec une élasticité supérieure à 1. On a expliqué cependant pourquoi dans la première partie cette instabilité du modèle n'était peut-être pas si décisive.

- La présence de l'externalité rend l'équilibre décentralisé sous-optimal, l'économie allouant trop peu de travail aux nouvelles inventions, ce qu'on peut montrer en résolvant le programme du planificateur social (voir annexe III.B)⁴⁵.

De notre point de vue, ces conséquences méritent qu'on s'y attarde non seulement pour juger de l'éclairage apporté par un tel modèle mais aussi parce que cela nous permettra de discuter plus loin l'externalité de Lucas. En effet, bien que l'on ait parlé jusqu'ici d'externalité dans la recherche, on aurait tout aussi bien pu parler d'externalités liées à l'utilisation de capital humain dans ce secteur, puisque il n'y a que ce facteur qui y soit utilisé. Si l'on écrit :

$$\bar{X}(t) = e^{(hL_R/b)t} \quad \text{avec } X(0) = 1 \quad (52)$$

on voit à travers le produit de h par t dans l'exposant qu'on prend en compte implicitement les niveaux de capital humain utilisés à chaque période. Il s'agit en quelque sorte d'une externalité de stock *cumulative*.

⁴⁴ Comme dans les parties précédentes, $X(t)$ représente la variable technologique et ne doit pas être confondue avec X_{ij} , la quantité du j ème type d'input intermédiaire utilisée par la firme i .

⁴⁵ La sous-optimalité tient aussi à la distorsion introduite par le comportement monopoliste, nécessaire pour assurer la décentralisation du processus d'invention en présence de coûts fixes de recherche.

II.2.2 DISCUSSION DE L'EXTERNALITE DANS LE SECTEUR DE LA RECHERCHE DANS LES MODELES DE RECHERCHE-DEVELOPPEMENT

II.2.2.a) Un modèle de recherche sans externalité

La première chose à rappeler au sujet du modèle de Romer [1990] est que l'on peut obtenir un modèle de croissance endogène de recherche basé sur la diversification des inputs sans introduire explicitement une externalité, comme l'ont montré Rivera-Batiz & Romer [1991]⁴⁶. On retrouve simplement ce résultat dans la cadre du modèle présenté au dessus.

Pour en comprendre le principe, revenons à (49). Cette équation indique que la quantité de travail nécessaire à l'invention d'un nouvel input au temps t est donnée par $b/N(t)$, ce qui implique un coût d'invention égal à $w(t) b/N(t)$ unités d'output. Comme à l'équilibre, le salaire croît proportionnellement avec N , ce coût d'invention reste toujours constant⁴⁷. Si l'on pose directement que le coût de recherche est égal à une quantité fixe d'output, qu'on peut noter η , on pourra alors construire un modèle basé sur l'augmentation de la variété des inputs sans introduire explicitement aucune externalité.

La structure du modèle reste exactement la même (voir annexe III.C) et l'on peut montrer que le taux de croissance d'équilibre (g_{dec}) est désormais donné par :

$$g_{dec} = \frac{hL/\eta A^{1/1-\alpha} (1-\alpha/\alpha) \alpha^{2/1-\alpha} - p}{\sigma} \quad (53)$$

Il dépend toujours de la même manière des différents paramètres, i.e. négativement de σ , p et du coût d'invention en unité d'output η . Etant donné que l'activité d'invention utilise la même technologie que l'activité de production de bien final, on voit aussi que le taux de croissance dépend positivement de A . Par ailleurs, il est possible de montrer que l'équilibre décentralisé demeure sous-optimal étant donné que trop peu de ressources sont investies dans la recherche. Mais cette fois-ci, la seule source de distorsion provient du caractère monopolistique du marché et non plus d'effets externes explicites.

On remarquera au passage qu'on ne retrouve pas le taux de croissance de l'équilibre décentralisé dans le modèle avec externalité dans le cas où l'on fait l'hypothèse que η est égal à la valeur d'équilibre du coût d'invention en terme d'output dans le modèle d'externalité (soit $bA^{1/1-\alpha} (1-\alpha)\alpha^{2\alpha/1-\alpha}$). Pour le voir, il suffit de remplacer η par cette dernière valeur dans (53) et de comparer avec (50). On établit alors que :

⁴⁶ Voir aussi Romer [1987b] pour un raisonnement basé sur les indivisibilités dans la production plutôt que sur un coût fixe de recherche.

⁴⁷ L'équation (10) de l'annexe III.C montre que l'évolution du salaire d'équilibre est donnée par

$$w(t) = A^{1/1-\alpha} (1-\alpha) \alpha^{2\alpha/1-\alpha} N(t)$$

Si l'on multiplie $w(t)$ par $b/N(t)$, on obtient la valeur du coût d'invention en terme d'output qui est constante est égale à $bA^{1/1-\alpha} (1-\alpha) \alpha^{2\alpha/1-\alpha}$

$$g_{\text{sans externalité}} = \frac{\frac{1}{\alpha} \frac{hL}{b} - p}{\sigma} > g_{\text{avec externalité}} = \frac{\frac{1}{\alpha} \frac{hL}{b} - p}{\sigma + \alpha} \quad (54)$$

Cet écart tient simplement à la supériorité de la technologie du modèle sans externalité. Dans celui-ci en effet, poser que le coût d'invention requiert une quantité fixe d'output revient à supposer qu'il nécessite une quantité de travail de plus en plus faible étant donné que $w(t)$ croît au même rythme que $N(t)$.

II.2.2.b) Nécessité théorique et nécessité empirique des externalités dans les modèles de recherche-développement

Le grand intérêt du modèle précédent est de rappeler que l'activité d'invention bénéficie également à travers le marché du progrès technique incorporé dans les inputs intermédiaires (ou durables) de plus en plus différenciés ou de qualité croissante si on se situe dans le cadre du modèle d'Aghion & Howitt [1992]. De fait, la recherche qui est menée par les entreprises est loin d'être assimilable à une pure réflexion philosophique. Les laboratoires et les centres de recherches font une large utilisation d'ordinateurs, de logiciels, d'équipements de télécommunication ou de machines pour réaliser des tests, faire des simulations ou mettre au point des prototypes⁴⁸.

Mais en abandonnant l'hypothèse d'externalité, d'une certaine manière le modèle va trop loin. Comme on s'est efforcé de le montrer dans la seconde partie, les externalités ont un caractère inévitable dans l'activité de production de connaissances. Et si la modélisation d'un processus de croissance auto-entretenu implique qu'il faille supposer que la production exige une quantité fixe d'output, alors un modèle plus réaliste doit recourir à une externalité explicite pour justifier de cette possibilité. Autrement dit, l'introduction d'une externalité dans un modèle de recherche-développement n'est pas une nécessité théorique mais empirique. Il est d'ailleurs significatif que Romer [1990] ait réintroduit une externalité alors que son modèle similaire de [1987b] garantissait déjà une croissance endogène.

Par simplification malheureusement, l'hypothèse extrême du recours au seul capital humain conduit à perdre la dimension marchande de la technologie. Il faut donc se contenter de deux modèles différents pour décrire la dimension à la fois marchande et non marchande dont bénéficient les nouveaux chercheurs. Idéalement, il faudrait mêler les deux dimensions dans un même modèle de sorte que la conjonction des deux assure exactement la constance du coût d'innovation. Cela aurait en outre le mérite de rappeler explicitement que ce sont toutes les ressources qui sont utilisées dans la recherche qui sont à l'origine d'externalité et pas seulement le capital humain. Mais une telle formalisation ne paraît pas très simple à manier⁴⁹.

⁴⁸ Notons qu'il serait possible de poser l'hypothèse d'une utilisation plus intensive du capital humain dans le secteur de la recherche tout en maintenant l'utilisation par ce même secteur des inputs intermédiaires et sans introduire aucune externalité.

⁴⁹ Peut-être pourrait-on avoir au niveau global dans le secteur d'invention quelque chose de la forme

Trois points méritent néanmoins d'être soulignés :

- D'abord, le problème allocatif est ici simplifié du fait que les inputs entrent de manière symétrique dans la technologie du bien final et que les entreprises conservent un monopole perpétuel. Si l'on considère un modèle comme celui d'Aghion & Howitt [1992] dans lequel les nouveaux biens inventés sont de qualité supérieure et viennent donc se substituer aux précédents, le problème allocatif est plus nuancé. Il faut en effet tenir compte du fait que la captation de rente de l'entreprise actuellement leader par une entreprise concurrente constitue une incitation supplémentaire à la recherche qui pourrait dans certains cas être suffisante en théorie pour conduire à un surinvestissement dans le secteur de la R&D. En outre, avant de parler de sous-optimalité de l'équilibre décentralisé, il faut encore prendre en compte les différentes formes plus ou moins imparfaites d'internalisation dans un monde où il existe des coûts de transactions.

- Ensuite, les modèles de recherche saisissent deux formes majeures de progrès technique dans les firmes : augmentation de la diversité des inputs intermédiaires ou durables et amélioration de leur qualité. Mais il existe une autre forme importante de progrès technique qui a trait aux améliorations organisationnelles qui permettent de réduire le coût de production et qui serait beaucoup mieux représentée dans une augmentation du paramètre A^{50} . Même si on peut penser que ces dépenses dépendent en dernier ressort du renouvellement des inputs, elles sont importantes et en tant qu'activité de production de connaissances, elles sont aussi à l'origine d'externalités.

Pour éviter de relâcher l'hypothèse selon laquelle les firmes prennent les prix comme donnés, on suppose que les gains d'apprentissage sont automatiques et parfaitement non exclusifs mais il est clair qu'il s'agit d'une hypothèse simplificatrice. On peut s'en contenter mais pour organiser les idées, on peut aussi retourner au modèle macroéconomique de recherche présenté précédemment et résumé dans les équations (43a), (43b) et (43c), qu'on peut alors interpréter de la manière suivante :

- La présence de $X(t)$ dans le secteur final est un indicateur du niveau technologique de la production, qui prend en compte non seulement l'influence de la qualité ou de la diversité des inputs auxquels les entreprises ont accès mais aussi la qualité de l'organisation de la production au sein de ces dernières.

$$\dot{N}(t) = (hL_R)^{1-\beta} [N(t)X_R^{\beta/\theta}]^{\theta} \bar{N}(t)^{1-\theta}$$

avec $\beta < \alpha$ pour traduire le caractère intensif en capital humain et $\bar{N}(t)^{1-\theta}$ pour représenter l'externalité dont bénéficierait chaque nouvel inventeur en t .

⁵⁰ Lorsque l'apprentissage se traduit pas une modification substantielle des caractéristiques du produit (solidité, efficacité etc..) qui donne lieu à un pouvoir de marché et aux rentes qui y sont liées, il faut mieux considérer, ainsi qu'on l'a déjà vu, l'activité d'apprentissage forcément coûteuse comme une véritable activité de recherche.

- Les ressources qui sont consacrées par les firmes à la réduction des coûts sont donc également comptabilisées dans le secteur d'accumulation. Elles sont essentiellement formées par du capital humain, et précisément du temps investi par les ingénieurs, les cadres, les dirigeants et à un moindre degré les exécutants.

- La présence de $X(t)$ à droite dans le secteur d'accumulation de la « technologie » traduit non seulement la dimension marchande de la technologie incorporée dans les inputs (ordinateurs, machines...) mais aussi la dimension non marchande constituée par les externalités informationnelles fortement présentes dans ce secteur.

Afin de rappeler à la fois l'existence d'externalités dans le secteur d'accumulation mais aussi son caractère nécessaire pour garantir une croissance auto-entretenu, on peut remplacer

$X(t)^{1-\beta}$ par $X(t)^{1-\beta-\theta} \bar{X}(t)^\theta$ dans (43c), qui devient alors :

$$\dot{X}(t) = [(1-w)K(t)]^\beta X(t)^{1-\beta-\theta} [h(1-u)L]^{1-\beta} \bar{X}(t)^\theta \quad (55)$$

Ici, $\bar{X}(t)$ entre avec l'élasticité juste suffisante pour assurer une croissance régulière non explosive. Evidemment, comme le modèle n'a pas de fondements microéconomiques, (43c) et (55) sont strictement équivalentes. L'avantage de cette écriture générale est qu'elle rappelle que tout raisonnement sur la technologie doit tenir compte à la fois

- du caractère marchand de la technologie dans la production de technologie,
- des ressources qui sont consacrées à la réduction des coûts,
- des externalités dans la production de connaissances, que celle-ci prenne la forme de plans de fabrication de nouveaux inputs ou d'idées sur la manière de réduire les coûts.

Maintenant qu'on a éclairci à l'aide des modèles de recherche la relation qui unit le capital humain, le progrès technique et les externalités, on peut se pencher de manière plus précise sur l'externalité introduite par Lucas dans ses modèles de [1988] et [1990].

II.3 LES AMBIGUITES DE L'EXTERNALITE DE LUCAS [1988] ET [1990]

Dans la première partie, on avait vu que pour réconcilier le modèle néoclassique avec l'absence de flux massifs de capitaux vers les pays pauvres, on pouvait invoquer a priori, une externalité sur le capital physique et/ou sur le niveau du capital humain.

En l'absence d'idée précise sur le trend exogène de progrès technique, on avait conclu que les tests empiriques ne permettaient pas de trancher entre ces différentes hypothèses et qu'avant même de les mener, le plus important était d'avoir une idée précise de ce que

pouvaient recouvrir les externalités. On a largement mis en doute dans la première section de cette troisième partie, la pertinence d'une externalité sur le capital physique et il faut maintenant s'interroger sur celle d'une externalité rattachée au capital humain.

Dans une formulation du type à la Lucas [1990] du type :

$$y = Ak^\alpha h^{1-\alpha} \bar{h}^\gamma \quad (56)$$

l'introduction de h^γ revient à poser l'hypothèse selon laquelle il existe un avantage non marchand pour les agents économiques à être entourés de gens éduqués. Plus le niveau d'éducation s'élève, plus cet avantage augmente. Et cela explique la pression migratoire humaine des individus, à même niveau de qualification vers les endroits où les gens sont plus éduqués⁵¹. Comme beaucoup de commentaires généraux à propos des externalités, l'interprétation précédente semble tout à fait acceptable mais elle ne résiste que très imparfaitement à l'analyse.

II.3.1 DIFFERENCES TECHNOLOGIQUES SANS EXTERNALITE

II.3.1.a) *Corrélation entre les différences technologiques et les différences dans les niveaux de capital humain*

Le premier point à noter est que si l'on autorise des différences technologiques dans les niveaux de la fonction de production qui ne soient pas imputables aux externalités et si le niveau technologique d'une économie est corrélé pour diverses raisons avec le niveau moyen de capital humain dans l'économie, alors les individus seront bien plus efficaces là où le niveau moyen du capital est important en dehors de tout effet externe.

Pour le montrer, supposons que chaque économie i soit caractérisée par une fonction de production traditionnelle du type :

$$y_{hi} = A_i k_{hi}^\alpha \quad (57)$$

avec $y_{hi} = \frac{Y_i}{L_i h_i}$ et $k_{hi} = \frac{K_i}{L_i h_i}$

Les rendements du capital et du travail mesuré par unité d'efficiencia sont respectivement égaux à :

⁵¹ On voit ici qu'étant donné que le capital humain, défini au sens traditionnel, ne peut pas augmenter durablement à taux constant, l'externalité de Lucas doit normalement être interprétée comme une externalité de flux. On ne peut pas considérer comme pour le capital physique que la variable représente le produit cumulé des investissements passés.

$$\frac{dy_i}{dk_i} = \alpha A_i (k_{hi})^{\alpha-1} \quad (58)$$

$$w_{hi} = (1-\alpha)A_i (k_{hi})^\alpha \quad (59)$$

Reprenons notre notation indicielle traditionnelle (r pour les variables d'un pays riche, p pour celles d'un pays pauvre). On suppose que le niveau moyen de capital humain du pays riche est supérieure à celui du pays pauvre ($h_r > h_p$).

Le rapport des rendements du travail mesuré par unité d'efficience est donné par :

$$\frac{w_{hr}}{w_{hp}} = \frac{A_r}{A_p} \left(\frac{k_{hr}}{k_{hp}} \right)^\alpha \quad (60)$$

L'hypothèse de mobilité du capital physique conduit à l'égalisation des rendements du capital entre les deux pays, ce qui implique

$$\frac{\alpha A_r (k_{hr})^{\alpha-1}}{\alpha A_p (k_{hp})^{\alpha-1}} = 1$$

ou encore
$$\left(\frac{k_{hr}}{k_{hp}} \right) = \left(\frac{A_r}{A_p} \right)^{1/1-\alpha} \quad (61)$$

En intégrant (61) dans (60), on obtient directement le rapport d'équilibre des rendements du travail exprimé par unité d'efficience, soit :

$$\frac{w_{hr}}{w_{hp}} = \left(\frac{A_r}{A_p} \right)^{1/1-\alpha} \quad (62)$$

Si la différence technologique entre les deux pays est bien corrélée avec les niveaux de capital humain, autrement dit si $\left(\frac{A_r}{A_p} \right)$ est bien supérieur à 1, le salaire par unité d'efficience sera plus élevé dans le pays riche et cela créera bien la pression migratoire dont cherche à rendre compte Lucas [1990].

On peut justifier cette corrélation entre niveau technologique et niveau moyen de capital humain en recourant à un modèle de recherche de type Romer [1990] avec ou sans externalité comme celui qu'on a présenté précédemment. En réalité, comme on l'a vu, ce genre de modèle établit une relation entre le *rythme* technologique et le niveau moyen du capital humain. Mais il s'agit de modèles d'économie fermée. Pour reprendre le problème dans les termes de Lucas [1990], il faudrait alors poser l'hypothèse raisonnable (mais contestable) selon laquelle les délais de diffusion et les contraintes spatiales et économiques maintiennent en tendance les

différences dans les *niveaux* technologiques entre des pays ayant des produits par tête très différents, à défaut d'engendrer des divergences dans les rythmes.

II.3.1.b) Inégalité d'accès à la dimension marchande de la technologie

Dans le raisonnement précédent, on a supposé que les économies peuvent ne pas avoir un égal accès la dimension marchande de la technologie, au sens où les inputs ne sont pas disponibles au même prix pour toutes les firmes pour des raisons liées au coûts de transports et aux barrières multiples au commerce international.

La question de l'identité ou non des niveaux technologiques dépend en fait étroitement du niveau d'intégration des marchés. Si on reprend l'exemple de Lucas qui compare la situation de l'Inde et des Etats-Unis, il est difficile de croire que les A_i soient identiques et que la seule différence entre les pays proviendrait de leur inégale capacité à profiter des externalités attachées au niveau d'éducation.

D'ailleurs, ce n'est pas un hasard si Lucas [1993] qui fait explicitement référence à une conception duale du « capital humain » n'introduit aucune externalité. Avec une telle conception, la productivité marginale du travail augmente parce que le capital humain et technologique augmente. Le modèle ne distingue pas clairement capital humain et capital technologique, mais comme il autorise des différences technologiques, il est compatible avec n'importe quel degré d'inégalité de salaires pour un même niveau de qualification. On le voit aussi directement si on rappelle que ce modèle n'est finalement qu'un modèle de recherche sans fondement microéconomique où l'on a supprimé l'effet taille.

II.3.2 L'EXTERNALITE DE LUCAS SOUS L'HYPOTHESE D'UN EGAL ACCES A LA DIMENSION MARCHANDE

II.3.2.a) L'hypothèse de différences technologiques induites par les externalités

Lorsque les économies sont fortement intégrées et forment à la limite une économie unique comme le marché d'un même pays, il n'existe plus de différences sensibles dans le coût d'accès aux inputs intermédiaires et durables. L'hypothèse implicite de Lucas d'un égal accès à la dimension marchande de la technologie devient alors beaucoup plus raisonnable et la seule source de divergence dans les niveaux technologiques des firmes ne provient plus que des externalités.

Mais à quoi rattacher l'externalité ? Lucas choisit le niveau moyen de capital humain, l'idée étant qu'il existe un avantage non marchand pour les agents économiques à être entourés de gens éduqués. On rend ainsi compte du fait qu'avec un accès identique à la technologie marchande, il demeure préférable pour les individus de migrer vers les endroits où le capital humain est le plus important.

Il faut bien distinguer cet avantage des économies d'agglomération « statiques » que l'on a étudiées en fin de seconde partie comme le meilleur accès à la demande, à des inputs spécialisés ou à des biens publics, et qui expliquent uniquement la répartition des activités routinières entre un petit nombre d'endroits. Lorsqu'on met l'accent comme le fait Lucas sur les externalités attachées au capital humain, on cherche au contraire à expliquer pourquoi les zones où le niveau du capital humain est le plus important continuent d'attirer le capital humain et physique.

L'idée de Lucas est extrêmement intéressante mais elle soulève une question cruciale : Comment justifier le rattachement au niveau moyen du capital humain ? Il n'existe apparemment que deux possibilités :

- i) Tous les individus bénéficient gratuitement du fait d'être entourés de gens compétents, et cela indépendamment de toute production de connaissance.
- ii) Comme le capital humain est utilisé intensivement dans les activités créatives, et que celles-ci génèrent inévitablement des externalités informationnelles, on peut représenter cette idée de manière simple dans un modèle à un secteur en rattachant l'externalité au niveau moyen du capital humain.

Examinons attentivement ces deux possibilités.

II.3.2.b) L'inexistence d'externalités éducatives significatives

La première possibilité revient en fait à savoir si le niveau de capital humain peut être directement à l'origine d'un autre effet externe que celui dont bénéficient les entreprises dans la production de connaissances techniques. Bien que certains semblent lui accorder une certaine pertinence, par exemple Malinvaud [1995], l'analyse menée sur cette question dans la seconde partie permet de la rejeter assez nettement.

- D'abord, en dépit de ce qu'on avance généralement, les effets de l'éducation sur la capacité d'apprentissage des individus ou l'efficacité et la sophistication de leur pratique économique, sur l'inculcation de nouvelles connaissances et sur le développement d'attitudes favorables à la modernité ne constituent pas des vrais effets externes. Dans chacun de ces cas, il est vrai la collectivité tire avantage de la formation de l'individu, mais seulement à travers le marché. De manière symétrique, cela signifie aussi que le marché récompense bien l'investissement des individus dans leur capital humain. Si l'investissement éducatif est sous-optimal, c'est surtout à cause de la propre myopie des agents sur leur intérêt plutôt qu'en raison d'une externalité, ce dont on ne peut pas bien rendre compte dans un modèle avec un individu représentatif maximisateur disposant d'une information parfaite.

- Ensuite, même s'il existe des gains inter-individuels au sein d'une firme, on peut penser qu'ils sont internalisés pour l'essentiel.

- Enfin, en dehors du cas particulier de l'héritage culturel étudié précédemment, les seules interactions qui peuvent également être décrites comme des externalités éducatives ne sont pas très significatives pour la croissance (influence sur les « valeurs » ou éventuellement sur la baisse du coût de maintien de l'ordre public).

Ainsi, les seules externalités importantes sont des externalités informationnelles et l'augmentation du niveau d'éducation ne peut être à l'origine d'externalités que dans la mesure où le capital humain est utilisé dans un processus de production de connaissance générateur d'externalités informationnelles.

II.3.2.c) Externalité à la Lucas et externalité liée à l'utilisation de capital humain dans le secteur de production de connaissance

Le fait que le capital humain soit utilisé intensivement dans les activités créatives est assurément la meilleure justification que l'on puisse donner pour rattacher l'externalité au capital humain et elle est parfaitement cohérente avec les explications fournies par Lucas [1988] dans la section VI de son article⁵². Le problème est de déterminer dans quelle mesure le modèle de Lucas à un secteur⁵³ demeure pertinent. L'hypothèse cruciale concerne en fait le lien entre niveau moyen de capital humain et les activités créatives, en entendant par là celles qui visent non seulement à produire de nouveaux inputs mais aussi à réduire les coûts par une meilleure organisation.

Pour que le raisonnement de Lucas soit valable, il faut supposer qu'un niveau supérieur de capital humain conduit l'économie à investir une quantité plus importante de ce dernier dans les activités créatives, augmentant de ce fait les connaissances techniques dont bénéficieront gratuitement les entreprises aux périodes suivantes. En raison de l'avantage technologique ainsi créé, il sera alors plus intéressant d'aller travailler dans l'économie riche dans les activités créatives, mais aussi dans les activités routinières si le marché du travail fonctionne bien. Si les coûts de la migration pour les individus ne sont pas trop importants, il se dirigeront vers les zones où le niveau moyen du capital humain est abondant.

Etant donnée l'hypothèse d'un accès identique aux inputs marchands, le point intéressant ici est que contrairement aux modèles de recherche d'économie fermée type Romer [1990], les écarts dans les niveaux de capital humain n'entraînent plus en tendance que des différences dans les *niveaux* technologiques (et non dans les rythmes) :

- d'une part parce que tous les pays profiteront de manière égale dans leur activité routinière des résultats de la recherche collective (nouveaux inputs, amélioration de leur qualité).

⁵² Citant Jacobs [1969], Lucas rappelle que c'est parce que l'activité économique comme la finance ou la publicité, est aussi créative que « l'art » ou la « science » que les idées circulent entre les individus.

⁵³ Si on laisse de côté la question de l'endogénéisation de l'investissement éducatif qui n'est pas importante pour le débat ici.

- d'autre part, parce qu'il est raisonnable de penser que la cumulativité des connaissances propres accumulées par les firmes d'une économie est forcément réduite en raison du changement continuuel d'input qui réduit les avantages constitués⁵⁴.

C'est uniquement par ce genre de raisonnement qu'on peut retrouver par des voies détournées l'essentiel du message de Lucas [1990] qui pose l'identité des rythmes technologiques et attribuent les différences de technologies uniquement aux externalités attachées aux capital humain. La présentation précédente, qui distingue les activités routinières et créatives (au double sens d'invention et d'apprentissage organisationnel) est néanmoins beaucoup plus explicite que le modèle original de Lucas. Elle montre en particulier que l'avantage externe n'est pas attaché de manière aussi simple au niveau moyen du capital humain que ne le laisse supposer Lucas, et cela pour plusieurs raisons :

- La différence technologique ne dépend pas du niveau moyen de capital humain en général mais de la quantité de capital humain investie dans le secteur créatif. Pour simplifier, on a considéré une relation simple entre le niveau moyen du capital humain et le montant des ressources consacrées à l'augmentation de la technologie mais il est clair que cette relation est très générale. Si une économie investit davantage de ressources dans la recherche pour une raison ou une autre⁵⁵, elle élèvera son niveau technologique alors même que son niveau de capital humain sera inchangé.

- Dans le modèle de Lucas, l'externalité est introduite comme un flux, alors qu'il s'agirait plutôt d'une externalité de stock au sens où c'est davantage le volume cumulé des quantités de capital humain utilisées aux périodes précédentes dans l'activité créative qui importe⁵⁶. Ainsi, si un pays venait à élever brutalement le niveau moyen de son capital humain, il ne bénéficierait pas pour autant automatiquement d'un avantage productif dans les activités créatives dans la mesure où c'est en réalité le stock cumulé des connaissances passées auquel on a accès qui fait la différence.

- Enfin, on raisonne toujours avec le capital humain mais en réalité, ce sont d'abord de manière plus générale les ressources consacrées par les entreprises aux activités créatives qui sont à l'origine des effets externes. Si le secteur créatif n'exigeait pas intensivement du capital humain, il n'y aurait aucune raison a priori de rattacher l'externalité au niveau du capital humain. On pourrait justifier de la même manière le rattachement de l'externalité au capital physique, en retrouvant les mêmes résultats comme on l'a vu dans la première partie. En fait, le meilleur indicateur est encore celui qui est considéré par les modèles de recherche, à savoir le volume cumulé des résultats de la recherche ou ce qui revient au même des dépenses cumulées qui y sont consacrées. Pour cette raison, il serait donc préférable de dire que dans le cadre des

⁵⁴ Pour le dire autrement, les firmes situées dans les endroits où le capital humain est abondant auront sans doute une meilleure organisation, mais l'écart avec la qualité organisationnelle des firmes situées dans d'autres endroits ne se creusera pas continuellement.

⁵⁵ Dans Romer [1990], cela se traduit par une baisse de p et ou de σ . Mais il faudrait tenir compte en fait de tout ce qui influence les incitations à la recherche : caractère concurrentiel des marchés et garantie des droits de propriétés notamment.

⁵⁶ On peut néanmoins admettre que ce sont surtout les connaissances les plus récentes qui font la différence.

activités créatives, les individus gagnent à être proches des autres activités créatives plutôt que de parler d'externalité de capital humain. Ce n'est pas là où le capital humain est important qu'il faut aller mais d'abord là où l'on bénéficie au moindre coût⁵⁷ et de manière non marchande des connaissances techniques les plus avancées.

II.3.2.d) Remarque : Externalités sur le capital humain et interactions humaines

Les conclusions précédentes sur l'externalité introduite par Lucas permettent de préciser rigoureusement jusqu'à qu'elle point elle peut être une bonne simplification. Pour y parvenir, il fallait dépasser l'ambiguïté des formulations de Lucas sur la notion de capital humain, en maintenant la distinction entre technologie et capital humain établie par les travaux traditionnels de comptabilité de la croissance, et se servir des enseignements tirés par les modèles de recherche pour préciser les liens étroits entre technologie, croissance et externalités. Mais il fallait aussi surtout avoir une idée claire des phénomènes recouverts par la notion d'externalité pour éviter les pièges de l'intuition lorsqu'on parle d'une externalité attachée au capital humain.

Avant tout examen, cette externalité apparaît en effet suffisamment vraisemblable pour qu'on ne cherche pas à se préoccuper de tous ses présupposés comme on s'est efforcé de le faire. D'une part, on bénéficie indirectement de l'éducation des autres ; d'autre part, beaucoup d'externalités se diffusent à travers des interactions entre des individus détenteurs de capital humain (échanges informels et gains inter-individuels dans l'entreprise).

On a déjà expliqué pourquoi il ne fallait pas croire à l'existence d'externalités éducatives importantes. Mais examinons la seconde idée. Dans la terminologie présentée à la seconde partie, elle renvoie au fait que le capital humain est non seulement un *bien support*⁵⁸ de l'externalité lorsqu'il est utilisé dans le secteur de la recherche mais également un *bien médiateur*, c'est-à-dire un bien auquel est rattachée physiquement l'information et qui désigne la forme de diffusion concrète de l'externalité. Les journaux ou les biens eux-mêmes sont des autres exemples de biens médiateurs⁵⁹. En réalité, même si elle est importante, cette propriété ne justifie aucunement le rattachement de l'externalité au capital humain. Dans un modèle, l'externalité ne peut être rattachée qu'à une variable qui la détermine causalement, i.e. à son ou ses bien(s) support(s). Et comme on l'a déjà dit, étant donné que le capital physique est aussi utilisé dans le secteur créatif, son utilisation est de la même manière que le capital humain associée à une externalité.

Il est difficile de savoir dans quelle mesure la notion d'externalité de capital humain s'appuie sur l'un et/ou l'autre des fausses prémisses intuitives mais il est significatif à nos yeux que beaucoup de discussions soient menées à partir des individus plutôt qu'à partir des firmes comme si l'on voulait marquer une différence. C'est parce que l'on a tendance à établir une telle distinction, qu'on a pu si facilement sembler associer parfois et par simple opposition les « autres » effets externes à des externalités de capital physique ou de R&D.

⁵⁷ On fait référence ici au coût d'appropriation des externalités.

⁵⁸ Le bien support est le bien dont l'utilisation ou la production est directement à l'origine de l'externalité.

⁵⁹ Rappelons que ce terme n'a de sens que pour les externalités informationnelles.

Pour la clarté de la discussion, tout le raisonnement mené dans cette partie montre qu'il vaut mieux garder à l'esprit l'idée simple mais essentielle que les externalités qui importent pour la croissance sont d'abord des externalités dont bénéficient les firmes dans la dimension créative de leur activité, plutôt que de parler a priori d'un quelconque effet externe sur le capital humain.

II.3.2.e) Un test récent

A partir d'une étude menée sur 203 métropoles américaines, Glaeser, Scheinkman & Shleifer [1995] ont établi un lien entre le taux de croissance des cités (mesuré par la croissance de la population) sur la période [1960-1990] et le niveau initial moyen d'éducation. Pour les auteurs de l'étude, étant donné que les écarts dans les taux de croissance entre les cités ne peuvent pas être créés par les différences dans les taux d'épargne ou dans les dotations en force de travail, ce résultat suggère qu'un plus haut niveau d'éducation influence la croissance du travail non à travers l'épargne mais à travers la croissance de la technologie par le biais d'une externalité à la Lucas.

Comme on l'a dit plus haut, l'hypothèse de différences productives uniquement causées par un accès inégal à la dimension non marchande de la technologie est beaucoup plus plausible entre les métropoles d'un pays comme les Etats-Unis qu'entre les Etats-Unis et l'Inde pour reprendre l'exemple de Lucas [1990]. Le résultat précédent est donc assez intéressant. Bien que le test soit limité aux villes américaines, il tendrait à montrer que le lien qui est établi entre niveau de capital humain et activités créatives n'est pas si fragile. Mais les enseignements précédents restent valables. Ce sont d'abord les dépenses consacrées à la production de connaissance qui importent, et donc toutes les incitations qui déterminent ce volume de dépenses : droits de propriétés, caractère concurrentiel des marchés, allocation des « talents » vers les activités productives... Une dotation élevée en capital humain constitue assurément un élément important mais elle est loin de résumer toute l'histoire.

CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE

Les principales interrogations formulées dans la première partie à propos de l'introduction des effets externes dans les modèles de croissance portaient sur trois grands points :

- La possibilité de rendre compte à travers une externalité attachée au capital physique de la relation empirique entre le taux d'investissement et le taux de croissance de la productivité totale des facteurs, ou de la vitesse de convergence observée.
- La pertinence de l'externalité introduite par Lucas [1988] et [1990] pour expliquer l'absence de flux massifs de capitaux vers les économies moins bien dotées et simultanément l'incitation des agents, à même niveau de qualification, à migrer vers les endroits où le capital humain est le plus important.
- la formalisation dans un modèle d'éducation de l'influence des parents ou du milieu social proche sur l'accumulation du capital humain de leurs enfants ainsi que la question de son internalisation.

Les principaux enseignements auxquels on est parvenu sur chacun de ces points sont les suivants :

1) Externalité et capital physique

Le concept d'une externalité attachée au capital physique n'est pas très intéressant et on peut rejeter pour l'essentiel la plupart des arguments qui sont invoqués par ceux qui font référence à cette notion pour expliquer le lien entre taux d'investissement et taux de croissance de la productivité totale des facteurs :

- D'abord, avec une interprétation traditionnelle des effets de l'apprentissage, il est évident que les investissements matériels ne donnent lieu à des nouvelles connaissances que si machines et équipements sont réellement nouveaux, c'est-à-dire s'ils intègrent du progrès technique. Au niveau individuel, les investissements de capacité peuvent être à l'origine de nouvelles opportunités d'apprentissage mais celles-ci sont forcément limitées. Autrement dit, les externalités qu'on pourrait éventuellement rattacher à K sont inframarginales et ne peuvent donc pas être représentées par une formalisation de type K^{γ} qui ne génère que des externalités pareto-pertinentes. C'est bien l'évolution de la technologie qui donne l'opportunité d'un apprentissage collectif et non l'accumulation de capital. Et toute augmentation brutale du taux d'investissement n'entraînera aucune nouvelle augmentation des connaissances si la nature des équipements ne change pas.

- L'idée selon laquelle l'investissement en capital physique permettrait de dégager un volume d'expérience et de connaissances indispensables à l'élaboration de nouvelles techniques possède un certain fondement logique et même empirique comme l'a montré Schmookler [1966]. Mais il n'est pas possible de considérer que le progrès technique puisse être simplement induit par l'accumulation du capital. D'une part, la plupart des connaissances issues d'un processus d'apprentissage ne sont qu'un input dans une activité de recherche coûteuse. D'autre part, ce qu'on recouvre derrière l'idée d'apprentissage devrait plutôt être considéré la plupart du temps comme un investissement à part entière dans l'organisation ou dans l'amélioration de la qualité des produits. Dans ces deux cas, les gains ne proviennent pas de l'investissement dans des machines des équipements mais bien des ressources qui sont consacrées, en capital humain notamment, à la production de technologie.

- Enfin, on ne peut pas présenter le problème allocatif qui naît de la complémentarité des investissements sur lequel a notamment insisté Roseinstein-Rodan [1943] comme une forme d'externalité. Dans une telle situation en effet, la rentabilité privée estimée est bien égale à la rentabilité sociale et il est efficace du point de vue de chaque agent comme du point de vue de la société qu'aucun investissement ne soit entrepris *si on ne les envisage pas simultanément*. Le problème allocatif tient simplement au fait que les agents économiques ne parviennent pas à bien estimer la rentabilité de leurs investissements en l'absence de mécanisme réel de centralisation. Tant qu'un défaut de coordination subsistera, il n'y a donc aucune raison pour que l'augmentation de l'investissement au niveau macroéconomique permette d'exploiter *automatiquement* les gains qui naissent de la complémentarité des investissements dans certains secteurs, contrairement à ce qui se passe en présence d'externalités. On peut certes rendre compte d'un lien entre investissement physique, liaisons intersectorielles et croissance mais ce lien ne suppose aucune forme d'externalité attachée au capital physique, ni ne peut être interprété comme reflétant une différence entre le rendement social et le rendement privé de l'investissement.

Puisqu'il n'y a pas d'externalités associées en soi au capital physique, indépendamment de son utilisation dans le secteur de production de connaissance, on ne peut donc pas inverser la causalité traditionnelle et considérer que le capital physique puisse être le véritable moteur de la croissance. L'investissement est sans doute une stratégie payante du point de vue de la croissance, à condition qu'il soit également dirigé dans les activités créatives.

2) L'hypothèse de la transmission intergénérationnelle dans les modèles de capital humain

Pour maintenir l'hypothèse de la poursuite de l'accumulation du capital humain au-delà de la finitude humaine, les modèles d'éducation invoquent l'idée selon laquelle l'influence de la famille ou du milieu social proche impliquerait une forme de transmission intergénérationnelle de capital humain. Cette hypothèse peut être prise soit au pied de la lettre (transmission réelle) mais pour obtenir un taux de croissance constant, l'important est en réalité que le capital humain des parents agisse avec l'intensité nécessaire (élasticité unitaire) sur la productivité de l'investissement des enfants.

Avec une conception traditionnelle du capital humain, qui est celle des comptables de la croissance, l'idée d'une transmission prise au pied de la lettre n'a pas beaucoup de sens, pas plus d'ailleurs que l'hypothèse alternative selon laquelle le niveau du capital humain des parents augmenterait la rentabilité du temps passé les enfants à se former, puisque ce temps est justement un indicateur du niveau de capital humain. Pour autant, l'influence des parents sur le niveau de capital humain de leurs enfants ne peut pas être remise en question. Mais on ne peut pas faire de double comptabilité en additionnant le capital humain qui résulte de l'investissement propre de l'individu au capital humain des parents. Ce dernier agit bien sur la rentabilité de l'investissement éducatif des enfants mais pour le voir, il faut cesser de mesurer l'effort par la période de la vie où l'on se forme pour prendre en compte le temps réellement consacré aux études et les coûts subjectifs de l'attention à l'école *pendant la période de formation*.

La question du caractère auto-entretenu de la croissance n'a donc pas beaucoup d'intérêt et l'augmentation du capital humain ne peut qu'être attribuée à celle du taux d'investissement, ce que Lucas [1993] indique d'ailleurs explicitement. Cela implique également que les travaux de comptabilité de la croissance mesurent bel et bien « l'héritage culturel ». En tous cas, contrairement à l'intuition et aux hypothèses qui sont souvent retenues (Lucas [1988] et D'autume & Michel [1994]), les dépenses volontaires des parents (en temps ou en argent) dans l'éducation de leurs enfants ne sont pas une manière d'internaliser les effets externes. Le problème allocatif ne disparaîtrait que si les parents tenaient compte dès leur décision initiale de formation des connaissances qu'ils pourront transmettre à leurs enfants, ce qui est irréaliste au regard de ce que nous apprennent les sociologues sur les mécanismes concrets de cette diffusion. Les parents peuvent « après coup » chercher à transmettre un capital culturel maximal mais l'internalisation suppose par définition qu'ils agissent ex ante sur leur propre niveau d'éducation. En fait, en investissant volontairement et de manière altruiste dans leurs enfants, les parents ne font qu'assumer le *coût d'appropriation* du bien externe que représente leur niveau de formation pour leurs enfants, ce qui explique toute la particularité de cet effet externe.

Afin de maintenir la poursuite de l'accumulation au-delà de la finitude humaine, beaucoup semblent supposer une autre conception qui combinerait une notion de savoir qui peut survivre à chaque individu avec une notion spécifique au marché du travail qui ne le peut pas. Mais cette conception ne peut trouver aucune justification. La technologie forme en effet un tout. Elle n'est pas uniquement incorporée dans les nouveaux services rendus par le travail. S'il n'existait déjà de nouvelles organisations, de nouvelles machines, de nouveaux inputs intermédiaires, les nouveaux savoirs possédés par les individus ne serviraient pas à grand chose. Le seul moyen de conserver une seconde variable durablement accumulable consiste à introduire un processus de progrès technique gratuit et induit par l'investissement éducatif ([Stockey 1991] et Azariadis & Drazen [1991]) où à raisonner comme Lucas [1993] à partir d'un capital « humain et technologique ». La première hypothèse est représentée comme un effet externe mais ne renvoie pas aux vraies externalités telles qu'on les définit au niveau microéconomique, la seconde hypothèse revient en réalité à construire un modèle de recherche sans effet taille.

3) L'externalité de Lucas [1988]

Après avoir présenté le caractère raisonnable de l'externalité introduite par Lucas, D'autume & Michel [1994] s'interrogeaient sur son caractère de boîte noire³³. Le raisonnement précédent s'est efforcé de comprendre ce qu'il pouvait y avoir dans cette boîte noire. Avec une interprétation simple du capital humain, la conclusion est que même si l'intuition initiale de Lucas est remarquable, on peut largement mettre en doute la pertinence de son modèle pour ce dont il cherche à rendre compte.

D'abord l'hypothèse de l'égalité des niveaux technologiques, hors l'influence des effets externes n'est pas tenable au niveau mondial. Beaucoup d'économies n'ont pas un égal accès à la dimension marchande de la technologie au sens où les inputs ne sont pas disponibles aux mêmes prix pour toutes les firmes pour des raisons liées aux coûts de transport et aux barrières multiples au commerce international. Si les différences technologiques sont bien corrélées avec des différences dans les niveaux moyens de capital humain, alors les individus seront bien plus efficaces, à même niveau de qualification, là où le niveau moyen du capital humain est le plus important, en dehors de tout effet externe.

Lorsque les économies sont fortement intégrées et ne forment plus à la limite qu'une économie unique, l'hypothèse selon laquelle la seule source de divergence proviendrait d'externalités ayant une dimension spatiale devient plausible mais c'est leur rattachement au niveau moyen du capital humain dans un modèle à un secteur qui pose problème.

L'idée d'une externalité éducative qui est parfois invoquée, notamment par Malinvaud [1995], i.e. la possibilité que le capital humain puisse être à l'origine d'un autre effet externe que celui dont bénéficient les entreprises dans la production de connaissances techniques peut être clairement rejetée comme on l'a vu dans la première partie. Le fait que beaucoup d'externalités se diffusent à travers les interactions humaines ne justifie pas davantage le rattachement de l'externalité au capital humain.

En fait, la seule justification que l'on peut trouver réside dans le fait que le capital humain soit utilisé intensivement dans les activités créatives. En se servant du cadre d'un modèle de recherche de type Romer [1990] et en prenant également en compte les investissements organisationnels visant à réduire les coûts (et qui bénéficient d'externalités importantes comme toute activité productrice de connaissances techniques), on a montré que l'avantage externe n'est pas attaché de manière aussi simple au niveau moyen du capital humain que ne le laisse supposer Lucas, et cela pour plusieurs raisons :

³³ « L'entreprise individuelle [...] bénéficie gratuitement du niveau d'éducation ambiant représenté par le niveau moyen h de capital humain. On traduit ainsi l'idée bien naturelle selon laquelle mieux vaut pour une entreprise industrielle se trouver entourée d'entreprises modernes dans la périphérie d'une grande métropole qu'isolée au fin fond d'un pays en développement ». [...] Cette formalisation des effets externes de l'éducation est évidemment très simple et elle a malheureusement un caractère prononcé de boîte noire puisqu'on ne décrit pas les canaux par lesquels transitent ces effets d'entraînement et d'imitation. Elle permet pourtant de prendre en compte de manière

- La différence technologique ne dépend pas du niveau moyen de capital humain en général mais d'abord de la quantité de capital humain investie dans le secteur créatif, qui peut varier d'une économie à l'autre.

- L'externalité de capital humain ne prend pas la forme d'un flux comme chez Lucas mais s'apparente davantage à une externalité de stock au sens où c'est le volume cumulé des quantités de capital humain utilisées aux périodes précédentes dans l'activité créative qui importe.

- Enfin, on raisonne toujours avec le capital humain mais en réalité, ce sont d'abord de manière plus générale les ressources consacrées par les entreprises aux activités créatives qui sont à l'origine des effets externes et elles ne se résument pas au capital humain. C'est pourquoi le meilleur indicateur est encore celui qui est considéré par les modèles de recherche, à savoir le volume cumulé des résultats de la recherche ou ce qui revient au même des dépenses cumulées qui y sont consacrées. Ainsi, ce n'est pas là où le capital humain est important qu'il faut aller mais d'abord là où l'on bénéficie au moindre coût et de manière non marchande des connaissances techniques les plus avancées, même si comme semble le montrer le test mené par Glaeser, Scheinkman & Shleifer [1995], les deux semblent assez bien corrélés dans une économie comme les Etats-Unis. En tous cas, si l'on veut agir sur le bien-être, des marchés concurrentiels qui organisent une bonne allocation des talents sont au moins aussi importants qu'une dotation élevée en capital humain.

ANNEXES DE LA TROISIEME PARTIE

ANNEXE III.A : LE MODELE DE ROMER [1986]

On rappelle juste ici pour mémoire les grandes lignes du modèle de Romer [1986]

Equilibre décentralisé

La fonction de production de la firme représentative est donnée par :

$$Y_i = A(K_i)^\alpha (\bar{K} L_i)^{1-\alpha} \quad (1)$$

Pour maximiser son profit, elle doit rémunérer ses facteurs à leur productivité marginale, ce qui implique :

$$R = \alpha A K_i^{\alpha-1} L_i^{1-\alpha} \bar{K}^{1-\alpha} \quad (2a)$$

$$w = (1-\alpha) A K_i^\alpha L_i^{-\alpha} \bar{K}^{1-\alpha} \quad (2b)$$

R et w représentant les rémunérations respectives du capital et du travail. Comme la fonction de productivité marginale (2a) est homogène de degré 0 par rapport à K et L, on peut écrire :

$$R = \alpha A L^{1-\alpha} \quad (3)$$

Le programme du ménage représentatif est défini par :

$$U(c) = \int_0^{+\infty} e^{-pt} \frac{c(t)^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} dt \quad (4)$$

sous $\dot{a}(t) = w(t) + ra(t) - c(t) \quad (5)$

p et σ ont leur signification habituelle. La variable (a) représente les actifs possédés par le ménage représentatif. Dans une économie fermée, les ménages possèdent les entreprises. On a donc que $a = k$ et le rendement de ces actifs (r) est tout simplement égal à $R - \delta$ (avec δ : taux de dépréciation du capital). Le taux de croissance d'état régulier de la consommation par tête (ou globale) de l'économie décentralisée est alors donné de manière traditionnelle par :

$$g_{dec} = \frac{r - p}{\sigma} = \frac{A\alpha L^{1-\alpha} - p - \delta}{\sigma} \quad (6)$$

Optimum social

Le programme du planificateur social est très proche de celui de l'individu représentatif. La seule différence est qu'il se base sur la productivité marginale sociale du capital. Pour la déterminer, il suffit de partir de la fonction de production agrégée de l'économie qui est donnée par :

$$Y = AK^{\alpha} (KL)^{1-\alpha} \quad (7)$$

puis de dériver par rapport à K.

$$\frac{dY}{dK} = \alpha A L^{1-\alpha} K^{\alpha-1} \quad (8)$$

En remplaçant dans (6), il va :

$$g_{\text{opt}} = \frac{\alpha A L^{1-\alpha} K^{\alpha-1} - p - \delta}{\sigma} > g_{\text{dec}} \quad (9)$$

ANNEXE III.B : LE MODELE DE ROMER [1990]

On présente ici uniquement la structure formelle du modèle de manière à compléter la présentation générale figurant dans le développement. On pourra se reporter pour plus de détails à Barro & Sala-i-Martin [1995, chap 6] ou à Romer [1990] pour la version originale légèrement différente.

Secteur final

Si l'on adopte une représentation continue, la fonction de production d'une firme i présente dans le secteur du bien final est donnée par :

$$Y_i = A(hL_i)^{1-\alpha} \int_0^N X_{ij}^\alpha dj \quad (1)$$

X_{ij} est la quantité utilisée du j ème type d'input, h est le niveau moyen de capital humain de chaque personne. On suppose par ailleurs que la population totale est constante et égale à L .

Dans le secteur final, l'égalisation des prix des facteurs (p_j pour l'input j et w pour le travail) à leur productivité marginale implique :

$$P_j = dY_i/dX_{ij} = A (hL_i)^{1-\alpha} \alpha X_{ij}^{\alpha-1} \quad (2)$$

$$w = dY_i/d(hL_i) = A(1-\alpha) (hL_i)^{-\alpha} \int_0^N X_{ij}^\alpha dj \quad (3)$$

En isolant X_{ij} dans (2), on obtient la fonction de demande par la firme i du bien intermédiaire j .

$$X_{ij} = hL_i (\alpha A/P_j)^{1/1-\alpha} \quad (4)$$

Comme le secteur des biens finaux est composé de firmes identiques, la fonction de demande globale du bien intermédiaire j est obtenue par simple agrégation :

$$X_j = (hL - hL_R)(\alpha A/P_j)^{1/1-\alpha} \quad (5)$$

avec hL_R : quantité de capital humain utilisée dans le secteur de la recherche.

Secteur de production des biens intermédiaires :

Dans le secteur de production, le coût d'une invention au temps t en quantité de travail est fixé à $b/N(t)$. Ainsi, avec une quantité de travail utilisée dans le secteur d'invention égale à L_R , la quantité de nouveaux biens produits au cours de la période t , soit $\dot{N}(t)$ sera égal à :

$$\dot{N}(t) = \frac{hL_R}{b/N(t)} = \frac{1}{b} hL_R N(t) \quad (6)$$

Une fois inventé, la production d'une unité de bien intermédiaire est fixé à une unité d'output, autrement les technologies de production des biens intermédiaires et finaux sont identiques. En terme d'output, le coût d'une invention est égal à la quantité de travail nécessaire pour la réaliser que multiplie le coût de ce travail en terme d'output, i.e. le salaire :

$$\text{coût d'une invention en terme d'output} = \frac{b}{N(t)} w(t) \quad (7)$$

Le monopoleur fixe le prix du bien j (P_j) de telle sorte à maximiser son profit : $\text{Max } (P_j - 1) \cdot X_j$ Etant donné la fonction de demande de j , cela revient à fixe le prix

$$P_j = P = 1/\alpha > 1 \quad (8)$$

Si l'on remplace P_j par sa valeur dans la fonction de demande globale du bien j (5), on obtient la quantité demandée du bien j , et même de chaque bien puisque ceux-ci entrent de manière symétrique dans la fonction de production des entreprises du secteur final :

$$X_j = X = (hL - hL_R) A^{1/1-\alpha} \alpha^{2/1-\alpha} \quad (9)$$

En intégrant (9) dans (3)³⁴, on détermine le salaire d'équilibre :

$$w(t) = A^{1/1-\alpha} (1-\alpha) \alpha^{2\alpha/1-\alpha} N(t) \quad (10)$$

En remplaçant la valeur de w ainsi trouvée dans (7), on peut exprimer la valeur d'équilibre du coût d'invention en terme d'output, qui est constante, soit :

$$\text{coût d'une invention en terme d'output à l'équilibre} : bA^{1/1-\alpha} (1-\alpha) \alpha^{2\alpha/1-\alpha} \quad (11)$$

La valeur actualisée du rendement de la découverte du j ième bien intermédiaire est donnée par :

$$V(t) = \int_t^{+\infty} (P_j - 1) X_j e^{-r(v,t) \cdot (v-t)} dv \quad (12)$$

avec $r(v,t) = \frac{1}{v-t} \int_t^v r(w) d(w)$: le taux d'intérêt moyen entre les périodes t et v

Sur un marché monopolistique, les firmes entrent jusqu'à annuler tout profit. A l'équilibre, la valeur actuelle nette de l'invention du bien j sera égale au coût d'invention. Si

³⁴ (3) est homogène de degré 0 et l'on peut donc directement substituer les quantités agrégées.

l'on remplace P_j et X_j par leur valeur d'équilibre donnée par (8) et (9), que l'on égalise la valeur actuelle nette ainsi obtenue au coût de l'invention en terme d'output (10), on a³⁵ :

$$bA^{1/1-\alpha} (1-\alpha)\alpha^{2\alpha/1-\alpha} = (hL - hL_R) A^{1/1-\alpha} \frac{1-\alpha}{\alpha} \alpha^{2/1-\alpha} (1/r) \quad (13)$$

En simplifiant et en réorganisant, on obtient la valeur d'équilibre de r :

$$r = \frac{\alpha}{b} (hL - hL_R) \quad (14)$$

En se servant de (6), on peut réexprimer la valeur de L_R en fonction du taux de croissance de N , soit :

$$hL_R = bg_N \quad (15)$$

En remplaçant dans (14), il va :

$$r = \alpha \frac{L}{b} - \alpha g_N \quad (16)$$

Programme des ménages

Le programme des ménages est défini par :

$$U(c) = \int_0^{+\infty} e^{-pt} \frac{c(t)^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} dt \quad (17a)$$

sous $\dot{a}(t) = w(t) + ra(t) - c(t) \quad (17b)$

a représentant les actifs possédés par le ménage représentatif.

Dans une économie fermée, les ménages possèdent les entreprises et le patrimoine total des ménages est égal à la valeur nette des firmes. L'épargne globale des ménages servant à financer l'investissement des firmes qui se réduit à la valeur de l'investissement dans la R&D, le taux de rendement de leur patrimoine individuel est donc égal au taux de rendement de l'investissement des firmes. Le taux de croissance d'état régulier de la consommation par tête (ou globale) est alors donné de manière traditionnelle par :

$$g_C = \frac{r-p}{\sigma} \quad (18)$$

Etant donné la technologie utilisée dans la production de bien final, on sait que ce taux de croissance est aussi égal à g_N . En remplaçant g_N par g_C dans (16), puis en intégrant dans (18), la valeur ainsi trouvée, il va après réorganisation :

³⁵ Etant donné que le coût d'invention est constant, l'intégrale doit aussi être constante, ce qui implique à son tour la constance de $r(t)$ et l'égalisation de l'intégrale à $1/r$.

$$(g_C)^* = (g_N)^* = \frac{\alpha hL/b - p}{\alpha + \sigma} \quad (19)$$

En intégrant l'expression de cette valeur d'équilibre de G_N dans (15) puis dans (14), on obtient respectivement :

- la valeur d'état régulier de la quantité de travail consacrée à la recherche :

$$(L_R)^* = \frac{\alpha hL - bp}{\alpha + \sigma} \quad (20)$$

- le taux de rendement d'état régulier :

$$(r)^* = \frac{\alpha (\sigma hL/b + p)}{\alpha + \sigma} \quad (21)$$

On observe que le taux de croissance de la consommation par tête est d'autant plus important que

- les agents sont prêts à épargner (p et σ faibles),
- le coût d'invention en terme de quantité de travail (b) est faible,
- la population (L) et le niveau moyen du capital humain (h) sont élevés.

Optimum social

Pour montrer que l'équilibre précédent n'est pas optimal, il suffit de considérer le programme d'un planificateur social. Celui-ci consiste à maximiser l'utilité du ménage représentatif donnée en (16a) sous la contrainte :

$$Y = A (hL - hL_R)^{1-\alpha} N X^\alpha = C + N X \quad (22)$$

$$\dot{N} = N h L_R / b \quad (23)$$

Les variables de contrôle st C , X et L_R , la variable d'état est N . La résolution de ce programme donne les valeurs optimales suivantes :

$$g_{opt} = \frac{hL/b - p}{\sigma} \quad (25)$$

$$L_{R opt} = \frac{hL - p.b}{\sigma} \quad (26)$$

(26) montre que l'économie décentralisée alloue mal le travail entre les deux secteurs. En fait, l'écart entre le taux de croissance optimal (25) et le taux de croissance d'équilibre (19) s'explique non seulement à cause des pertes statiques associées au monopole mais aussi ici à cause des externalités.

ANNEXE III.C : LE MODELE DE ROMER [1990] SANS EXTERNALITE

Par rapport au modèle décrit dans l'annexe III.B, on fait maintenant l'hypothèse maintenant que le coût d'invention est égal à une quantité fixe d'outputs, ce qui revient à supposer que l'activité d'invention utilise du capital humain et des inputs intermédiaires dans les mêmes proportions que l'activité de production du bien final.

Equilibre décentralisé

Le programme des entreprises du secteur final est inchangé. On peut reprendre les équations (1) à (4) de l'annexe III.B. Néanmoins comme le secteur d'invention utilise également des biens intermédiaires, la demande du bien intermédiaire j est désormais donnée par :

$$X_j = L(\alpha A/P_j)^{1/1-\alpha} \quad (5')$$

Etant donné l'hypothèse du modèle considéré ici, à la place de (7) on note aussi

$$\text{coût d'une invention en terme d'output} = \eta \quad (7')$$

Le programme de maximisation du monopoleur est inchangé. Mais étant donné (5') la quantité demandée à l'équilibre de chaque bien devient désormais :

$$X_j = X = hL A^{1/1-\alpha} \alpha^{2/1-\alpha} \quad (9')$$

L'équilibre sur le marché monopolistique conduit toujours à égaliser la valeur actuelle nette au coût de l'invention en terme d'output. Mais cette fois-ci étant donnée la nouvelle expression de X , qui ne fait plus intervenir hL_R et la fixation du coût d'invention à η output, on a :

$$\eta = LA^{1/1-\alpha} \frac{1-\alpha}{\alpha} \alpha^{2/1-\alpha} (1/r) \quad (13')$$

En simplifiant et en réorganisant, on obtient à nouveau la valeur d'équilibre de r :

$$r = L/\eta A^{1/1-\alpha} \frac{1-\alpha}{\alpha} \alpha^{2/1-\alpha} \quad (14')$$

La condition de maximisation du programme des ménages ($g_c = (r - p).1/\sigma$) étant inchangée, il suffit d'intégrer le taux de rendement de l'investissement r donnée par (14') pour obtenir le taux de croissance d'équilibre du produit par tête dans une économie décentralisée (g_{dec}) :

$$g_{dec} = \frac{L/\eta A^{1/1-\alpha} (1-\alpha/\alpha) \alpha^{2/1-\alpha} - p}{\sigma} \quad (19')$$

Optimum social

Pour montrer que l'équilibre précédent n'est pas optimal, il suffit de considérer le programme d'un planificateur social. Celui-ci consiste à maximiser l'utilité du ménage représentatif donnée en (16'). La contrainte technologique est maintenant donnée par :

$$Y = AL^{1-\alpha} NX^\alpha = C + \eta \dot{N} + NX \quad (22')$$

$$\text{avec} \quad \dot{N} = (1/\eta)(AL^{1-\alpha} NX^\alpha - Lc - N.X) \quad (23')$$

La production peut être utilisée pour la consommation (C), la recherche-développement ($\eta \dot{N}$) ou dans la production de biens intermédiaires déjà inventés (NX). La solution d'un tel programme est donné par :

$$g_{opt} = \frac{L/\eta A^{1/1-\alpha} (1-\alpha/\alpha) \alpha^{1/1-\alpha} - p}{\sigma} \quad (25')$$

La comparaison de (19') et (25') montre alors que

$$g_{dec} = g_{opt} \alpha^{1/1-\alpha} \quad \text{avec } \alpha^{1/1-\alpha} < 1$$

L'écart représente la perte d'efficacité "statique" associé au monopole.

CONCLUSION GENERALE

Les effets externes les plus importants pour la croissance économique correspondent à la diffusion non marchande de la connaissance technique au sens large produite par les firmes privées. Ces effets externes se diffusent de manière directe (observation des produits des concurrents, lecture et contournement des brevets, échanges inter-personnels entre les firmes, mobilité du travail). Mais ils sont aussi médiatisés par des intermédiaires marchands ou publics (presse, ouvrage, consultant, organismes de formation) dont une des fonctions consiste à réduire leurs coûts d'appropriation pour les agents économiques. C'est leur existence qui permet à l'économie d'auto-entretenir un processus de production technologique, et accessoirement aux trajectoires technologiques des firmes de ne pas trop diverger.

La concentration spatiale des activités accroît le degré et la vitesse de diffusion externe des connaissances technologiques de plusieurs manières. On met traditionnellement l'accent sur l'effet favorable qu'elle exerce sur les échanges informels, la mobilité professionnelle et la possibilité d'observer directement les produits de la concurrence mais si l'on veut être complet, il faut aussi prendre en compte deux autres effets : le développement des activités locales de *médiatisation* des externalités (presse et formation locale notamment) et celui de certaines formes d'internalisation des effets externes, l'idée étant que les coûts de contrôle et d'opportunisme sont plus faibles lorsque l'on se voit plus souvent, où lorsque ceux-ci s'appuient sur des connaissances extra-professionnelles.

Par nature, les externalités informationnelles sont irréductiblement liées à la production de connaissance et c'est fondamentalement pour cette raison qu'on peut sérieusement mettre en doute la possibilité de les rattacher directement dans un modèle macroéconomique à un secteur au capital physique (Romer [1987b], Romer [1986]) et dans une moindre mesure au capital humain comme le fait notamment Lucas [1990].

En raison du processus d'apprentissage, il existe certes des liens étroits entre l'investissement matériel et les externalités mais ceux-ci ne peuvent pas être pris en compte à travers une simple externalité sur le capital physique et ne peuvent suffire à justifier la corrélation observée entre le taux d'investissement et le taux de croissance de la productivité totale des facteurs comme le font De Long & Summers [1991] et [1993]. Même si l'on peut supposer que l'investissement génère un volume d'expérience et de connaissances indispensables à l'élaboration de nouvelles techniques (Schmookler [1966]), il n'est pas

possible de considérer que le progrès technique puisse être simplement induit par l'accumulation du capital. D'une part, la plupart des connaissances issues d'un processus d'apprentissage ne sont qu'un input dans une activité de recherche coûteuse. D'autre part, ce qu'on recouvre derrière l'idée d'apprentissage devrait plutôt être envisagé la plupart du temps comme un investissement à part entière dans l'organisation ou dans l'amélioration de la qualité des produits. Dans ces deux cas, les gains ne proviennent pas de l'investissement dans des machines mais bien des ressources qui sont consacrées à l'amélioration de la technologie.

On ne peut pas non plus présenter le problème allocatif qui naît de la complémentarité par le marché d'investissements non rentables comme une différence entre rendement privé et rendement social, et donc son exploitation comme une externalité. Dans une telle situation en effet, il est efficace du point de vue de chaque agent comme du point de vue de la société qu'aucun investissement ne soit entrepris *si on ne les envisage pas simultanément*. Le problème allocatif tient simplement au fait que les agents économiques ne parviennent pas à bien estimer la rentabilité de leurs investissements en l'absence de mécanisme réel de centralisation. Tant qu'un défaut de coordination subsistera, il n'y a donc aucune raison pour que l'augmentation de l'investissement au niveau macroéconomique permette d'exploiter *automatiquement* les gains qui naissent de la complémentarité des investissements dans certains secteurs, contrairement à ce qui se passe en présence d'externalités.

Bien qu'intuitivement plus plausible, l'introduction d'une externalité sur le niveau moyen du capital humain pose presque autant de problèmes⁶³. D'abord, le fait que beaucoup d'externalités se diffusent à travers les interactions humaines ne justifie en aucun cas son rattachement au capital humain (confusion entre bien médiat et bien support de l'effet externe). Mais surtout, contrairement à ce que beaucoup pensent, à l'exception de l'influence parentale sur l'éducation des enfants, il n'existe pas d'externalités « éducatives » significatives pour la croissance. Il y a de très nombreuses raisons pour lesquelles on peut penser que la collectivité tire avantage de la formation des individus (augmentation de leur capacité d'apprentissage, développement d'attitudes favorables à la modernité, etc..) mais cette influence passe par le marché et ne poserait pas de problèmes allocatifs en l'absence d'une certaine myopie des agents sur *leurs* propres intérêts. C'est en effet parce que les individus recherchent mal leur propre intérêt qu'ils peuvent nuire aux autres. De ce point de vue, il n'y a pas de différences à faire avec la « perte » d'une partie de ceux qui entrent en interaction avec des agents économiques mal informés opérant des mauvais choix en matière d'investissement ou de technologies comme par exemple les salariés et créanciers d'une entreprise qui fait faillite.

En fait, en se servant des enseignements des modèles de recherche, la seule justification que l'on puisse donner à l'externalité de Lucas est que c'est l'utilisation intensive du capital humain dans les activités de production de connaissances génératrices d'externalités qui explique le lien sous-jacent entre celles-ci et le niveau moyen du capital humain dans un monde où il n'existe pas de différences dans l'accès à la dimension marchande de la technologie. Mais il faut voir deux choses :

⁶³ Indépendamment de la question de la fragilité empirique d'un modèle comme celui de Lucas [1990] comme on l'a montré dans la première partie.

- D'une part, l'hypothèse d'un égal accès à la dimension marchande de la technologie n'est pas vraiment tenable au niveau mondial. Or, si les différences technologiques marchandes sont bien corrélées avec des différences dans les niveaux moyens de capital humain, alors les individus seront bien plus efficaces, à même niveau de qualification, là où le niveau moyen du capital humain est le plus important, en dehors de tout effet externe.

- D'autre part, même lorsqu'on peut admettre que l'hypothèse de l'égal accès à la dimension marchande de la technologie est à peu près respectée, il est clair qu'une externalité sur le niveau moyen du capital humain dans une fonction de production agrégée est une manière très imparfaite d'en rendre compte et qu'il faut être très prudent sur les conclusions qu'on peut tirer d'un tel modèle. D'abord, la différence technologique ne dépend pas du niveau moyen de capital humain en général mais d'abord de la quantité de capital humain investie dans le secteur créatif, qui peut varier d'une économie à l'autre. Ensuite, les externalités ne dépendent en dernier ressort que des ressources qui ont été consacrées à la production de connaissance et donc d'abord de toutes les incitations qui les déterminent et pas seulement du niveau moyen de capital humain.

Les modèles d'éducation identifient clairement quant à eux la seule externalité importante pour la croissance qui ne soit pas liée à la production de connaissance : l'influence parentale sur l'éducation des enfants. Cependant, contrairement à ce que laissent penser certaines formulations, avec une conception traditionnelle du capital humain qui est celle des comptables de la croissance, l'idée d'une transmission intergénérationnelle prise au pied de la lettre n'a pas beaucoup de sens pas plus que l'hypothèse alternative selon laquelle le niveau du capital humain des parents augmenterait la rentabilité du temps passé à l'école par les enfants à se former, puisque ce temps est justement un indicateur du niveau de capital humain. En fait, le capital humain des parents agit bien sur la rentabilité de l'investissement éducatif des enfants mais pour le voir, il faut cesser de mesurer l'effort par la période de la vie où l'on se forme pour prendre en compte le temps réellement consacré aux études et les coûts subjectifs de l'attention à l'école *pendant la période de formation*. Plus le capital humain des parents est élevé, et plus la productivité des efforts de formation des enfants est importante au sens où ceux-ci devront consacrer moins de loisirs et moins d'efforts subjectifs pour obtenir un résultat donné. Pour justifier la poursuite de l'accumulation au-delà de la finitude humaine, beaucoup semblent supposer une autre conception qui prendrait en compte l'évolution de la nature des connaissances incorporées dans l'individu. Mais cette conception ne trouve pas vraiment de justifications.

Quelque soit la conception, et contrairement à l'intuition et aux hypothèses qui sont souvent retenues (Lucas [1988] et D'autume & Michel [1994]), les dépenses volontaires des parents (en temps ou en argent) dans l'éducation de leurs enfants ne sont pas une manière d'internaliser les effets externes. Le problème allocatif ne disparaîtrait que si les parents tenaient compte dès leur décision initiale de formation des connaissances qu'ils pourront transmettre à leurs enfants, ce qui est irréaliste au regard de ce que nous apprennent les sociologues sur les mécanismes concrets de cette diffusion. Les parents peuvent « après coup » chercher à transmettre un capital culturel maximal mais l'internalisation suppose par définition qu'ils agissent ex ante sur leur propre niveau d'éducation. En fait, en investissant volontairement et de

manière altruiste dans leurs enfants, les parents ne font qu'assumer le *coût d'appropriation* du bien externe que représente leur niveau de formation pour leurs enfants.

Analyse normative : ce qu'on peut dire et ce qu'on ne peut pas

L'introduction des externalités au niveau macro-économique a conduit beaucoup de commentateurs à s'interroger comme Stern [1991] sur l'apport réel des modèles de croissance par rapport aux principales intuitions associées à l'analyse microéconomique des politiques applicables aux activités productrices de savoir. Cette critique en réalité est peu fondée. Comme le dit Romer [1996], la recherche est surtout un travail de hiérarchisation et de ce point de vue, les modèles de croissance endogène intègrent simplement à un niveau plus général ce qu'on savait déjà.

Mais que sait-on d'un point de vue normatif ? Dans ce travail, on s'est surtout intéressé aux bénéfices sociaux auxquels les externalités sont associées. Etant donné que l'on n'a pas abordé directement et quantitativement la question des coûts et avantages comparés des diverses modalités d'interventions étatiques qu'on observe empiriquement (subvention, aide..), on peut difficilement porter un quelconque jugement. Mais on peut faire quatre remarques :

- La première condition pour une quelconque intervention est l'existence d'un problème allocatif. Or, on a montré qu'il existait des formes très particulières et généralement négligées d'internalisation de certaines formes d'externalités qui limitent largement la sous-optimalité potentielle associée comme les échanges informels, le contrat implicite que peut passer une firme avec son salarié de manière à tirer indirectement profit d'une partie de ses connaissances techniques devenues « redondantes », les termes du contrat plus avantageux que peut imposer une firme à son cabinet de consultant ou encore la publicité gratuite qu'elle peut obtenir dans les magazines spécialisés en l'échange de « confidences » sur ses innovations.

- l'intervention de l'Etat peut assez sûrement améliorer le bien-être lorsqu'elle a pour objectif d'internaliser les externalités « imprévisibles ». Ainsi qu'on l'a vu, l'imprévisibilité de certaines externalités tient au fait que l'entreprise émettrice n'est pas en mesure de savoir que sa recherche va profiter à une autre entreprise, ce qui explique alors que toute internalisation soit impossible. Mais l'Etat lui n'a pas besoin de savoir à qui la recherche va profiter même si cela serait évidemment souhaitable dans l'absolu. Indépendamment de la question difficile de l'évaluation de l'effet externe potentiel, la seule chose qui lui importe et qui justifie une intervention, c'est de savoir que cette recherche va profiter à quelqu'un, ce qui est inévitable statistiquement.

- Les problèmes allocatifs posés par les externalités informationnelles sont en réalité multiples et étroitement imbriqués. Il est établi depuis longtemps que le faible degré d'exclusion n'éloignait pas forcément de l'optimum étant donné la non rivalité des connaissances techniques. Mais ainsi qu'on l'a montré, les externalités posent aussi un autre problème allocatif, rarement souligné qui est celui de la sous-optimalité probable des dépenses engagées

par les agents économiques pour se les approprier étant donné l'incertitude fondamentale attachée à l'échange d'informations.

- Enfin, on s'interroge souvent sur la possibilité d'isoler les secteurs où les externalités sont importantes, par exemple Krugman [1987] et Bardhan [1993]. Il peut paraître étonnant quand on y pense que l'on ne puisse pas répondre simplement à cette question. En fait, cela tient peut-être à ce qu'elle est mal posée. Car si les externalités sont irréductiblement attachées au progrès technique, alors la seule conclusion qu'on puisse tirer est que s'il faut encourager quelque chose, c'est l'activité d'innovation, quel que soit le secteur. Il est possible naturellement que certains génèrent plus d'externalités et normalement, on devrait s'attendre à ce que ce soient en tendance les secteurs qui innovent le plus. Mais l'examen des externalités selon les secteurs n'est peut-être pas le meilleur point de départ.

L'importance du « label »

Comme le rappelle Romer [1996] après d'autres, il y a toujours un risque dans la recherche à poser des questions sur le modèle plutôt que sur le monde, en travaillant longtemps sur des modèles manifestement rejetés par la réalité. Cette remarque prend tout son sens à propos des externalités. Tant que l'on ne s'interroge pas fondamentalement sur leur contenu, on peut faire des hypothèses « raisonnables » sur leurs valeurs, on peut les attacher à l'envie sur un indicateur et générer les dynamiques souhaitées⁶⁴.

L'idée de base à laquelle on est progressivement parvenue, évidente quand on y pense, c'est que les seules externalités importantes pour la croissance sont des externalités informationnelles ou externalités de connaissances techniques. Il existe certes d'autres externalités spécifiquement attachées au niveau d'éducation, mais à l'exception de « l'héritage culturel », elles sont marginales et non décisives pour la croissance.

Désigner l'externalité par son contenu, plutôt que par le facteur auquel elle est rattachée dans le modèle de croissance, (externalité « de capital humain », « de capital physique » ou « dans la recherche ») n'est qu'un changement de terme mais comme le rappelle Harberger [1998, p 3] à propos de la productivité totale des facteurs qu'il préfère appeler « réduction du coût réel », remplacer un mot ou un « label » par un autre ne modifie pas la réalité sous-jacente mais il permet de changer la manière dont nous la regardons ou dont nous réfléchissons dessus ».

⁶⁴ Krugman [1998, p 30] fait le même genre de remarque.

BIBLIOGRAPHIE

- ABRAMOVITZ Moses, (1989) *Thinking about Growth*. Cambridge University Press. New York.
- ACEMOGLU Daron, (1996) A Microfoundation for Social Increasing Returns in Human Capital Accumulation. *Quarterly Journal of Economics*, August, pp 779-795.
- AGHION Philippe, HOWITT Peter, (1992) A Model of Growth through Creative Destruction. *Econometrica*, 60, 2, March, pp 323-351.
- AMABLE Bruno, GUELLEC Dominique, (1992) Les théories de la croissance endogène. *Revue d'Economie Politique*, 102 (3), mai-juin, pp 313-377.
- ARROW Kenneth J., (1962a) Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention in "The Economics of Technological Change" edited by Rosenberg N., (1976), Penguin Modern Economics Readings, pp 164-181.
- ARROW Kenneth J., (1962b) The Economic Implication of Learning By Doing. *Review of Economic Studies*, 29, June, pp 155-173.
- ARROW Kenneth J., (1969) Classifications Notes on the Production and Transmission of Technology Knowledge. *American Economic Review*, 59, May, pp 29-35.
- ARROW Kenneth J., (1985) The Potentials and Limits of the Market in Resource Allocation in « *Issues in Contemporary Microeconomics and Welfare* » edited by G. FEIWEL.
- ARROW Kenneth J., (1993) Methodological Individualism and Social Knowledge. *American Economic Association Papers and Proceedings*, 84 (2), pp 1-9.
- AUDRETSCH David B., FELDMAN Maryann P., (1996) R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production. *American Economic Review*, 86 (3), June, pp 630-639.
- AZARIADIS C., DRAZEN A., (1990) Threshold Externalities in Economic Development. *Quarterly Journal of Economics*, 105, pp 501-506.
- BARDHAN P., (1993) Economic of Development and the Development of Economics. *Journal of Economic Perspectives*, 7 (2), pp 129-142.
- BARDHAN P., (1994) Contributions of Growth Theory to the Analysis of Development Problems (chapter 46) in *Handbook of Development Economics*, North Holland.
- BARRO Robert J., (1990) Government Spending in a Simple Model of Endogeneous Growth. *Journal of Political Economy*, 98 (5), pp 103-130.
- BARRO Robert J., (1991) Economic Growth in a Cross Section of Countries. *Quarterly Journal of Economics*, 106, pp 407-443.
- BARRO Robert J., MANKIW Gregory N., SALA i MARTIN Xavier, (1994) Capital Mobility in Neoclassical Models of Growth. *CPER Discussion Paper*, n° 1019, September.
- BARRO Robert J., SALA i MARTIN Xavier, (1992) Convergence. *Journal of Political Economy*, vol 100, 2, pp 223-251.
- BARRO Robert J., SALA i MARTIN Xavier, (1995) *Economic Growth*. New York: Mc Graw Hill, 539 p.

- BASU Susanto, FERNALD John G., (1995) Are Apparent Productive Spillovers a Figment of Specification Error ? *Journal of Monetary Economics*, 36, pp 165-168.
- BENHABIB J., JOVANOVIC B., (1991) Externalities and Growth Accounting. *American Economic Review*, 81, march, pp 82-113.
- BLOMSTRÖM Magnus, LIPSEY Robert E., ZEJAN Mario, (1996) Is Fixed Investment The Key to Economic Growth ? *Quarterly Journal of Economics*, February, pp 269-276.
- BOOTH Alison L., ZOEGA Gylfi, (1996) Quitting Externalities with Uncertainty about Future Productivity. *CPER Discussion Paper*, n° 1360, March.
- BORJAS George J., (1992) Ethnic Capital and Intergenerational Mobility. *Quarterly Journal of Economics*, 107, February, pp 123-150.
- BOURDIEU Pierre, (1979a) Les trois états du capital culturel. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 30, pp 3-6.
- BOURDIEU Pierre, (1979b) *La distinction*. Les Editions de minuit, Paris, 670 p.
- BOURDIEU Pierre, PASSERON Jean-Claude (1970) *La reproduction. Elements pour une théorie de l'enseignement*. Les Editions de Minuit, Paris, 281 p.
- BROOKS Harvey, (1994) The Relationship Between Science and Technology. *Research Policy*, 23, pp 477-486.
- BUCHANAN James M., (1966) Joint supply, Externality and Optimality. *Economica*, 33, pp 404-415.
- BUCHANAN James M., STUBBLEBINE W. Craig., (1962) Externality. *Economica*, 29, pp 371-385.
- CARRE J.J., DUBOIS P., MALINVAUD E., (1972) *La croissance française*. Le Seuil, Paris, 710 p.
- CARTER Anne P., (1989) Knowhow Trading as Economic Exchange. *Research Policy*, 18, pp 155-163.
- CASS David, (1965) Optimum Growth in Aggregative Model of Capital Accumulation. *Review of Economic Studies*, 32, july, pp 233-240.
- CHIPMAN J.S., (1970) External Economies of Scale and Competitive Equilibrium. *Quarterly Journal of Economics*, 84, august, pp 351-385.
- COASE R.H., (1960) The Problem of Social Cost. *The Journal of Law and Economics*, October, pp 1-44.
- COHEN W.M., LEVINTHAL D.A., (1989) Innovation and Learning: the Two Faces of R&D. *Economic Journal*, 99, september, pp 569-596.
- CORICELLI Fabrizio, DOSI Giovanni, (1988) Coordination and Order in Economic Change and The Interpretative Power of Economic Theory in *Technical Change and Economic Theory*, edited by Dosi & al., pp 124-147.
- D'AUTUME Antoine, (1995) Choix éducatifs, équilibre général et croissance économique. *Economie et prévision*, 116, pp 35-48.
- D'AUTUME Antoine, MICHEL Phillipe, (1994) Education et croissance. *Revue Economique*, 104 (4), Juillet-Aout.
- DE LONG J. Bradford, SUMMERS Lawrence, (1991) Equipment Investment and Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 106, pp 445-502.
- DE LONG J. Bradford, SUMMERS Lawrence, (1993) How Strongly do Developing Economies Benefit From Equipment Investment ? *Journal of Monetary Economics*, 32, pp 395-415.

- DENISON Edward F. (1979) *Accounting for Slower Economic Growth. The United States in the 1970's*. The Brookings Institution. Washington D.C.
- DERENBOUG Michel, (1997) Les PME et l'intelligence économique. *Les échos*, février.
- DJELLAL Faridah, (1995) Changement technique et conseil en technologie de l'information. L'Harmattan, Paris.
- DOSI Giovanni, (1988a) Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation. *Journal of Economic Literature*, 26, pp 1120-1171
- DOSI Giovanni, (1988b) The Nature of Innovative Process in *Technical Change and Economic Theory*, DOSI & al. (ed), Pinter Publishers, pp 221-238.
- DOWRICK Steve, (1992) Technological Catch-Up and Diverging Income: Patterns of Economic Growth 1960-88. *Economic Journal*, 102, may, pp 600-610.
- DUCHARME Louis-Marc, MOHNEN Pierre (1996) Externalités et taux de rendements sociaux de la R&D. *Economies et Sociétés*, Dynamiques technologique et organisation, Série W, n°3, juillet, pp 193-217.
- FAGERBERG Jan, (1994) Technology and International Differences in Growth Rates. *Journal of Economic Literature*, 32, september, pp 1147-1175.
- FARREL Joseph, (1987) Information and The Coase Theorem. *Journal of Economic Perspectives*, 1 (2), pp 113-129.
- FUJITA Masahisa, THISSE Jean-François, (1996) Economics of Agglomeration. *CPER Discussion Paper*, n° 1344, February.
- GLAESER Edward L & alii, (1992) Growth in Cities. *Journal of Political Economy*, 100 (6), pp 1126-1152.
- GLAESER Edward L., SCHEINKMAN José A., SHLEIFER Andrei, (1995) Economic growth in a Cross-Section of Cities. *Journal of Monetary Economics*, 36, pp 117-143.
- GOTO A., SUZUKI K., (1989) R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries. *Review of Economics and Statistics*, 71 (4), pp 555-564.
- GROSSMAN Gene M. et Elhanan HELPMAN, (1991) *Innovation and Growth in the Global Economy*. The MIT Press, Cambridge, Mass.
- GROSSMAN Gene M. et Elhanan HELPMAN, (1994) Endogenous Innovation in the Theory of Growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8 (1), winter, pp 23-44.
- GUELLEC Dominique, (1995) Externalités et asymétries d'information dans un modèle de croissance. *Revue Economique*, 46 (3), mai, pp 837-846.
- GUELLEC Dominique, RALLE Pierre, (1995) *Les nouvelles théories de la croissance*. Editions La Découverte, Paris, 123 p.
- HARBERGER (1998) A Vision of the Growth Process. *American Economic Review*, 88 (1), March, pp 1-32.
- HENDERSON Vernon, KUNCORO Ari, TURNER Matt, (1995) Industrial Development in Cities. *Journal of Political Economy*, 103 (5), pp 1067-1090.
- HENIN Pierre-Yves, RALLE Pierre, (1993) Les nouvelles théories de la croissance: quelques apports pour la politique économique. *Revue Economique*, hors-série, pp 75-100.
- HOLMSTRÖM Bengt R., TIROLE Jean (1989) The Theory of the Firm in: *Handbook of Industrial Organization*, vol I, edited by R. Schmalensee and R.D. Willig.
- HOOVER E. M., (1948) *The Location of Economic Activity*. Mc Graw Hill, New-York..
- JACOBS Janes, (1969) *The Economy of Cities*. Random House. New-York.

- JAFFE Adam B., (1986) Technological Opportunity and Spillovers of R&D : Evidence from Firms' Patents Profits and Market Value. *American Economic Review*, 76 (6), pp 984-1001.
- JAFFE Adam B., (1989) Real Effects of Academic Research. *American Economic Review*, 79 (5), december, pp 957-970.
- JAFFE Adam B., TRAJTENBERG Manuel, HENDERSON Rebecca, (1993) Geographic Localization of Knowledge Spillovers. *Quarterly Journal of Economics*, 108 (3), August pp 577-598.
- JAILLET Hubert, PUIG Jean-Pierre et THISSE Jean-François, (1996) Les enjeux économiques de l'organisation du territoire. *Revue d'économie politique*. Janvier-Février.
- JOLY P-B., (1992) Le rôle des externalités dans les systèmes d'innovation, nouveaux regards sur le dilemme de la propriété intellectuelle. *Revue Economique*, 43 (4), pp 785-795.
- JONES Charles, (1995a) Time Series Tests of Endogenous Growth. *Quarterly Journal of Economics*, may, pp 495-525.
- JONES Charles, (1995b) R&D-Based Models of Economic Growth. *Journal of Political Economy*, 103 (41), pp 759-784.
- KLENOW Peter J., RODRIGUEZ-CLARE Andrés (1997) Economic Growth : A Review Essay. *Journal of Monetary Economics*, 40, pp 597-617.
- KLIBANOV Peter, MORDUCH Jonathan, (1995) Decentralization, Externalities and Efficiency. *Review of Economic Studies*, 62, pp 223-247.
- KRUGMAN Paul R., (1987) Is Free Trade Passé ? *Journal of Economic Perspectives*, 1 (2), pp 131-144.
- KRUGMAN Paul R., (1991) *Geography and Trade*. MIT Press, Cambridge, Massachussets, 147 p.
- KRUGMAN Paul R., (1991) Increasing Returns and Economic Geography. *Journal of Political Economy*, 99 (3), June, pp 483-499.
- KRUGMAN Paul R., (1998) *L'économie auto-organisatrice*. De Boek Université, Bruxelles, 126 p.
- KRUGMAN Paul R., OBSTFELD Maurice, (1995) *Economie internationale*. Paris, De Boeck Université, 891 p.
- LAFFONT Jean-Jacques, (1977) *Effets externes et théorie microéconomique*. Editions du CNRS, Paris.
- LAFFONT Jean-Jacques, (1988) *Fondements de l'économie publique. Vol 1. Cours de théorie microéconomique*. 2ème édition, Economica, Paris.
- LE BAS Christian, GENIAUX Isabelle, (1995) La gestion des relations technologiques dans les PME, *Economies et Sociétés*, mai.
- LEVIN R. C., (1986) A New Look at the Patent System. *American Economic Review*, 76 (2), pp 199-202.
- LEVINE Ross, RENELT David, (1992) A Sensitive Analysis of Cross-Country Growth Regressions. *American Economic Review*, 82 (4), september, pp 942-963.
- LEVY-GARBOUA Louis, (1995) Formation sur le tas et rendements de l'expérience: un modèle de diffusion du savoir. *Economie et prévision*, 116, pp 79-88.
- LOGOSSAH Kinvi D.A., (1995) Capital Humain et croissance économique : une revue de la littérature. *Economie et prévision*, 116, pp 17-34.

- LUCAS Robert E. Jr., (1988) On The Mechanics of Development. *Journal of Monetary Economics*, 22, pp 3-42.
- LUCAS Robert E. Jr., (1990) Why Doesn't Capital Flow from Rich to Poor Countries ? *American Economic Review*, 80, pp 92-96.
- LUCAS Robert E. Jr., (1993) Making A Miracle. *Econometrica*, 61, March, pp 251-272.
- MADDISON Angus, (1995) *L'économie mondiale 1820-1992. Analyse et statistique*. Etudes du Centre de Développement, OCDE, Paris, 274 p.
- MAIRESSE J., MOHNEN P., (1990) Recherche-développement et productivité. *Economie et statistique*, 237-238, pp 99-108.
- MALERBA Franco, (1992) Learning by Firms and Incremental Technical Change. *Economic Journal*, 102, July, pp 845-859.
- MALINVAUD Edmond, (1993) Regard d'un ancien sur les nouvelles théories de la croissance. *Revue Economique*, 2, mars, pp 171-188.
- MALINVAUD Edmond, (1995) Education et développement économique. *Economie et prévision*, 116, pp 1-15.
- MANKIW Gregory, David ROMER et David N. WEIL, (1992) A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 107 (2), May, pp 407-437.
- MANSFIELD E., (1985) How Rapidly Does New Industrial Technology Leak out ? *Journal of Industrial Economics*, december, pp 217-223.
- MANSFIELD E., alii (1977) Social and Private Rates of Return from Industrial Innovations. *Quarterly Journal of Economics*, 77, pp 221-240.
- MANSFIELD E., ROMEO A., (1980) Technology Transfer to Overseas Subsidiaries by US Based Firms. *Quarterly Journal of Economics*, 95, pp 737-750
- MANSFIELD E., ROMEO A., WAGNER Samuel, (1979) Foreign Trade and U.S. Research and Development. *Review of Economic Studies*, 61, February, pp 49-57.
- MANSFIELD E., SCHWARTZ M., WAGNER S., (1981) Imitation Costs and Patents : an Empirical Study. *Economic Journal*, 91, december, pp 907-918.
- MARSHALL A., (1890) *Principes d'Economie Politique*. Publications Gamma, Paris 1906.
- MAUNOURY J.L., (1972) *Economie du savoir*. Armand Colin, Paris.
- MEADE James., (1952) External economies and diseconomies in a competitive situation. *Economic Journal*, n°62, Marsh, pp 54-67.
- MISHAN E.J., (1965) Reflections on recent developments in the concept of external effects. *Canadian Journal of Economics and Political Science*, february, pp 3-34.
- MISHAN E.J., (1971) The Postwar Literature on Externalities : An Interpretative Essay. *Journal of Economic literature*, 9, pp 1-28.
- MURPHY Kevin M., Andrei SHLEIFER et Robert VISHNY, (1988) Industrialization and the Big Push. *Journal of Political Economy*, 97 (5), pp 1003-1026.
- NELSON Richard R., (1980) Production Sets, Technological Knowledge and R&D: Fragile and Overworked Constructs for Analysis of Productivity Growth ? *American Economic Review*, May, 70 (2), pp 62-67.
- NELSON Richard R., (1959) The Simple Economics of Basic Scientific Research. *Journal of Political Economy*, June, pp 297-306.
- NONAKA Ikujiro, TAKEUCHI Hirotaka, (1995) *The Knowledge-Creating Company*. Oxford University Press. Traduction française : « La connaissance créatrice », De Boeck Université, 1997.

- NONNEMAN Walter, VANHOUDT Patrick, (1996) A Further Augmentation of The Solow Model and The Empirics of Economic Growth for OECD Countries. *Quarterly Journal of Economics*, November, pp 943-953.
- NURKSE Ragnar, (1952) Some International Aspect of the Problem of Economic Development. *American Economic Review*, May.
- OLSON Mancur, (1996) Big Bills Left on the Side Walk : Why Some Nations are Rich and Others Poor. *Journal of Economic Perspectives*, 10 (2), Spring, pp 3-24.
- PACK Howard, (1994) Endogeneous Growth Theory: Intellectual Appeal and Empirical Shortcomings. *Journal of Economic Perspectives*, 8 (1), winter, pp 55-72.
- PAVITT Keith, (1991) What Makes Basic Research Economically Useful ? *Research Policy*, 20, pp 109-119.
- PIGOU A.C., (1920) *The Economics of Welfare*. 4e edition, Mac Millan, London, 1960.
- PORTER Michael, (1990) *The Competitive Advantage of Nations*. New York, Free Press.
- PRESCOTT Edward C., BOYD John, (1987) Dynamic Coalitions: Engines of Growth. *American Economic Association Papers and Proceedings*, 77 (2), May, pp 63-67.
- PSACHAROPOULOS Georges, WOODHALL (1988) : *L'éducation pour le développement*. Economica, Paris.
- RAMSEY F.P., (1928) A Mathematical Theory of Saving. *Economic Journal*, december, pp 527-542.
- REBELO Sergio, (1991) Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 99 (31), pp 500-521.
- REICH Robert, (1991) *The Work of Nations*. Alfred A. Knopf, Inc., New-York.
- RIVERA-BATIZ Luis A., ROMER Paul M., (1991) Economic Integration and Endogenous Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 106 (2), May, pp 531-555.
- ROMER David, (1996) *Advanced Macroeconomics*. Mc Graw Hill.
- ROMER Paul M., (1986) Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94, pp 1002-1037.
- ROMER Paul M., (1987a) Crazy Explanations for the Productivity Slowdown in *NBER Macroeconomics Annual*, Fisher S., (editor). M.I.T Press, Cambridge.
- ROMER Paul M., (1987b) Growth based on Increasing Returns Due to Specialization. *American Economic Review*, 77 (2), May, pp 56-62.
- ROMER Paul M., (1989) Capital Accumulation in the Theory of Long-Run Growth in "*Modern Business Cycle Theory*" edited by Barro Robert J, pp 51-127.
- ROMER Paul M., (1990a) Are Nonconvexities Important for Understanding Growth ? *American Economic Review*, 80, pp 97-101.
- ROMER Paul M., (1990b) Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98 (5), pp 71-102.
- ROMER Paul M., (1993) Object Gaps, Idea Gaps and Development. *Journal of Monetary Economics*, 32, pp 543-573.
- ROMER Paul M., (1994) The Origins of Endogeneous Growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8 (1), Winter, pp 3-22.
- ROMER Paul M., (1996) Why, Indeed, in America? Theory, History, and the Origins of Modern Economic Growth. *American Economic Review*, 86 (2), May, pp 202-206.
- ROSEN Sherwin, (1972) Learning by Experience as Joint Production. *Quarterly Journal of Economics*, 86 (3), pp 366-382.

- ROSEN Sherwin, (1976) A Theory of Life Earnings. *Journal of Political Economy*, 84 (4), pp S45-S69
- ROSENSTEIN-RODAN Paul N., (1943) Problems of Industrialization of Eastern and South-Eastern Europe. *Economic Journal*, June-September, pp 202-211.
- SALA-I-MARTIN Xavier, (1994) Cross-sectional Regressions and the Empirics of Economic Growth. *European Economic Review*, 38, pp 739-747.
- SALA-I-MARTIN Xavier, (1996) Regional Cohesion: Evidence and Theories of Regional Growth and Convergence. *European Economic Review*, 40, pp 1325-1352
- SALA-I-MARTIN Xavier, (1997) I Just Ran Two Million Regressions. *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 87 (2), pp 178-183.
- SAMUELSON P. A., (1954) The Pure Theory of Public expenditure. *Review of Economics and Statistics*, 36, November, pp 387-389
- SAXENIAN Anna Lee, (1991) The Origins and Dynamics of Production Networks in Silicon Valley. *Research Policy*, 20, pp 423-437.
- SCHMOOKLER Jacob, (1966) *Invention and Economic Growth*. Cambridge Massachussets. Harvard University Press.
- SCHMOOKLER Jacob, (1962) Economic Sources of Inventive Activity. *Journal of Economic History*, March, pp 1-20.
- SCHRADER Stephan, (1990) Informal Technology Transfer Between Firms: Cooperation Through Information Trading. *Research Policy*, 20, pp 153-170.
- SCITOVSKY Tibor, (1954) Two Concepts of External Economies. *Journal of Political Economy*, avril, pp 143-151.
- SCITOVSKY Tibor, (1955) A Reply (to STOCKFISH), *Journal of Political Economy*, october.
- SENKER Jacqueline, (1995) Networks and Tacit Knowledge in Innovation. *Economies et Sociétés, Série Dynamique Technologique et Organisation*, n°2, septembre, pp 99-108.
- SHESCHINSKI E., (1967) Optimal Accumulation With Learning by Doing. in « *Essays on the Theory of Optimal Growth* » K. Shell (ed).
- SOLOW Robert M., (1994) Perspectives in Growth Theory. *Journal of Economic Perspectives*, 8 (1), Winter, pp 45-54.
- SOLOW Robert M., (1992) Growth theory in « *Compagnon to Contemporary Economic Thought* », Greenway & Alii (eds), pp 393-415, Londres, Routledge.
- SOLOW Robert M., (1956) A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70, pp 65-94.
- STERN Nicholas H., (1991) The Determinants of Growth. *Economic Journal*, 101, pp 122-133.
- STEWART F., GHANI E., (1991) How Significant are Externalities for Development ? *World Development*, 19 (6), June, pp 569-594.
- STOCKEY Nancy L., (1988) Learning-by-doing and the Introduction of New Goods. *Journal of Political Economy*, 96, august, pp 701-717.
- STOCKEY Nancy L., (1991) Human capital, Product Quality and Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 106, pp 587-616
- STOCKFISH, (1955) External Economies, Investment, and foresight. *Journal of Political Economy*, october, pp 446-449.
- SWAN T.W., (1956) Economic Growth and Capital Accumulation. *The Economic Record*, 32 (63), November, pp 334-361.

- USAWA Hirofumi, (1964) Optimal Technological Change in an Aggregative Model of Economic Growth. *International Economic Review*, 6, January, pp 1118-31.
- VON HIPPEL Eric, (1987) Cooperation Between Rivals: Informal Know-How Trading. *Research Policy*, 16, pp 291-302.
- WEISBROD B.A., (1962) External Effects of Investment in Education. *Journal of Political Economy*, 70 (2), supplement, pp 106-123.
- YOUNG Allyn, (1928) Increasing Returns and Economic Process. *Economic Journal*, 38, December, pp 527-542.
- YOUNG Alwyn, (1991) Learning by Doing and the Dynamic Effects of International Trade. *Quarterly Journal of Economics*, 106, pp 369-405.
- YOUNG Alwyn, (1993) Invention and Bounded Learning by Doing. *Journal of Political Economy*, 101 (3), pp 443-465.
- YOUNG Alwyn, (1994) Lessons from the East Asian NICS: A Contrarian View. *European Economic Review*, 38, pp 964-973.
- YOUNG Alwyn, (1995) The Tyranny of Numbers: Confronting the Statistical Realities of the East Asian Growth Experience. *Quarterly Journal of Economics*, august, pp 642-680.

RESUMÉ en français

Ce travail est une analyse critique de la manière avec laquelle les externalités sont introduites dans certains modèles de croissance récents.

On examine d'abord de manière systématique le contenu concret et les problèmes allocatifs spécifiques associés aux externalités informationnelles. On montre notamment que leur diffusion est souvent médiatisée par des intermédiaires marchands ou publics dont une des fonctions consiste à réduire le coût d'appropriation pour les agents économiques, qu'il existe des processus très particuliers et généralement négligés d'internalisation mais qu'en même temps, certaines ne sont pas par nature internalisables en raison de leur imprévisibilité.

On revient ensuite en détail sur trois formes d'introduction des effets externes dans les modèles de croissance : l'hypothèse d'une transmission intergénérationnelle du capital humain dans les modèles d'éducation, le rattachement de l'externalité au capital physique dans un modèle de type Romer [1986], puis le rattachement au capital humain dans un modèle de type Lucas [1988]. On montre qu'il est difficile de trouver une conception du capital humain qui autorise sa transmission intergénérationnelle en dépit de l'influence parentale. On réfute aussi les principaux arguments avancés pour justifier l'idée d'une externalité sur le capital physique et notamment celui d'une causalité à la Schmookler [1966] ou encore celui de l'exploitation des liaisons intersectorielles. Enfin, après avoir établi qu'à l'exception de l'action de la famille, il n'existait pas d'externalités « éducatives » significatives pour la croissance, on conclut que même avec l'interprétation la plus favorable, l'avantage externe décrit par Lucas n'est pas attaché d'une manière aussi simple au niveau moyen du capital humain que ne le laisse supposer son modèle.

TITRE en anglais : Externalities and Growth Models.

RESUMÉ en anglais

This work is a critical analysis of the way by which externalities are introduced in some recent growth models.

We first systematically look through the concrete aspects and the specific allocative problems of informational externalities. We especially show that their diffusion is often mediated by private or public intermediaries, one of the functions of which consists into the reduction of the appropriation cost for economic agents, that some peculiar and often neglected processes of internalization exist but simultaneously, that some others cannot be internalized simply because they are unforeseeable.

We next return to three ways of introducing external effects in growth models : the intergenerational transmission of human capital in education models, the joining of the externality to the physical capital in a model like Romer [1986], and the joining to the human capital in the Lucas [1988] model. We show that it is difficult to find one human capital conception that permits its intergenerational transmission despite of parental influence. We also deny the main arguments used to justify the idea of an externality on the physical capital, and especially the one of Schmookler [1966]'s causality or the exploitation of intersectoral links. At least, after having set up that there were no significant « educational » externalities for the growth process, family action excepted, we conclude that, even with the most favorable interpretation, the external advantage described by Lucas is not linked to the average level of human capital in the simple way its model supposes.

DISCIPLINE : Sciences économiques

MOTS-CLÉS : Effets externes - externalités informationnelles - croissance économique - modèle de croissance endogène.

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

CLERSE - Faculté des Sciences Economiques et sociales, 59 655 Villeneuve d'Ascq.