

Direction des Études et Synthèses Économiques

G 2006 / 11

**Les entreprises (industrielles)
françaises sont-elles
à la frontière technologique ?**

Claire LELARGE

Document de travail



Institut National de la Statistique et des Études Économiques

INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ÉTUDES ÉCONOMIQUES

*Série des documents de travail
de la Direction des Études et Synthèses Économiques*

G 2006 / 11

Les entreprises (industrielles) françaises sont-elles à la frontière technologique ?

Claire LELARGE*

OCTOBRE 2006

L'auteur remercie Richard Duhautois, Philippe Lagarde, Marc Lelarge, ainsi que Bruno Crépon, Emmanuel Duguet, Fabrice Galia, Stéphane Gallon, Sébastien Roux et les membres de la division « Marchés et Stratégies d'Entreprise » pour leurs remarques.

* Faisait partie du Département des Études Économiques d'Ensemble au moment de la rédaction de ce document.

Les entreprises (industrielles) françaises sont-elles à la frontière technologique ?

Résumé

Qu'est-ce qu'une économie technologiquement avancée ? L'article propose quelques éléments de modélisation montrant comment l'information résidant dans l'hétérogénéité des comportements d'innovation des entreprises peut être exploitée afin d'affiner le diagnostic sur la performance technologique générale de l'économie. Trois applications empiriques sont ensuite proposées sur données françaises. Elles montrent d'une part le caractère persistant du comportement d'innovation. D'autre part, nous obtenons que les gains de productivité issus de l'innovation sont différenciés selon le niveau technologique initial. Enfin, les entreprises innovantes semblent être à l'origine d'une part importante de la croissance sur la période récente.

Mots-clés : innovation, recherche et développement, productivité, croissance

Are French (Industrial) Firms at the Technology Frontier?

Abstract

What is a technologically advanced economy? We propose some theoretical elements showing how heterogeneity in the firms' innovation behaviours can be analysed and exploited in order to assess the technological performance of the economy. Three empirical applications using French data are derived from the previous argument. Our results show first that innovation is highly persistent. Moreover benefits (in terms of productivity) resulting from innovation are differentiated according to the initial technological level of firms. Lastly, innovating firms seem to contribute significantly to the economic growth over the recent period.

Keywords: innovation, research and development, productivity, growth

Classification JEL : C14, C21, O31, O33, O47, L60

1 Introduction

P. Aghion et E. Cohen [7], avancent l'hypothèse selon laquelle l'inadaptation supposée des structures de l'industrie française serait liée au passage d'une économie "de rattrapage", dont les gains de productivité seraient fondés avant tout sur l'imitation des technologies issues des pays "leaders" technologiquement (les Etats-Unis notamment), à une économie "de pointe", qui aurait rejoint la "frontière technologique"¹ mondiale et donc épuisé le précédent gisement de gains de productivité² :

"L'intuition suggère que, pour un pays qui est loin derrière la frontière technologique, les gains de productivité passent plutôt par l'imitation des technologies existantes, alors que pour un pays proche de la frontière technologique, c'est l'innovation qui tend à devenir le principal moteur de la croissance. "

Au niveau macro-économique, Aghion, Acemoglu et Zilibotti [1] présentent plusieurs exemples d'institutions qui favorisent ou tout du moins n'entravent pas la croissance dans les pays lorsqu'ils sont loin de la frontière technologique (mondiale), mais qui finissent par devenir un obstacle lorsqu'ils s'en rapprochent. Par exemple, ces auteurs montrent qu'un faible niveau d'ouverture au marché international, ou encore de forts coûts d'entrée sur certains marchés nationaux ne semblent pas avoir d'effets négatifs sur la croissance de pays relativement peu développés, mais que cela entrave celle des pays proches de la frontière technologique.

Deux aspects principaux ressortent de ce type d'analyse. D'une part, différents types de politiques structurelles (éducation, politique industrielle, politique de la concurrence...) et d'arrangements institutionnels affectent la croissance de la productivité différemment selon la distance d'un pays à la frontière technologique. D'autre part, la distance d'un pays à la frontière technologique affecte en retour le type d'organisations (taille, organisation interne et financement des entreprises ; organisation des marchés et du système financier) observées dans ce pays.

L'essentiel de la littérature empirique sur le thème repose sur des comparaisons internationales d'indicateurs agrégés³ de productivité ou de performances technologiques. En

¹La frontière technologique se définit donc comme l'ensemble des technologies les plus efficaces et les plus récentes, implémentées dans les "pays leaders".

²Le rapport Sapir (août 2003) remis au Président de la Commission Européenne Romano Prodi dressait le même constat sévère selon lequel en dépit des considérables avancées institutionnelles de l'Union Européenne, ses performances économiques sont mitigées. Selon les auteurs en effet, si la stabilité au plan macro-économique s'est considérablement améliorée ces dernières années, l'Union Européenne n'a pas réussi à obtenir le taux de croissance souhaitable attendu, par rapport aux performances antérieures des économies de l'Union Européenne par exemple, ou par rapport à celles des Etats-Unis.

Les auteurs expliquent cet échec par le fait que l'économie européenne n'aurait pas su se transformer en "économie de l'innovation" : ses structures (en particulier celles de la France) ne seraient plus adaptées. Plus précisément, le système économique serait fondé sur la production de masse, la maîtrise des technologies existantes, les économies d'échelle et une structure industrielle dominée par quelques grandes firmes dont les marchés sont stables, ce qui ne convient plus à la réalité d'aujourd'hui, caractérisée au contraire par une globalisation des marchés et une concurrence externe forte.

³Duguet et MacGarvie [17] utilisent pour leur part des données individuelles de citations de brevets et d'import / export pour étudier les transferts internationaux de technologies et d'information.

particulier, Griffith, Redding et Van Reenen [24] montrent que les transferts de technologie des pays "leaders" vers les pays "suiveurs" sont d'autant plus importants que la distance technologique entre ces pays est importante et que l'effort de R&D du pays "suiveur" est important ; ils interprètent ce dernier résultat en termes de capacité d'absorption. Il reste que l'équation agrégée qu'ils estiment est difficile à interpréter, puisqu'en particulier, les auteurs ne peuvent distinguer les dépenses de R&D allouées à l'innovation et à l'imitation.

L'objet de ce travail est de proposer une approche alternative, fondée sur des données individuelles, qui prenne en compte et utilise l'information apportée par l'hétérogénéité des comportements d'innovation sous-jacents dans les deux régimes de croissance. Cette approche permet d'affiner le test des hypothèses avancées par Aghion *et al.* ainsi que le diagnostic sur données françaises. Elle se rapproche sur ce point des travaux empiriques suivants : Duguet [16] met en évidence, sur des données de 1991, que les innovations ont un impact positif sur la Productivité Globale de Facteurs des entreprises (françaises) étudiées, mais pas les imitations⁴. Crépon et Jung [12] trouvent, sur les mêmes données (1991) que E. Duguet et avec des méthodes d'appariement que l'innovation au sens large (i.e. innovation et imitation) a un impact significatif (entre autres) sur la productivité du travail et sur le taux de marge, à court et à long terme.

L'étude est organisée de la façon suivante : dans un premier temps, nous proposons quelques éléments de modélisation visant à préciser comment l'analyse de l'hétérogénéité des comportements d'innovation peut apporter de l'information⁵ sur le niveau technologique général d'un secteur. Dans un second temps, nous utilisons cette approche afin d'apporter trois éléments de diagnostic sur le niveau technologique des entreprises industrielles françaises. Nous vérifions que le comportement d'innovation des entreprises industrielles d'une part et leurs gains à innover d'autre part sont différenciés selon leur niveau technologique initial. Enfin, nous présentons dans un dernier temps des analyses en termes de décomposition de la croissance de la productivité sur longue période (1985-2003) afin de quantifier l'importance des phénomènes à l'œuvre. Nous obtenons que la contribution des entreprises innovantes tend à augmenter sur la période.

2 Comportement économique sous-jacent

Cette section vise à préciser et à justifier quelles relations sont testées empiriquement dans la suite du travail. La présentation du modèle complet (plus lourd et légèrement différent) est reportée en annexe. Nous n'exposons ci-dessous que la partie décrivant *spécifiquement* le comportement d'innovation des entreprises et l'évolution de la distribution sectorielle de productivités.

2.1 Comportement d'une entreprise à une date t quelconque

Considérons un secteur particulier de l'économie - chaque secteur est supposé indépendant de tous les autres. Une entreprise de ce secteur est caractérisée à la date $t - 1$ par son

⁴Ce résultat sur données individuelle est donc opposé au résultat obtenu sur données agrégées.

⁵En d'autres termes, il s'agit de préciser quelle est la dimension d'identification apportée par ces données.

retard technologique $r_{t-1} \in \mathbb{N}$. Si l'entreprise considérée se situe sur la frontière technologique de son secteur, i.e. si elle utilise la génération de technologie la plus récente et la plus efficace du secteur, alors son retard technologique est nul ($r_{t-1} = 0$).

2.1.1 Contraintes de financement

Au début de chaque période, l'entreprise se trouve avec une probabilité τ dans l'incapacité d'améliorer son niveau technologique (i.e. d'imiter ou d'innover) du fait de différents "obstacles à l'innovation" : difficultés à trouver des sources de financement, degré de qualification des salariés insuffisant, etc. Ce paramètre du modèle peut s'interpréter comme un indicateur de (l'inverse) de la qualité des institutions quant à leur capacité à encourager l'innovation au sens large, et en particulier l'imitation. Il permet également de rendre compte du fait que de nombreuses entreprises ne sont pas engagées ni dans des activités d'innovation, ni dans des activités d'imitation.

Si l'entreprise rencontre de telles difficultés, c'est-à-dire si elle est "contrainte", alors elle accumule du retard technologique.

2.1.2 Choix d'imiter ou d'innover

Si au contraire elle n'est pas contrainte à la période considérée, alors l'entreprise décide d'allouer son effort soit à des activités d'ingénierie, si elle choisit d'*imiter* ses concurrents (par exemple par *reverse engineering*), soit à des activités de R&D, si elle souhaite tenter d'innover "par elle-même"⁶. Cet effort est supposé identique pour toutes les entreprises. L'imitation est une activité non risquée, tandis que l'innovation est une activité risquée : le succès est aléatoire et dépend de divers facteurs tels que la facilité à trouver un financement pour tout le projet innovant, la qualité de la coopération avec les institutions de recherche publique, etc. Ces facteurs sont résumés dans le paramètre p . Des "institutions" favorables (resp. peu favorables) à l'innovation induisent, toutes choses égales par ailleurs, une probabilité de succès des activités d'innovation élevée (resp. faible).

Nous supposons⁷ dans ce qui suit qu'au moins une entreprise réussit à innover à chaque période, et donc que la frontière technologique se déplace à chaque période. L'évolution de l'état (retard technologique) d'une entreprise donnée dépend de sa décision d'allocation d'effort entre imitation et innovation :

- si elle décide d'*imiter* ($d_t = IMIT$), alors elle atteint en t le niveau technologique de l'entreprise qui était à la frontière en $t - 1$ avec une probabilité (conditionnelle au fait de n'être pas contrainte) égale à 1, car cette activité n'est pas risquée :

$$r_t = 1 \tag{2.1}$$

- si elle décide d'essayer d'*innover* ($d_t = INNOV$), alors elle réussit avec une probabi-

⁶Cette distinction entre R&D et activités d'ingénierie n'intervient plus dans la modélisation proposée, mais a un intérêt empirique. Voir ci-dessous.

⁷C'est en fait ce qui se passe à l'équilibre, pourvu que le nombre d'entreprises du secteur soit suffisamment grand ; voir plus bas.

lité (conditionnelle) p et échoue avec une probabilité (conditionnelle) $1 - p$:

$$r_t = \begin{cases} 0 & \text{avec probabilité } p \text{ (succès)} \\ r_{t-1} + 1 & \text{avec probabilité } 1 - p \text{ (échec)} \end{cases} \quad (2.2)$$

Le profit courant d'une entreprise est une fonction $\pi(\cdot)$ supposée strictement décroissante du retard technologique⁸. L'entreprise choisit son comportement d_t au début de chaque période de manière à maximiser sa valeur V :

$$V(r_{t-1} | \text{n.c. en } t) = \mathbb{E} \left(\sum_{h=0}^{+\infty} \delta^h \cdot \pi[r_{t+h}(d_{t+h})] | \text{n.c. en } t \right), \quad d \in \{IMIT, INNOV, \emptyset\} \quad (2.3)$$

où δ est un facteur d'escompte. Le problème à résoudre est donc un problème simple de programmation dynamique.

Soit $\tilde{V}(\cdot)$ la valeur (maximale) atteinte par une politique optimale d'innovation. A la date t considérée et conditionnellement au retard technologique initial r_{t-1} , les valeurs maximales atteintes sont respectivement (on omet les indices pour alléger les notations) :

$$V(r | \text{n.c. en } t) = \begin{cases} \underbrace{\pi(1) + \delta \cdot \tilde{V}(1)}_{\Pi_{imit}} & \text{si elle imite} \\ \underbrace{p \cdot [\pi(0) + \delta \cdot \tilde{V}(0)] + (1-p) \cdot [\pi(r+1) + \delta \cdot \tilde{V}(r+1)]}_{\Pi_{innov}} & \text{si elle essaie d'innover} \end{cases} \quad (2.4)$$

2.1.3 Prédications : innovation, imitation, et distance à la frontière technologique

Résultat 1. *Supposons que $\pi(r) \xrightarrow[r \rightarrow +\infty]{} -\infty$ (condition suffisante), alors quel que soit p dans $]0; 1[$, il existe une valeur-seuil $r^*(p)$ pour le retard qui détermine le comportement de l'entreprise :*

- *Si $r \geq r^*(p)$, i.e. si l'entreprise considérée est relativement éloignée de la frontière technologique, alors l'entreprise décide d'imiter.*
- *Si $r < r^*(p)$, i.e. si l'entreprise considérée est relativement proche de la frontière technologique, alors l'entreprise décide d'innover.*

Si la condition suffisante n'est pas vérifiée, alors il peut exister des valeurs de p pour lesquelles aucune entreprise n'imit.

Démonstration. Puisque $\pi(\cdot)$ est strictement décroissante en r , $\tilde{V}(\cdot)$ est décroissante (au sens large) en r . En effet, une firme de retard r peut au moins atteindre la valeur d'une entreprise de retard $r + 1$ (en prenant par exemple les mêmes décisions d'innovation ou d'imitation qu'elle).

Soit $\bar{p} \in]0; 1[$ quelconque fixé.

⁸Hypothèse de normalisation par la technologie la plus récente (par exemple, hypothèse de remplacement des produits sur le marché des biens, ou modèles de "vintage capital"). Voir en annexe une modélisation du comportement des entreprises tirées de Montagna [33] aboutissant à de telles fonctions de profit.

Figure 1 – Matrice de passage décrivant l'évolution technologique d'une entreprise d'une période à l'autre

	...	r^*+1	r^*	r^*-1	...	2	1	0
\vdots	\ddots					\vdots	\vdots	\vdots
r^*+1		τ	0			0	$1-\tau$	0
r^*		...	τ	0	...	0	$1-\tau$	0
r^*-1				$1-(1-\tau)p$	0	0	0	$(1-\tau)p$
\vdots					\ddots			\vdots
\vdots								\vdots
2						$1-(1-\tau)p$	0	$(1-\tau)p$
1				...	0	$1-(1-\tau)p$	0	$(1-\tau)p$
0					...	0	$1-(1-\tau)p$	$(1-\tau)p$

· $\Pi_{innov}(r, \bar{p})$ est une fonction strictement décroissante de r (qui n'est pas continue), donc le critère de décision entre imitation et activités d'innovation réelle $\Delta(r, \bar{p}) = \Pi_{innov}(r, \bar{p}) - \Pi_{imit}$ est également strictement décroissant en r .

· Pour $r = 0$ (entreprise qui se trouve à la frontière technologique), on obtient :

$$\begin{aligned} \Pi_{innov}(0, \bar{p}) &= p \cdot [\pi(0) + \delta \cdot \tilde{V}(0)] + (1-p) \cdot [\pi(1) + \delta \cdot \tilde{V}(1)] \\ &> \pi(1) + \beta \cdot \tilde{V}(1) \end{aligned}$$

donc cette entreprise innove quelle que soit la probabilité de succès $p > 0$.
(Pour $p = 0$, elle est indifférente entre innover et imiter).

· Pour tout r , on a :

$$\Pi_{innov}(r, \bar{p}) \leq p \cdot [\pi(0) + \delta \cdot \tilde{V}(0)] + \beta \cdot (1-p) \cdot \tilde{V}(1) + (1-p) \cdot \pi(r+1)$$

Pour $p < 1$, puisque $\pi(r) \xrightarrow{r \rightarrow +\infty} -\infty$, on peut trouver r tel que $\Pi_{innov}(r, \bar{p})$ soit arbitrairement petit, et donc tel que l'entreprise correspondante choisisse d'imiter.

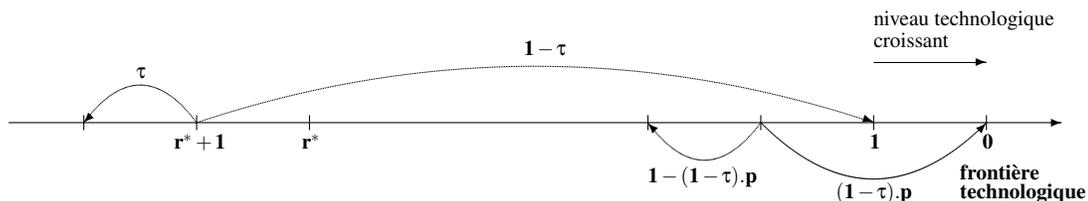
(Pour $p = 1$, toute entreprise essaie d'innover - et réussit à innover - quel que soit son niveau technologique initial).

□

2.2 Evolution du niveau technologique de l'entreprise ; Distribution sectorielle des niveaux technologiques

Les résultats de la section précédente montrent que l'évolution du niveau technologique d'une entreprise suit un processus de Markov dont la matrice de passage P est représentée à la figure 1. Cette chaîne de Markov peut être représentée schématiquement comme à la figure 2.

Figure 2 – Représentation schématique de la chaîne de Markov associée à la matrice de passage décrite en figure 1



Résultat 2. *Quelle que soit la distribution sectorielle initiale des niveaux technologiques, elle converge vers une distribution stationnaire (unique), caractérisée par son **asymétrie** et sa **concentration** sur les états technologiques "avancés".*

En particulier, si la distribution initiale des niveaux technologiques des entreprises d'un secteur est uniforme⁹, alors les degrés d'asymétrie et de concentration de la distribution augmentent au cours du temps.

Démonstration. Tous les états de la chaîne communiquent donc la chaîne est irréductible et les états sont tous simultanément ou récurrents ou transitoires. Par ailleurs, elle est apériodique car $P_{00}^1 > 0$.

Une chaîne est récurrente positive si et seulement si sa matrice de transition admet une probabilité invariante. On sait de plus que si elle existe, alors elle est unique. Montrons qu'une telle distribution de probabilité invariante existe pour cette chaîne. Si elle existe, alors elle vérifie les relations suivantes :

$$\begin{aligned}
 v_{r+1} &= \tau \cdot v_r, & r &\geq r^* \\
 v_{r+1} &= [1 - (1 - \tau) \cdot p] \cdot v_r, & r^* > r &\geq 1 \\
 v_1 &= (1 - \tau) \cdot \left(\sum_{r \geq r^*} v_r \right) + [1 - (1 - \tau) \cdot p] \cdot v_0 \\
 v_0 &= (1 - \tau) \cdot p \cdot \left(\sum_{r < r^*} v_r \right)
 \end{aligned}$$

La distribution de probabilité définie par les relations 2.5a, 2.5b, 2.5c et 2.5d ci-dessous

⁹Voir annexe.

existe et est stationnaire :

$$v_{r^*+h} = \tau^h \cdot [1 - (1 - \tau) \cdot p]^{r^*-1} \cdot v_1, \quad h > 0 \quad (2.5a)$$

$$v_{h+1} = [1 - (1 - \tau) \cdot p]^h \cdot v_1, \quad r^* - 1 \geq h \geq 0 \quad (2.5b)$$

$$v_0 = \frac{1 - [1 - (1 - \tau) \cdot p]^{r^*-1}}{1 - (1 - \tau) \cdot p} \cdot v_1 \quad (2.5c)$$

$$1 = v_1 \cdot \left[\underbrace{1 + \frac{1 - [1 - (1 - \tau) \cdot p]^{r^*-1}}{1 - (1 - \tau) \cdot p}}_{>0} + \underbrace{\frac{1 - [1 - (1 - \tau) \cdot p]^{r^*-1}}{(1 - \tau) \cdot p}}_{>0} + \underbrace{\frac{[1 - (1 - \tau) \cdot p]^{r^*-1}}{1 - \tau}}_{>0} \right] \quad (2.5d)$$

(normalisation) \square

Résultat 3. Statique comparative sur la distribution stationnaire

· Plus τ est important (i.e. plus les entreprises sont susceptibles d'être "contraintes"), plus la distribution de probabilités stationnaire est aplatie et plus la queue de distribution (retards technologiques élevés) est épaisse. En d'autres termes, une politique qui viserait à diminuer les obstacles à l'innovation ou à l'imitation (i.e. à diminuer τ) contribuerait à augmenter le niveau technologique général du secteur.

· Plus r^* est élevé, à τ et p fixés¹⁰, i.e. plus le degré d'opportunité technologique est fort dans le secteur considéré, plus la distribution des niveaux technologiques est concentrée sur les niveaux technologiques "avancés" :

$$\begin{aligned} \frac{\partial (v_{r^*+h}/v_1)}{\partial r^*} &< 0, & h > 0 \\ \frac{\partial (v_{1+h}/v_1)}{\partial r^*} &= 0, & r^* - 1 \geq h \geq 0 \\ \frac{\partial (v_0/v_1)}{\partial r^*} &> 0 \end{aligned}$$

· Si p augmente, à τ fixé, alors d'une part r^* augmente (voir ci-dessus), et d'autre part :

$$\begin{aligned} \frac{\partial (v_{r^*+h}/v_1)}{\partial r^*} &< 0, & h > 0 \\ \frac{\partial (v_{1+h}/v_1)}{\partial r^*} &< 0, & r^* - 1 \geq h \geq 0 \\ \frac{\partial (v_0/v_1)}{\partial p} &> 0 \end{aligned}$$

donc de même, les effets se conjuguant, la distribution des niveaux technologiques devient plus concentrée sur les niveaux technologiques "avancés". En d'autres termes, une politique qui viserait à augmenter la probabilité de succès des activités innovantes au sens strict et à diminuer le risque supporté par les entreprises qui s'engagent dans ce type d'activité, contribuerait à augmenter le niveau technologique général du secteur.

¹⁰ r^* dépend également de la forme des fonctions de profit.

2.3 *Éléments de discussion*

La modélisation proposée est très schématique, mais les conclusions obtenues seraient robustes à l'assouplissement de certaines hypothèses :

- Si l'on suppose que la probabilité d'échec p diminue avec la proximité à la frontière technologique, alors, les effets de comportement d'une part, et de capacité à innover d'autre part se renforcent, et on obtient également que la probabilité d'innover "réellement" augmente lorsque les entreprises se rapprochent de la frontière technologique.
- Il serait également possible, dans certaines limites¹¹, de relâcher l'hypothèse selon laquelle les entreprises qui imitent rattrapent *immédiatement* un niveau technologique très élevé. Ce processus de rattrapage est susceptible d'être graduel et de s'étendre sur plusieurs périodes.

De même, si l'on suppose que la probabilité de défaut τ est croissante avec le retard technologique mais est bornée par $1 - \varepsilon < 1$, les conclusions du modèle sont maintenues.

- La modélisation proposée n'interdit pas que le rythme (la durée de la "période") soit différencié selon les secteurs et en particulier selon leur "degré d'opportunité technologique", i.e. le degré de technicité des produits vendus, la pression de la demande pour obtenir des améliorations techniques, etc... (voir plus bas la distinction entre secteurs "high tech" et secteurs "low tech"). Il est probable que les évolutions soient plus rapides lorsque le degré d'opportunité technologique est fort et qu'elles soient relativement plus lentes lorsque ce degré d'opportunité technologique est faible.
- Enfin, et bien que cet aspect n'ait pas été explicitement modélisé, il est probable que les entreprises qui choisissent d'innover allouent davantage leur effort aux activités de R&D que les entreprises qui choisissent d'imiter, i.e. que l'intensité des activités de R&D soit un indicateur du fait qu'une entreprise a choisi d'essayer d'innover "réellement".

Par ailleurs, il est probable que la probabilité de succès p (i.e. la probabilité de découverte d'une innovation "réelle") soit également positivement affectée par l'intensité de l'effort de R&D.

2.4 *Propriétés et prédictions testables du "modèle"*

Trois prédictions empiriquement testables sont déduites de la modélisation précédente :

- Les entreprises les plus avancées technologiquement choisissent de s'engager dans des activités d'innovation, alors que les entreprises "en retard" choisissent d'imiter.
- Les entreprises les plus avancées technologiquement peuvent espérer des gains à innover plus importants que les entreprises moins avancées.

Nous utilisons des données individuelles en coupe (issues de l'enquête CIS3, voir plus bas) pour tester ces deux premières prédictions, portant sur la pertinence des hypothèses

¹¹Il faut que la force de rappel vers les états technologiques "avancés" soit suffisamment forte pour que la chaîne de Markov demeure récurrente (positive).

du modèle. Elles ne permettent cependant pas de juger de l'importance économique du phénomène, ni de porter un jugement sur son évolution temporelle.

- Les distributions de productivité sectorielles se déforment au cours du temps et deviennent plus concentrées sur les niveaux technologiques avancés.

L'analyse empirique *directe* de ces distributions est particulièrement difficile¹², de sorte que nous transposons ces prédictions distributionnelles en prédictions plus robustes, en termes de contribution à la croissance : les entreprises innovantes contribuent-elles davantage à la croissance, sur la période récente ?

Cette prédiction est testée à l'aide de données annuelles de productivité, sur longue période (1985-2003).

¹²Le traitement des fusions et acquisitions est particulièrement délicat.

3 Trois tests empiriques

3.1 Description des données et enjeux de mesure

3.1.1 Distance à la frontière technologique

Une variable clé de l'étude est la mesure de la distance d'une entreprise donnée à la frontière technologique de son secteur. Dans ce qui suit, le secteur d'activité est défini au niveau "NACE" à quatre chiffres.

Nous utilisons les fichiers fiscaux BRN issus de la DGI et couvrant l'essentiel de l'économie française (plus de 90% de la valeur ajoutée sur la période récente) afin de construire les indicateurs suivants :

Différentiel de productivité : En l'absence d'information directe sur la génération de technologie des machines utilisées dans les différentes entreprises, la mesure introduite dans la spécification centrale repose sur la comparaison des productivités (horaires ou par tête)¹³ au sein du secteur considéré et prend la forme suivante¹⁴ :

$$DIST_{ikt} = P^{95} \log \left(\frac{VA}{L} \right)_{kt} - \log \left(\frac{VA}{L} \right)_{ikt}, \quad PROX_{ikt} = -DIST_{ikt} \quad (3.1)$$

où i est une firme, k son secteur, et t indice le temps. Nous utilisons le quantile d'ordre 95 (et non le maximum) afin d'obtenir une mesure robuste aux points aberrants. En outre, les secteurs représentés par moins de 10 entreprises dans les fichiers BRN sont exclus de l'analyse.

Cette mesure en termes de productivité du travail est préférée à une mesure théoriquement mieux adaptée en termes de PGF (Productivité Globale des Facteurs) en raison des problèmes posés par la mesure du stock de capital, qui rendent cette dernière mesure particulièrement fragile. Les résultats obtenus avec une mesure en termes de PGF sont cependant reportés comme contrôle de robustesse.

Rang sectoriel : Une limite de la mesure précédente est qu'elle est *cardinale*, donc très dépendante de la qualité de l'indicateur du niveau technologique utilisé (productivité horaire du travail). Nous introduisons donc dans des spécifications alternatives une mesure *ordinaire* moins sensible à cette critique car construite à partir du *rang* (en termes de productivité horaire) de l'entreprise considérée dans son secteur. Ce rang est normalisé par le nombre total d'entreprises actives dans le secteur (\mathbb{I} désigne l'indicatrice de l'événement spécifié, et $\sum_{j \in k} \mathbf{1}$ est simplement le nombre d'entreprises du secteur k) :

$$DIST_{ikt}^{RG} = \log \left(\sum_{j \in k} \mathbb{I}_{\{(VA/L)_j > (VA/L)_i\}} \right) - \log \left(\sum_{j \in k} \mathbf{1} \right), \quad PROX_{ikt}^{RG} = -DIST_{ikt}^{RG} \quad (3.2)$$

¹³Le facteur "travail" est mesuré en effectifs (nombre de salariés) sur longue période, et en heures pour les analyses réalisées avec les données de CIS3 sur la période récente. Il serait préférable d'utiliser des séries d'heures, y compris dans les analyses de long terme, mais elles ne sont pas disponibles avant 1994.

¹⁴Le même type de mesure est utilisé dans Aghion et *alii*, [3].

Frontières française et mondiale : Une limite des deux mesures précédentes est qu'elles ne tiennent compte que des entreprises françaises, alors que la frontière technologique pertinente aurait certainement dû être définie au niveau mondial, notamment dans les secteurs "ouverts" à la concurrence internationale (peu protégés). Malheureusement, nous ne disposons pas de cette information, et nous ferons l'hypothèse que les entreprises françaises les plus avancées de leur secteur sont très proches de la frontière technologique mondiale quel que soit le secteur (et sa "maturité").

3.1.2 Indicateurs directs d'innovation

Nous utilisons les indicateurs d'innovation qualitatifs de la version française de l'enquête "Innovation" CIS3 (1998/2000) afin de construire l'indicateur ordonné suivant :

1. Pas d'innovation entre 1998 et 2000 (l'entreprise n'a pas entrepris d'activité ni d'imitation, ni d'innovation, ou a subi des échecs).
2. Introduction d'une innovation de procédé, ou d'un produit "nouveau pour l'entreprise" *uniquement* : imitation (et parfois également échec à innover).
3. Introduction d'un produit "nouveau pour l'entreprise" mais également *nouveau pour son marché* : innovation réussie.

L'une des principales limites de ces données est que nous n'avons pas d'information directe sur l'éventualité d'une innovation "frontière" de procédé. Cependant les innovations de produit et de procédé sont souvent complémentaires ; cette complémentarité est certainement accrue dans le cas d'innovations radicales : il est difficile de produire un produit nouveau pour le marché sans recourir également à une innovation de procédé. Nous pouvons donc penser que l'on capte une grande part des innovations réelles de *procédé* à l'aide de l'indicatrice de l'introduction d'innovations réelles de *produits*.

Les indicateurs d'innovation issus des enquêtes CIS sont *déclaratifs*, et c'est souvent une critique qui leur est adressée. Néanmoins, cette caractéristique même est intéressante pour obtenir un indicateur de *décisions ex ante*. L'indicateur précédemment présenté est donc retraité afin de construire un indicateur des *décisions* prises par chaque entreprise. Nous utilisons pour ce retraitement la question 5.3 du questionnaire français de l'enquête innovation CIS3 :

«*Votre entreprise a-t-elle des projets de produit ou procédé nouveaux ou modifiés (y.c. des activités de R&D) :*

- *qui ont pris un retard important ?*
- *qui ont connu d'autres difficultés importantes ?*
- *qui ont été abandonnés ?*
- *qui n'ont pas pu démarrer ?*»

Nous considérons qu'une entreprise avait pris la décision de tenter d'innover "réellement" si, comme précédemment, elle déclare avoir réussi à introduire une innovation de produit "frontière" (son effort a alors été couronné de succès), ou si elle a répondu positivement à l'une des items précédents (elle a alors échoué). L'indicateur obtenu intègre le risque inhérent aux activités d'innovation.

3.2 *Le choix de s'engager dans des activités d'innovation ou d'imiter dépend-il du niveau technologique initial de l'entreprise ?*

Nous étudions dans cette partie les déterminants de la décision d'innover et de d'imiter, et testons la principale prédiction issue de la modélisation théorique : *les entreprises les plus proches de la frontière choisissent d'innover, alors que les entreprises les plus en retard technologiquement préfèrent imiter.*

3.2.1 *Equation estimée*

Dans cette partie, nous testons cette prédiction empirique en étudiant les corrélations empiriques entre différentes mesures de distance à la frontière technologique et l'indicatrice de décision de s'engager dans de véritables activités d'innovation. Les équations estimées prennent donc la forme suivante :

$$\begin{aligned} \text{Comportement d'innovation}_{ikt-1}^* &= \alpha \cdot \underbrace{\left(\log \left(\frac{VA}{L} \right)_{ikt-1} - P^{95} \log \left(\frac{VA}{L} \right)_{kt-1} \right)}_{PROX_{ikt-1}} \quad (3.3) \\ &+ \gamma \cdot \left(\frac{R\&D}{VA} \right)_{ikt-2} + \beta \cdot z_{ikt-1} + u_{ikt} \end{aligned}$$

où i indice les entreprises, k les industries et t le temps ; z est un vecteur de contrôles additionnels. La variable expliquée est soit une indicatrice de décision d'avoir "tenté d'innover entre 1998 et 2000", soit une variable à trois modalités ("pas d'innovation ni d'imitation / imitation / innovation"). Ces variables décrivent toutes deux une décision prise en 1998 ou avant ($t - 1$), mais observée à la date $t (= 1998/2000)$.

Ce modèle est estimé par maximum de vraisemblance (modèle logit simple ou multinomial ; les résultats sont cependant robustes à la spécification retenue pour le résidu u_{ikt}). Nous reportons dans les tableaux 1 et 2 les effets marginaux obtenus, plus aisément interprétables comme la variation de la probabilité de décider d'innover associée à la variation de l'une des variables explicatives¹⁵.

Il reste que les régressions présentées ont une portée avant tout descriptive tant il est probable qu'elles soient affectées de problèmes d'endogénéité importants, notamment concernant le terme de proximité à la frontière technologique. Dans les régressions présentées ci-dessous, nous introduisons la productivité horaire de l'entreprise et celle du quantile d'ordre 95 séparément, car le terme sectoriel est moins suspecté d'endogénéité.¹⁶ Le fait de retarder les variables explicatives apporterait une solution à ce problème si les variables

¹⁵Rappelons que dans le cas d'une variable explicative continue, l'effet marginal correspond à la quantité suivante :

$$\hat{\gamma}^k(x) = \frac{\partial F(\hat{\beta} \cdot x)}{\partial x^k} = f(\hat{\beta} \cdot x) \cdot \hat{\beta}^k, \quad x = (z, P_{kt-1}^{95} \log(VA/L), \log(VA/L)_{ikt-1}, (R\&D/VA)_{ikt-2})$$

où F et f sont respectivement les fonctions de répartition et de densité associées à la loi logistique.

¹⁶Cela permet également de vérifier que l'effet de proximité à la frontière technologique n'est pas entièrement "tiré" par le terme de productivité individuelle.

n'étaient pas auto - corrélées, mais c'est certainement le cas du fait de problèmes d'hétérogénéité individuelle "fixe" inobservée. Nous ne disposons pas de variable instrumentale susceptible d'apporter une réponse satisfaisante à ce problème.

3.2.2 *Résultats obtenus*

Nous obtenons une corrélation positive et significative entre la probabilité de décider d'innover et le terme de proximité à la frontière technologique. Cette corrélation est de plus robuste à la spécification de ce dernier terme (*cf.* table 1). L'intensité de l'effort de R&D passé est également très significatif, mais ce terme corrige pour une part de l'hétérogénéité (fixe) inobservée.

Il est possible de donner un ordre de grandeur des phénomènes en jeu : un rapprochement de la frontière technologique d'un écart-type¹⁷ (resp. de 1 %) par rapport à la moyenne de l'échantillon est associé à une probabilité de décider de s'engager dans des activités d'innovation accrue de 4,10 (resp. de 0,09) points de pourcentage. A titre de comparaison, une entreprise qui aurait une intensité de R&D supérieure de un écart-type (resp. de 1 %) à la moyenne de l'échantillon aurait, toutes caractéristiques observées égales par ailleurs, un probabilité supérieure de 7,43 (resp. de 2,12) points de pourcentage.

Bien que la corrélation obtenue entre distance à la frontière technologique et comportement d'innovation soit plus élevée dans les secteurs de haute technologie que dans les secteurs de basse technologie, elle est davantage significative dans les secteurs de basse technologie¹⁸. Ce résultat est dû au fait que le comportement d'innovation est presque généralisé dans les secteurs de haute technologie (r^* élevé), de sorte qu'aucun des contrôles introduits (distance à la frontière technologique, intensité de l'effort de R&D) ne permet de discriminer les entreprises de manière très significative. Cet aspect est renforcé par le caractère endogène de la classification (en secteurs "high tech" et secteurs "low tech") proposée par l'OCDE, et construite sur des critères d'intensité de R&D.

Enfin, les effets marginaux obtenus pour l'imitation et l'innovation respectivement (*cf.* table 2) sont très différents, ce qui laisse penser que les "inputs" de chacune de ces activités sont également différenciés. Les coefficients obtenus associés aux indicateurs de R&D capturent une part de l'hétérogénéité inobservée - et ne peuvent donc être interprétés comme mesurant l'impact du seul effort de R&D. Cependant, ils semblent être un input important de l'innovation, mais pas de l'imitation.

3.3 *Quelles sont les entreprises qui, en innovant, peuvent espérer les gains de productivité les plus importants ?*

Dans cette section, nous tentons de mesurer l'effet d'une innovation (imitation ou innovation) sur divers indicateurs de performance : productivité, "proximité à la frontière technologique", taux de marge (indice de Lerner) ou part de marché. Les analyses précédentes montrent que, toutes choses égales par ailleurs, les entreprises qui

¹⁷Voir table 7.

¹⁸Les estimations sur ce sous-échantillon sont plus précises en raison d'un nombre d'observations plus important.

Tableau 1 – Déterminants de la décision d'innover, 1998-2000

Variable dépendante :	Essayer d'innover, 1998-2000											
	Entreprises industrielles (échantillon complet)						Essayer d'innover, 1998-2000					
	Productivité du travail		PGF		Rang sectoriel		Haute technologie		Basse technologie			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	
Indicateur de distance à la frontière :												
Indicateur de distance à la frontière :												
Productivité de l'entreprise (log)	-	0,078 (0,032)	-	-	0,072 (0,034)	-	-	0,466 (0,267)	-	0,059 (0,036)	-	-
Quantile sectoriel d'ordre 95 th	-0,156 (0,084)	-0,224 (0,087)	-	-0,122 (0,112)	-0,175 (0,110)	-	-	-0,388 (0,746)	-	-0,266 (0,099)	-	-
Proximité à la frontière	-	-	0,091 (0,032)	-	-	0,085 (0,037)	-	-	0,108 (0,063)	-	0,080 (0,036)	-
Rang sectoriel	-	-	-	-	-	-0,038 (0,013)	-0,036 (0,013)	-	-	-	-	-
log(rang / nb. d'entreprises)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
"Inputs" de l'innovation :												
Intensité de R&D (R&D / VA) (retardé, 1995 / 1996)	-	2,151 (0,556)	2,122 (0,547)	-	2,144 (0,553)	2,121 (0,546)	2,115 (0,541)	1,570 (0,588)	1,572 (0,586)	2,906 (0,930)	2,831 (0,905)	-
Autres caractéristiques (ent. et ind.)	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Indicatrice sectorielles (NACE à 2 chiffres)	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Observations	2972	2972	2972	2968	2968	2972	2972	864	864	2108	2108	2108
Log-vraisemblance	-1704	-1673	-1675	-1702	-1672	-1673	-1675	-463	-463	-1197	-1201	-1201

Note : Estimation par maximum de vraisemblance (logit). Sont reportés les effets marginaux calculés au point moyen de l'échantillon, les écart-types sont précisés entre parenthèses. Le champ est l'ensemble des entreprises industrielles enquêtées dans CIS3. Les "autres caractéristiques" sont les suivantes : log de l'indice de diversification des activités, log de l'intensité capitalistique (niveaux entreprise et industrie), log du nombre d'heure (contrôle de taille), indicatrices du niveau d'opportunité technologique. Ces variables sont retardées et moyennées entre 1997 et 1998. Lecture : Un rapprochement de l'entreprise "moyenne" de l'échantillon de la frontière technologique de 1 point de pourcentage est associé à une probabilité de tenter d'innover accrue de 0,09 points de pourcentage (col. 3).

Tableau 2 – Déterminants des décisions d'innover ou d'imiter, 1998-2000

	Décision de		
	Ne rien tenter (1)	Imiter (2)	Tenter d'innover (3)
Proximité à la frontière tech.	-0,070 (0,031)	0,024 (0,020)	0,045 (0,023)
Intensité de R&D (R&D / VA) (retardé, 1995 / 1996)	-1,745 (0,587)	-0,292 (0,319)	2,037 (0,571)
<i>Autres caractéristiques (ent. et ind.)</i>	oui	oui	oui
<i>Indicatrices sectorielles (NACE à 2 chiffres)</i>	oui	oui	oui
Test : $(\alpha_{innov}, \gamma_{innov}) = (\alpha_{imit}, \gamma_{imit})$ (p-val.)		5,54 (0,063)	
Observations	1 236	379	1 357
Log-vraisemblance		-2 451	

Note : Estimation par maximum de vraisemblance (logit). Sont reportés les effets marginaux calculés au point moyen de l'échantillon, les écart-types sont précisés entre parenthèses. Le champ est l'ensemble des entreprises industrielles enquêtées dans CIS3. Les "autres caractéristiques" sont les suivantes : log de l'indice de diversification des activités, log de l'intensité capitalistique (niveaux entreprise et industrie), log du nombre d'heure (contrôle de taille), indicatrices du niveau d'opportunité technologique. Ces variables sont retardées et moyennées entre 1997 et 1998.

Lecture : Un rapprochement de l'entreprise "moyenne" de l'échantillon de la frontière technologique de 1 point de pourcentage est associé à une probabilité de tenter d'innover accrue de 0,05 points de pourcentage (col. 3), à une probabilité d'imiter accrue non significativement de 0,02 points de pourcentage (col. 2), et à une probabilité de ne s'engager ni dans des activités d'innovation, ni d'imitation diminuée de 0,07 points de pourcentage (col. 3).

ont effectivement réussi à innover sont des entreprises qui sont le plus souvent proches de la frontière technologique, et inversement, celles qui ont imité sont plus fréquemment éloignées de la frontière technologique : nous pouvons donc suspecter *a priori* qu'il y a de forts effets de sélection. L'estimation des gains à innover requiert donc des méthodes adéquates (ici méthodes d'appariement).

D'autre part, la "théorie" prédit que les "gains" associés au comportement d'innovation (ou le gain anticipé à innover) sont *a priori* hétérogènes selon la population d'entreprises considérée, plus faibles pour les entreprises en retard technologiquement que pour les entreprises "de pointe".

3.3.1 Hypothèses identifiantes (d'indépendance conditionnelle)

Les variables de contrôle assurant l'indépendance conditionnelle des performances et du "traitement" (décision d'innover ou d'imiter) sont celles qui sont susceptibles d'affecter directement à la fois le comportement d'innovation et le niveau de productivité. Les variables de conditionnement retenues sont essentiellement les déterminants de la décision d'innover analysés précédemment qui sont également susceptibles d'avoir un impact sur la performance : l'intensité de la R&D (dépenses de R&D / Valeur ajoutée, au niveau entreprise) à la période précédente, le logarithme d'un indicateur de diversification des activités, le logarithme de l'intensité capitalistique (aux niveaux entreprise et industrie), le logarithme du nombre d'heures rémunérées (contrôle de taille), des indicatrices du degré d'opportunités technologiques, le logarithme de la productivité horaire *passée* de l'entreprise et celui du quantile sectoriel d'ordre 95, et des indicatrices sectorielles. Ces deux dernières variables sont des indicateurs de performance retardés et permettent dans une certaine mesure de contrôler une part de l'hétérogénéité inobservée.

Le modèle "théorique" fournit quelques indications sur la dimension d'identification des effets estimés :

- certaines entreprises "sont contraintes", par exemple financièrement, avec une probabilité τ indépendante de leur processus de décision et de leur comportement de R&D, qui est susceptible de fournir la variabilité identifiante.
- certaines entreprises, même très performantes, ne voient *pas* leurs activités de R&D aboutir à une innovation *effective*, et échouent avec une probabilité $1 - p$.

3.3.2 Résultats

Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau 3.

Les effets causaux les plus pertinents pour tester les prédictions issues de la théorie sont ceux qui décrivent les gains comparés de l'innovation réelle par rapport à l'imitation. Ces estimateurs manquent cependant de précision du fait du faible nombre d'imitateurs. Les coefficients obtenus pour les gains en termes de productivité horaire sont environ deux fois plus importants pour la sous-population des entreprises qui a choisi de tenter d'innover que pour celle qui a choisi d'imiter, ce qui est conforme aux prédictions théoriques.

Tableau 3 – Gains espérés à innover et à imiter

Gain espéré de l'imitation, par rapport au "statu quo"				
Performance (2000/2001) :	Productivité du travail	Proximité à la	Indice de Lerner	Part de
	(%)	frontière tech. (%)	(%)	marché (%)
<i>Estimateur naïf</i>				
Estimateur	12,0	8,0	1,2	0,9
Ecart-type	(2,8)	(2,5)	(0,4)	(0,2)
Observations		1615		
(%)		100%		
<i>Sous-population des entreprises n'ayant ni tenté d'innover, ni imité</i>				
Estimateur	3,3	3,3	0,6	0,2
Ecart-type (bootstrap)	(2,8)	(2,6)	(0,5)	(0,1)
Observations		1168/1236		
(%)		94%		
<i>Sous-population des entreprises imitatrices</i>				
Estimateur	3,1	2,7	0,9	0,2
Ecart-type (bootstrap)	(2,9)	(2,5)	(0,5)	(0,2)
Observations		357/379		
(%)		94%		
Gain espéré à tenter d'innover, par rapport à imiter				
Performance (2000/2001) :	Productivité du travail	Proximité à la	Indice de Lerner	Part de
	(%)	frontière tech. (%)	(%)	marché (%)
<i>Estimateur naïf</i>				
Estimateur	7,9	3,1	0,3	0,8
Ecart-type	(2,8)	(2,4)	(0,4)	(0,2)
Observations		1736		
(%)		100%		
<i>Sous-population des entreprises imitatrices</i>				
Estimateur	1,3	0,2	0,1	0,0
Ecart-type (bootstrap)	(3,2)	(2,7)	(0,5)	(0,2)
Observations		367/379		
(%)		97%		
<i>Sous-population des entreprises qui ont tenté d'innover</i>				
Estimateur	3,0	0,5	0,2	0,2
Ecart-type (bootstrap)	(3,3)	(2,9)	(0,5)	(0,3)
Observations		1308/1357		
(%)		96%		
Gain espéré à tenter d'innover, par rapport au "statu quo"				
Performance (2000/2001) :	Productivité du travail	Proximité à la	Indice de Lerner	Part de
	(%)	frontière tech. (%)	(%)	marché (%)
<i>Estimateur naïf</i>				
Estimateur	20,0	11,1	1,4	1,6
Ecart-type	(1,8)	(1,7)	(0,3)	(0,2)
Observations		2593		
(%)		100%		
<i>Sous-population des entreprises n'ayant ni tenté d'innover, ni imité</i>				
Estimateur	7,6	5,3	0,7	0,9
Ecart-type (bootstrap)	(3,4)	(3,1)	(0,5)	(0,3)
Observations		1114/1236		
(%)		90%		
<i>Sous-population des entreprises qui ont tenté d'innover</i>				
Estimateur	11,9	6,5	1,3	1,1
Ecart-type (bootstrap)	(3,6)	(2,8)	(0,5)	(0,2)
Observations		1176/1357		
(%)		87%		

Note : Dans ce tableau, l'"estimateur naïf" est simplement la différence des moyennes calculées sur les deux sous-populations considérées, pour la variable de performance considérée. Les autres estimateurs sont des effets causaux (estimateurs par appariement selon un noyau gaussien), qui permettent de tester l'hétérogénéité de l'effet (d'innover ou d'imiter) selon la population considérée. Les écart-types sont alors calculés par bootstrap et reportés entre parenthèses. Le score de propension est estimé par logit multinomial, avec les variables de contrôle suivantes : log de l'indice de diversification des activités, log de l'intensité capitalistique (niveaux entreprise et industrie), log du nombre d'heure (contrôle de taille), indicatrices du niveau d'opportunité technologique. Ces variables sont retardées et moyennées entre 1997 et 1998. L'intensité de l'effort de R&D entre 1995 et 1996 est également inclus.

Lecture : Le gain qu'une entreprise qui n'a ni tenté d'innover, ni imité entre 1998 et 2000 aurait été de 3,3%, mais non significatif, en termes de productivité (niveau de 1997/1998 par rapport à 2000/2001). Pour une entreprise qui a imité, le gain à imiter (par rapport au statu quo) a été de 3,1%, et n'est pas significatif non plus.

Nous obtenons des résultats similaires et plus précis (en raison du plus grand nombre d'observations pertinentes) en comparant innovateurs "réels" et non innovateurs : les gains anticipés à tenter d'innover (y compris en termes de pouvoir de marché) sont très significatifs et beaucoup plus importants pour les innovateurs que pour les non-innovateurs.

3.4 Contribution des entreprises innovantes à la croissance de la productivité

3.4.1 Méthode de décomposition de la croissance

Le logarithme de la productivité moyenne P_t pour l'ensemble de l'économie Ω_t (ou pour un secteur donné) à la date t peut s'écrire comme une somme pondérée des productivités de chaque entreprise :

$$P_t = \sum_{i \in \Omega_t} \theta_{it} \cdot \underbrace{\log\left(\frac{VA_{it}}{L_{it}}\right)}_{p_{it}} \quad (3.4)$$

où θ_{it} est la part d'emploi que représente l'entreprise i . Le taux de croissance de la productivité moyenne s'écrit directement comme :

$$\Delta P_t = \sum_{i \in \Omega_t} \theta_{it} \cdot p_{it} - \sum_{i \in \Omega_{t-1}} \theta_{it-1} \cdot p_{it-1}$$

Nous nous inspirons de la méthodologie développée par Foster, Haltiwanger et Krizan [21]. Ces auteurs proposent la décomposition de la croissance de la productivité suivante :

$$\Delta P_t = \underbrace{\sum_{i \in \Omega_t \cap \Omega_{t-1}} \theta_{it-1} \cdot \Delta p_{it}}_{P1} + \underbrace{\sum_{i \in \Omega_t \cap \Omega_{t-1}} \Delta \theta_{it} \cdot (p_{it-1} - P_{t-1})}_{P2} + \underbrace{\sum_{i \in \Omega_t \cap \Omega_{t-1}} \Delta \theta_{it} \cdot \Delta p_{it}}_{P3} \text{ ent. pérennes} \quad (3.5a)$$

$$+ \underbrace{\sum_{i \in \Omega_t \cap \bar{\Omega}_{t-1}} \theta_{it} \cdot (p_{it} - P_{t-1})}_E \text{ ent. entrantes} \quad (3.5b)$$

$$- \underbrace{\sum_{i \in \bar{\Omega}_t \cap \Omega_{t-1}} \theta_{it-1} \cdot (p_{it-1} - P_{t-1})}_S \text{ ent. sortantes} \quad (3.5c)$$

Le premier terme $P1$ de (3.5a) correspond à la contribution (pondérée par leur poids en termes d'emploi) des gains de productivité des entreprises pérennes. Le second terme $P2$ résulte des modifications structurelles affectant l'économie ; il n'est positif que si les entreprises pérennes qui augmentent leur niveau d'emploi ont une productivité supérieure à la moyenne. Le dernier terme $P3$ décrivant la contribution des entreprises pérennes n'est positif que si les réallocations d'emploi ont bénéficié aux entreprises "dynamiques". Il n'est positif que si en moyenne, les entreprises dont l'emploi a augmenté ont également réalisé des gains de productivité au cours de la période considérée. Par ailleurs, (3.5b) correspond à l'effet des nouveaux entrants ; leur contribution n'est positive que s'ils ont une productivité supérieure à la moyenne. Enfin, (3.5a) correspond à l'effet des sortants. Ce terme n'est positif que si ce sont les entreprises les moins productives qui sortent du marché.

Cette décomposition est ici affinée afin de pouvoir distinguer la contribution spécifique des entreprises "innovantes". La décomposition finale prend donc la forme suivante :

$$\Delta P_t = \sum_{\substack{i \in \Omega_t \cap \Omega_{t-1} \\ i \in I_t}} \theta_{it-1} \cdot \Delta p_{it} + \sum_{\substack{i \in \Omega_t \cap \Omega_{t-1} \\ i \in I_t}} \Delta \theta_{it} \cdot (p_{it-1} - P_{t-1}) + \sum_{\substack{i \in \Omega_t \cap \Omega_{t-1} \\ i \in I_t}} \Delta \theta_{it} \cdot \Delta p_{it} \quad \begin{array}{l} \text{ent. pérennes} \\ \text{et innovantes} \end{array} \quad (3.6a)$$

$$+ \sum_{\substack{i \in \Omega_t \cap \Omega_{t-1} \\ i \in I_t}} \theta_{it-1} \cdot \Delta p_{it} + \sum_{\substack{i \in \Omega_t \cap \Omega_{t-1} \\ i \in I_t}} \Delta \theta_{it} \cdot (p_{it-1} - P_{t-1}) + \sum_{\substack{i \in \Omega_t \cap \Omega_{t-1} \\ i \in I_t}} \Delta \theta_{it} \cdot \Delta p_{it} \quad \begin{array}{l} \text{ent. pérennes} \\ \text{mais non innov.} \end{array} \quad (3.6b)$$

$$+ \sum_{\substack{i \in \Omega_t \cap \bar{\Omega}_{t-1} \\ i \in I_t}} \theta_{it} \cdot (p_{it} - P_{t-1}) \quad \begin{array}{l} \text{ent. entrantes} \\ \text{et innovantes} \end{array} \quad (3.6c)$$

$$+ \sum_{\substack{i \in \Omega_t \cap \bar{\Omega}_{t-1} \\ i \in I_t}} \theta_{it} \cdot (p_{it} - P_{t-1}) \quad \begin{array}{l} \text{ent. entrantes} \\ \text{mais non innov.} \end{array} \quad (3.6d)$$

$$- \sum_{i \in \bar{\Omega}_t \cap \Omega_{t-1}} \theta_{it-1} \cdot (p_{it-1} - P_{t-1}) \quad \begin{array}{l} \text{ent. sortantes} \end{array} \quad (3.6e)$$

S

Nous considérons ici qu'une entreprise a innové¹⁹ au cours d'une période donnée si son niveau de productivité dépasse en *fin* de période le quantile sectoriel d'ordre 95 de *début* de période, corrigé d'un terme prenant en compte le cycle économique :

$$Innov_{i,k,t-h/t}^{CC} = \mathbb{I} \left\{ \left(\frac{VA}{L} \right)_{ikt} \geq P_{k,t-h}^{95} \left(\frac{VA}{L} \right) + \Delta \left(\frac{VA}{L} \right)_{kt} \right\} \quad (3.7)$$

La "correction" du cycle repose sur l'hypothèse selon laquelle le choc sur la productivité moyenne au sein d'un secteur donné de l'économie $\Delta \left(\frac{VA}{L} \right)_{kt}$ est un bon indicateur de tous les chocs exogènes affectant le secteur au cours de la période $[t-h, t]$.

3.4.2 Résultats obtenus

Crépon et Duhautois [13] trouvent que sur la période récente (années 1990), la croissance repose essentiellement sur les entreprises pérennes, à la fois du fait des améliorations productives internes aux entreprises (P1) et du fait des réallocations de facteurs entre les entreprises (P2). Ils trouvent en revanche que la contribution à la croissance des créations d'entreprises diminue entre la fin des années 1980 et la fin des années 1990.

Les résultats que nous obtenons permettent d'affiner l'analyse et sont reportés dans le tableau 5. Dans l'industrie, nous retrouvons le résultat selon lequel ce sont les entreprises pérennes qui contribuent massivement à la croissance. Plus précisément, les entreprises considérées comme "innovantes" représentent moins de 6% du nombre d'entreprises, moins de 10% de l'emploi, mais contribuent à hauteur de 23 à 62% de la croissance. Par

¹⁹Sur longue période et pour ce type d'analyse, nous ne pouvons pas utiliser les enquêtes innovation, puisque les données sont à la fois trop peu fréquentes et concernent trop peu d'entreprises. Les résultats sont robustes à diverses définition de l'innovation, voir annexe C.

**Tableau 4 – Contributions à la croissance de la productivité
Industrie, entrées innovantes et non-innovantes,
1985-2003**

Période A	Croissance totale (%)		Part d'ent. innovantes (%)		Contribution des entrées innovantes (%)				Contribution des entrées non-innovantes (%)			
	TI+TNI =B	C	en termes de d'emploi	en nbre d'ent. D	Ent. pérennes PI	Entrées EI	Total PI+EI =TI	Part de croissance (%) TI/B	Incumbents PNI	Entrées ENI	Sorties X	Total PNI+ENI +X=TNI
1985-1988	7,63	6,17	5,07	5,07	2,38	0,57	2,95	38,65	4,89	-1,89	1,68	4,68
1988-1991	6,48	6,10	5,18	5,18	1,22	0,94	2,16	33,32	4,60	-2,16	1,89	4,32
1991-1994	10,39	5,74	4,29	4,29	2,32	0,17	2,49	23,94	5,34	-0,65	3,21	7,90
1994-1997	6,33	6,86	4,29	4,29	1,80	0,27	2,07	32,66	3,52	-1,74	2,49	4,26
1997-2000	10,55	10,29	5,64	5,64	3,78	1,21	4,99	47,30	3,87	-1,31	3,00	5,56
2000-2003	4,69	8,26	5,56	5,56	2,43	0,50	2,92	62,32	0,49	-1,57	2,84	1,77

Note : Les sources et le champ sont l'ensemble des entreprises industrielles présentes dans les fichiers BRN issus de la DGI (voir annexe B.2).

Lecture : Les codes des colonnes correspondent à l'équation 3.6. Entre 1985 et 1988, la croissance totale dans l'industrie a été de 7,63% (soit environ 1,97% par an). Les entrées considérées comme innovantes au sens de la définition précisée dans le corps du texte représentaient 6,17% de l'emploi industriel, 5,07% du nombre d'entrées, mais 2,95 points de croissance, soit 38,65% de la croissance industrielle globale.

**Tableau 5 – Contributions à la croissance de la productivité
Entreprises industrielles pérennes innovantes et non-innovantes,
1985-2003**

Période A	Contribution des entrées innovantes (%)			Contribution des entrées non-innovantes (%)		
	PII	PI2	PI3	PNI1	PNI2	PNI3
1985-1988	3,60	-0,14	-1,08	2,38	1,60	-1,70
1988-1991	1,65	-0,02	-0,41	1,22	4,58	1,04
1991-1994	3,22	0,48	-1,38	2,32	4,30	1,32
1994-1997	2,23	0,07	-0,50	1,80	3,68	1,07
1997-2000	3,66	0,58	-0,46	3,78	3,16	1,40
2000-2003	2,75	0,13	-0,45	2,43	0,06	1,35

Note : Les sources et le champ sont l'ensemble des entreprises industrielles pérennes sur les périodes considérées présentes dans les fichiers BRN issus de la DGI (voir annexe B.2).

Lecture : Les codes des colonnes correspondent à l'équation 3.6. Entre 1985 et 1988, la contribution à la croissance de la productivité des entrées considérées comme innovantes au sens de la définition précisée dans le corps du texte était de 2,95 points de croissance. Cette contribution se décomposait en une composante mesurant les gains individuels de productivité (3,60 points de %), une composante liée aux modifications de structure de l'économie en termes d'emploi (défavorable aux entrées innovantes : -0,14 point de %) et un terme de "covariance" (-1,08%) dont le signe négatif montre que les entrées qui ont vu leur productivité augmenter n'ont en moyenne pas vu leur part en emplois augmenter.

**Tableau 6 – Contributions à la croissance de la productivité
Secteurs de haute et de basse technologies,
1985-2003**

Période	Croissance totale (%)		Part d'entreprises innovantes (%)		Contribution des entreprises innovantes (%)			Contribution des entreprises non-innovantes (%)				
	$T1+TNI$ $=B$	C	en termes d'emploi	en nbre d'ent.	Entrées PI	Sorties EI	Total PI+EI =TI	Part de la croissance (%) TI/B	Entrées ENI	Sorties X	Total PNI+ENI +X= TNI	
Industries de haute technologie												
1985-1988	7,64	5,26	5,86	5,86	2,94	0,41	3,35	43,88	4,86	-2,09	1,52	4,29
1988-1991	9,58	5,94	5,49	5,49	1,33	1,36	2,70	28,14	6,39	-1,78	2,28	6,89
1991-1994	13,49	5,69	4,69	4,69	2,53	0,17	2,71	20,06	8,65	-0,45	2,58	10,78
1994-1997	14,22	5,94	4,38	4,38	2,27	0,26	2,53	17,80	10,42	-0,14	1,41	11,69
1997-2000	17,88	14,01	6,52	6,52	6,69	1,09	7,78	43,49	8,74	-0,28	1,65	10,11
2000-2003	8,50	11,00	6,64	6,64	4,03	0,73	4,76	55,95	2,64	-0,59	1,69	3,75
Industries de basse technologie												
1985-1988	7,63	6,75	4,78	4,78	2,02	0,68	2,69	35,28	4,91	-1,74	1,77	4,94
1988-1991	4,15	6,31	5,19	5,19	1,10	0,62	1,72	41,51	3,31	-2,45	1,57	2,43
1991-1994	8,00	5,67	4,24	4,24	2,14	0,15	2,29	28,66	2,90	-0,73	3,53	5,71
1994-1997	1,14	6,61	4,67	4,67	1,27	0,25	1,52	133,24	-0,65	-2,65	2,92	-0,38
1997-2000	6,01	7,81	5,71	5,71	1,88	1,14	3,03	50,36	1,07	-1,81	3,73	2,98
2000-2003	2,71	6,24	5,37	5,37	1,47	0,31	1,78	65,66	-0,29	-2,05	3,28	0,93

Note : Les sources et le champ sont l'ensemble des entreprises industrielles présentes dans les fichiers BRN issus de la DGI (voir annexe B.2). La classification en secteurs de haute et de basse technologies est issue de OCDE, [36].

Lecture : Les codes des colonnes correspondent à l'équation 3.6. Entre 1985 et 1988, la croissance totale dans les industries de haute technologie a été de 7,64% (soit environ 1,97% par an). Les entreprises considérées comme innovantes au sens de la définition précisée dans le corps du texte représentaient 5,26% de l'emploi industriel de haute technologie, 5,86% du nombre d'entreprises de ces secteurs, mais 3,35 points de croissance, soit 43,88% de la croissance industrielle globale.

ailleurs, la contribution "absolue" (en points de pourcentage) des entreprises innovantes est remarquablement moins affectée par le cycle économique que ne l'est celle des entreprises considérées comme "peu innovantes" : alors que celle des premières varie entre 2% et 3% (excepté entre 1997 et 2000), celle des secondes varie entre 2% et 8%.

La définition du comportement d'innovation adoptée ici est *relative* au secteur et à la date considérée, de sorte que par construction, la part des entreprises "innovantes" ne peut augmenter (beaucoup) entre 1985 et 2003. Leur importance économique en termes d'emploi est cependant importante en fin de période : elles représentent 5,5% du nombre d'entreprises industrielles, mais 10% de l'emploi. Cependant, la contribution à la croissance des entreprises innovantes pérennes passe presque exclusivement par les gains de productivité internes aux entreprises (l'importance de cette composante découle pour partie de la définition adoptée de la sous-population innovante), mais la composante liée à la croissance de leur emploi est faible, voire parfois négative. Au contraire, cette composante est toujours positive pour les entreprises pérennes non innovantes, et représente environ un quart de leur contribution totale à la croissance.

Le tableau 6 montre les résultats obtenus respectivement dans les secteurs de haute et de basse technologie (*cf.* OECD, [36]). Dans les secteurs de haute technologie, la croissance de la productivité repose essentiellement sur les entreprises pérennes (innovantes ou pas). Au contraire, dans les secteurs de basse technologie, la croissance de la productivité repose essentiellement sur les entreprises pérennes innovantes et sur les destructions (sorties). De plus, les entreprises qui entrent sur le marché sont très spécifiques dans ces secteurs de basse technologie :

- soit elles entrent sur le marché "à la frontière technologique" (avec une productivité du travail supérieure au quantile d'ordre 95 de la période précédente), mais représentent une faible part de l'emploi sectoriel, d'où une faible contribution à la croissance globale.
- soit elles entrent sur le marché avec une productivité inférieure à la moyenne, d'où une contribution *négative* à la croissance globale.

4 Conclusion

Dans ce travail, nous avons proposé une formalisation des comportements micro-économiques associés à l'hypothèse de transition d'une économie "de rattrapage" vers une économie "de pointe". Ceci nous a permis de dégager trois types de prédictions permettant de tester cette hypothèse :

1. Le comportement d'innovation "frontière" est-il qualitativement différent du comportement d'imitation ?
2. Les bénéfices associés à l'imitation et à l'innovation "frontière" sont-ils différenciés selon le niveau de développement technologique des entreprises ?
3. Enfin, la contribution à la croissance des entreprises innovantes est-elle importante, et augmente-t-elle sur la période ?

Les tests empiriques présentés sur ces trois points apportent un faisceau d'évidences conduisant à penser que l'hypothèse d'une transition de l'économie d'une phase de "rattrapage" vers une économie "de pointe", dans laquelle l'activité de R&D devient cruciale pour soutenir la croissance, n'est pas entièrement dénuée de fondements pour ce qui concerne l'industrie française. En effet, nos résultats tendent à souligner le rôle crucial des activités de R&D et le caractère persistant de l'innovation frontière : la proximité à la frontière technologique, caractérisée par un faible différentiel de productivité avec les entreprises leader du secteur, est corrélée avec une plus forte probabilité d'introduire une innovation frontière. De plus, les gains à innover sont différenciés selon le niveau technologique initial. Enfin, les entreprises innovantes semblent être à l'origine d'une part importante de la croissance sur la période récente.

Dans ce cadre, le fléchissement tendanciel des dépenses privées de R&D prend une dimension d'autant plus préoccupante pour les perspectives de croissance à long terme de l'économie. De nombreux prolongements de cette étude pourraient être envisagés afin d'affiner le diagnostic : par exemple, la dynamique temporelle de la frontière technologique, dans les différents secteurs de l'économie, est un aspect important qui n'a pas été abordé dans ce travail. D'autre part, l'analyse approfondie des "obstacles à l'innovation" (*cf.* Galia et Legros, [23]) doit en particulier permettre de juger de la qualité des institutions censées favoriser l'innovation et la croissance.

Références

- [1] Acemoglu, D., Aghion, P. et Zilibotti, F. (2002), "Vertical Integration and Distance to Frontier", *mimeo MIT*.
- [2] Acemoglu, D., Aghion, P., Griffith, R. et Zilibotti, F. (2003), "Vertical Integration and Technology : Theory and Evidence", *mimeo MIT*.
- [3] Acemoglu, D., Aghion, P., Lelarge, C. , Van Reenen, J. et Zilibotti, F. (2005), "Technology, Information and the Decentralization of the Firm".
- [4] Acemoglu, D., Aghion, P. et Zilibotti, F. (2002 / 2003), "Distance to Frontier, Selection and Economic Growth", *CEPR Discussion Paper* n° 3467.
- [5] Aghion, P., Bloom, N., Blundell, R., Griffith, R. et Howitt, P. (2005), "Competition and Innovation : An Inverted U Relationship", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 120(2), pp. 701-728.
- [6] Aghion, P., Blundell, R., Griffith, R., Howitt, P. et Prantl, S. (2004), "Firm Entry, Innovation and Growth : Theory and Micro Evidence".
- [7] Aghion, P. et Cohen, E. (2004), "Education et Croissance", *Rapport du CAE*, Paris, La Documentation Française.
- [8] Baily, M. N., Hulten, C., et Campbell, D. (1992), "Productivity Dynamics in Manufacturing Plants", *Brooking Papers on Economic Activity : Microeconomics*, pp. 187-267.
- [9] Bartelsman, E. J., et Doms, M. (2000), "Understanding Productivity : Lessons from Longitudinal Microdata", *Journal of Economic Litterature*, vol. XXXVIII, pp. 569-594.
- [10] Brémaud, P. (1999), *Markov Chains : Gibbs Field, Monte Carlo Simulation and Queues*, Springer Verlag, New York.
- [11] Brodaty, T., Crépon, B. et Fougère, D. (2002), "Les méthodes micro-économétriques d'évaluation : développements récents et applications aux politiques actives de l'emploi", *mimeo CREST*.
- [12] Crépon, B. et Iung, N. (1999), "Innovation, Emploi et Performances", *Document de Travail de la DESE*, G9904.
- [13] Crépon, B. et Duhautois, R. (2004), "Ralentissement de la productivité et réallocations d'emplois : deux régimes de croissance", *Economie et Statistique*, n° 367, p. 69-82.
- [14] Dixit, A. K., et Stiglitz, J. E. (1977), "Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity", *American Economic Review*, 67, pp. 297-308.
- [15] Duguet, E. (2000), "Les subventions à la R&D : complément ou substitut au financement privé ?", *Etude pour le SESSI*.
- [16] Duguet, E. (2002), "Innovation Height, Spillovers and TFP Growth at the Firm Level : Evidence from French Manufacturing", *Cahiers de la MSE*, Série verte, n°2002.73 ; à paraître dans *Economics of Innovation and New Technology*.
- [17] Duguet, E. et MacGarvie, M. (2005), "How well do Patent Citations Measure Knowledge Flows ? Evidence from French Innovation Surveys", *Economics of Innovation and New Technology*, 14(5), p. 375-393.

- [18] Duguet, E. et Monjon, S. (2004), "Is Innovation Persistent at the Firm Level ? An Econometric Examination Comparing the Propensity Score and Regression Methods", *Cahiers de la MSE*, 2004.75.
- [19] Duhautois, R. (2002), "Les réallocations d'emploi en France sont-elles en phase avec le cycle ?", *Economie et Statistique*, n° 351, pp. 87-103.
- [20] Encaoua, D. et Ulph, D. (2000), "Catching-up or Leapfrogging ? The effects of competition on innovation and growth", mimeo EUREQua.
- [21] Foster, L., Haltiwanger, J., et Krizan, C.J. (2000), "Aggregate Productivity Growth : Lessons from Microeconomic Evidence" in *New Developments in Productivity Analysis* (E. DEAN, M. HARPER et C. HULTEN, ed.), Chicago, University of Chicago Press.
- [22] Foster, L., Haltiwanger, J., et Syverson, C. (2005), "Reallocation, Firm Turnover, and Efficiency : Selection on Productivity or Profitability ?", *NBER Working Paper*, 11555.
- [23] Galia, F. et Legros, D. (2004), "Complementarities between obstacles to Innovation : Evidence from France", *Research Policy*, 33, p. 1185-1199.
- [24] Griffith, R., Redding, S. et Van Reenen, J. (2004), "Mapping the Two Faces of R&D : Productivity in a Panel of OECD Countries", *Review of Economics and Statistics*, 86(4), p. 883-895.
- [25] Heckman, J., Lalonde, R. et Smith, J. (1999), "The Economics and Econometrics of Active Labor Market Programs", in O. Ashenfelter and D. Card, Chapter 31, *Handbook of Labor Economics*, vol. IV, pp. 1865-2073.
- [26] INSEE (2006), *L'Economie française*, édition 2006.
- [27] Janod, V. et Saint-Martin, A. (2004), "Measuring Work Reorganization and its Impact on Firm Performance : an Estimate on French Manufacturing Firms over 1995-1999", *Labour Economics*, Vol. 11, Issue 6.
- [28] Kocoglu, Y. et Mairesse, J. (2004), "An Exercise in the Measurement of R&D Capital and its Contribution to Growth : a Comparison between France and the United States, and with ICT", papier présenté à la 28ème conférence de l'International Association for Research in Income and Wealth, Août 2004.
- [29] Lelarge, C. (2006), "Les entreprises industrielles françaises sont-elles à la frontière technologique ?", *Revue Economique*, vol. 57(3).
- [30] Lentz, R. et Mortensen, D. (2005), "An Empirical Model of Growth Through Product Innovation", *NBER Working Paper* No 11546.
- [31] Maddala, G. S. (1983), *Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics*, Econometric Society Monographs, n°3, Cambridge University Press.
- [32] Mairesse, J. et Mohnen, P. (2002), "To Be or Not to Be Innovative : An Exercise in Measurement", OCDE, *STI Review*, n° 27.
- [33] Montagna, C. (1995), "Monopolistic Competition with Firm-Specific Costs", *Oxford Economic Papers*, 47, pp. 318-328.

- [34] Moulton, B.R. (1986), "Random Group Effects and the Precision of Regression Estimates", *Journal of Econometrics*, 32.
- [35] OCDE/DSTI (2003), "STAN Indicators".
- [36] OCDE/DSTI (Hatzichronoglou, T., 2003), "Révision des classifications des secteurs et des produits de haute technologie", *Document de Travail* 1997/2.
- [37] Picart, C. (2004), "Le tissu productif : renouvellement à la base et stabilité au sommet", *Economie et Statistique*, no 371.
- [38] Sapir, A. *et al.* (2004), *An Agenda for a Growing Europe. The Sapir Report*, Oxford University Press.
- [39] Thesmar, D. et Thoenig, M. (2000), "Creative Destruction and Firm Organization Choice", *Quarterly Journal of Economics*, 115 :4, pp. 1209-1238.

Annexes

A Comportement théorique sous-jacent : une modélisation plus complète

A.1 Dérivation des fonctions de profit

Les développements suivants, inspirés de Dixit et Stiglitz [14] et Montagna [33], permettent de modéliser les phénomènes d'entrées-sorties et de générer une distribution de profits strictement positifs à l'équilibre. Les développements qui suivent décrivent le comportement des entreprises d'un *unique* secteur (dont les entreprises vendent des biens légèrement différenciés²⁰).

Dans ce modèle, chaque entreprise produit un bien légèrement différencié par rapport aux biens produits par les autres entreprises. La fonction d'utilité du consommateur représentatif prend la forme suivante (Dixit et Stiglitz, [14]) :

$$U = \left(\sum_{i=0}^{N-1} D_i^{(\sigma-1)/\sigma} \right)^{\sigma/(\sigma-1)} \quad (\text{A.1})$$

où N est le nombre de biens (ou le nombre d'entreprises, chaque entreprise produisant une "variété" différente²¹), D_i est la consommation de bien de type i , et $\sigma > 1$ est l'élasticité de substitution entre les variétés de biens. La fonction d'utilité indirecte prend la forme suivante :

$$V = \frac{E}{P}, \quad P = \left(\sum_{i=0}^{N-1} P_i^{1-\sigma} \right)^{1/(1-\sigma)}$$

où E est le revenu nominal total du consommateur²². Le consommateur représentatif maximise (A.1) sous la contrainte budgétaire suivante :

$$E = \sum_{i=0}^{N-1} P_i \cdot D_i \quad (\text{A.2})$$

où P_i est le prix de la variété i . Les fonctions de demande qui résultent de ce programme de maximisation sont de la forme suivante :

$$D_i = E \cdot P^{\sigma-1} \cdot P_i^{-\sigma} \quad (\text{A.3})$$

Le retard technologique d'une entreprise affecte son coût de production. Plus précisément, la fonction de coût d'une entreprise caractérisée par un niveau de retard technologique $r_i \in \mathbb{N}^+$ prend la forme suivante :

$$C_i = \underbrace{\beta^{r_i} \cdot Q_i}_{\text{partie variable : coût de production relatif par rapport à l'entreprise frontrière}} + \underbrace{K}_{\text{partie fixe}}, \quad \beta > 1 \quad (\text{A.4})$$

²⁰Le modèle qui suit est un modèle de concurrence monopolistique.

²¹On peut donc considérer que chaque entreprise innove en produit.

²²On suppose ici que ce revenu nominal n'est pas affecté par les profits des entreprises productrices (raisonnement en équilibre partiel).

Le niveau de prix optimal pour l'entreprise i (qui anticipe qu'elle n'a pas d'influence sur le niveau général des prix, i.e. $\partial P/\partial P_i = 0$) est donc :

$$P_i = \frac{\sigma}{\sigma - 1} \cdot \beta^{r_i} \quad (\text{A.5})$$

donc

$$P(N, \mathbb{D}) = \frac{\sigma}{\sigma - 1} \cdot \left(\sum_{i=0}^{N-1} \beta^{r_i \cdot (1-\sigma)} \right)^{1/(1-\sigma)}$$

Notons que l'indice de prix agrégé P dépend en particulier du nombre d'entreprises dans l'industrie N et de la distribution \mathbb{D} des niveaux technologiques r_i dans l'industrie.

La "part de marché" d'une entreprise diminue avec son niveau de retard technologique :

$$\begin{aligned} \frac{P_i \cdot Q_i}{\sum_{j \in \mathbb{N}^+} P_j \cdot Q_j} &= \frac{E. (P_i/P)^{1-\sigma}}{\sum_{j \in \mathbb{N}^+} E. (P_j/P)^{1-\sigma}} \\ &= \frac{\beta^{r_i \cdot (1-\sigma)}}{\sum_{j \in \mathbb{N}^+} \beta^{r_j \cdot (1-\sigma)}} \end{aligned}$$

De même, le niveau de profit d'une entreprise diminue avec son niveau de retard technologique²³ :

$$\begin{aligned} \Pi_i &= (P_i - \beta^{r_i}) \cdot Q_i - K \\ &= \varphi \cdot E \cdot P^{\sigma-1} \cdot \beta^{r_i \cdot (1-\sigma)} - K, \quad \varphi = \frac{(\sigma - 1)^{\sigma-1}}{\sigma^\sigma} \end{aligned}$$

A.2 Comportement d'entrée sur le marché

Pour tous \bar{N}_t et \mathbb{D}_t , il existe un niveau de retard \bar{r}_t tel que : $r > \bar{r} \implies \Pi_i(r, \bar{N}) \leq 0$. Cette valeur \bar{r}_t est le niveau de retard maximal admissible dans l'industrie considérée à la date t ²⁴.

On suppose qu'il n'y a pas de limite potentielle au nombre d'entrants, lesquels font face à la même incertitude quant à leur niveau de retard technologique. Cette incertitude est levée une fois que l'entreprise a décidé d'entrer et a payé le coût fixe K ²⁵. Pour tout \bar{N}_t , la condition d'entrée est que le profit espéré sur la période²⁶ soit positif ou nul :

$$V^E = \sum_{r \in \mathbb{N}^+} \mathbb{P}(r_i = r) \cdot \Pi(r, \bar{N}_t, \mathbb{D}_t) \geq 0 \quad (\text{A.6})$$

²³En supposant que les entreprises sont de tailles identiques et que la partie variable de leur fonction de coût correspond à leurs consommations intermédiaires, leur productivité prend la forme suivante :

$$\Phi_i = (P_i - \beta^{r_i}) \cdot Q_i = \varphi \cdot E \cdot P^{\sigma-1} \cdot \beta^{r_i \cdot (1-\sigma)}$$

La distribution des productivités ainsi définies est identique à celle des profits à translation de K près.

²⁴Hors état stationnaire, la distribution des niveaux technologiques et le nombre d'entreprises dans l'industrie varient avec le temps (et le plus bas niveau technologique admissible également).

²⁵Ce coût fixe est payé à chaque période par toutes les entreprises présentes sur le marché (hypothèse "technique" nécessaire pour permettre d'éventuelles sorties).

²⁶Période courante uniquement, si l'on suppose qu'une entreprise qui fait des pertes n'est pas capable de financer ses activités d'innovation (cette hypothèse simplifie le modèle).

où \mathbb{P} est une distribution de probabilités (exogène) sur les niveaux technologiques des entreprises qui entrent sur le marché. Rappelons que \mathbb{D}_t est la distribution sectorielle des niveaux technologiques observés dans le secteur à la date t .

L'entrée est couronnée de succès si le niveau de retard effectif (réalisé) est acceptable, i.e. $r_i > \bar{r}_t$; dans le cas contraire, on suppose que l'entreprise ressort du marché immédiatement.

A.3 Détermination endogène de la structure initiale du marché

L'équilibre à une date t donnée est défini par un nombre d'entreprises présentes sur le marché \bar{N}_t , un niveau de retard maximal admissible \bar{r}_t et une distribution des états technologiques \mathbb{D}_t (pour partie héritée du passé et pour partie issue des phénomènes d'entrées / sorties²⁷) tels que aucune entreprise additionnelle n'a intérêt à entrer sur le marché. A l'état initial, l'équilibre $(\bar{N}_0, \bar{r}_0, \mathbb{D}_0)$ est donné par les relations suivantes :

$$V^E(\bar{N}_0, \mathbb{D}_0) = \sum_{r \in \mathbb{N}^+} \mathbb{P}(r_i = r) \cdot \Pi(r, \bar{N}_0, \mathbb{D}_0) \geq 0 \text{ et } V^E(\bar{N}_0 + 1, \mathbb{D}_0) < 0 \quad (\text{A.7})$$

$$\Pi(\bar{N}_0, \bar{r}_0) = \varphi \cdot E \cdot \bar{P}_0^{\sigma-1} \cdot \beta^{\bar{r}_0 \cdot (1-\sigma)} - K \geq 0 \text{ et } \Pi(\bar{N}_0, \bar{r}_0 + 1) < 0 \quad (\text{A.8})$$

Supposons que les entreprises qui ne sont pas encore sur le marché n'ont pas *a priori* *ex ante* sur leur niveau de retard technologique, de sorte que la distribution de probabilités \mathbb{P} est uniforme sur $\{0, \dots, R-1\}$, $R \gg \bar{r}_0$. Alors, à l'état initial, la distribution \mathbb{D}_0 des niveaux technologiques est uniforme sur $\{0, \dots, \bar{r}_0 - 1\}$.

On a donc :

$$\begin{aligned} P(\bar{N}_0, \mathbb{D}_0) &= \frac{\sigma}{\sigma-1} \cdot \left(\frac{\bar{N}_0}{\bar{r}_0} \right)^{1/(1-\sigma)} \cdot \left(\frac{1 - \beta^{\bar{r}_0 \cdot (1-\sigma)}}{1 - \beta^{1-\sigma}} \right)^{1/(1-\sigma)} \\ V^E(\bar{N}_0, \mathbb{D}_0) &= \frac{E}{\sigma \cdot R} \cdot \frac{\bar{r}_0}{\bar{N}_0} \cdot \frac{1 - \beta^{R \cdot (1-\sigma)}}{1 - \beta^{\bar{r}_0 \cdot (1-\sigma)}} - K \\ \Pi(\bar{N}_0, \bar{r}_0) &= \frac{E}{\sigma} \cdot \frac{\bar{r}_0}{\bar{N}_0} \cdot \frac{1 - \beta^{1-\sigma}}{1 - \beta^{\bar{r}_0 \cdot (1-\sigma)}} \cdot \beta^{\bar{r}_0 \cdot (1-\sigma)} - K \end{aligned}$$

Supposons pour simplifier que : $V^E(\bar{N}_0, \mathbb{D}_0) = 0$ et $\Pi(\bar{N}_0, \bar{r}_0) = 0$ (ou que \bar{r}_0 et \bar{N}_0 peuvent prendre des valeurs non entières). Alors :

$$\begin{aligned} \bar{r}_0 &= \frac{\log \left(\frac{1 - \beta^{R \cdot (1-\sigma)}}{1 - \beta^{1-\sigma}} \right)}{(1-\sigma) \cdot \log(\beta)} \\ \bar{N}_0 &= \frac{E}{K \cdot R} \cdot (1 - \beta^{1-\sigma}) \cdot \frac{\bar{r}_0}{1 - \beta^{\bar{r}_0 \cdot (1-\sigma)}} \end{aligned}$$

²⁷Voir plus bas : les entreprises initialement présentes sur le marché qui accumulent du retard peuvent être contraintes à sortir du marché.

A.4 Comportement d'innovation des entreprises déjà présentes sur le marché

Le comportement des entreprises en place est celui décrit dans le corps du texte. Nous supposons pour simplifier que $\delta = 0$: les entreprises ne considèrent que la période courante dans leurs prises de décision.

Résultat 4. · r^* , valeur-seuil de retard technologique déterminant le comportement (innovation / imitation) des entreprises, ne dépend pas du temps.

· A l'état initial, tous les cas ne sont pas dégénérés : il existe des situations (des valeurs de p) pour lesquelles certaines entreprises entrées sur le marché décident d'imiter, i.e. $\bar{r}_0 > r^*$

Démonstration. Dans le cas $\delta = 0$, une entreprise décide d'imiter plutôt que d'innover si et seulement si :

$$p + (1 - p) \cdot \beta^{(r_i+1) \cdot (1-\sigma)} < \beta^{1-\sigma}$$

ce qui est vrai pour tout $r_i < \bar{r}_0$ dès lors que p est suffisamment petit. Remarquons également que ce critère de décision, et donc r^* , ne dépend pas du temps car il ne dépend ni de \mathbb{D}_t , ni de \bar{N}_t , ni de \bar{r}_t . □

La modélisation du comportement des entrées / sorties adoptée ici et l'hypothèse $\delta = 0$ (corrélative à celle selon laquelle les entreprises qui font des pertes ne peuvent financer leurs activités d'innovation) conduisent à introduire la modification suivante par rapport à la modélisation présentée dans le corps du texte : les entreprises éventuellement en place à la période précédente quittent le marché lorsque leur niveau de retard n'est plus acceptable :

$$r_i > \bar{r}_t$$

Nous aboutissons à un système dynamique relativement complexe qui ne peut plus être représenté sous la forme d'une chaîne de Markov, notamment parce que le nombre d'entreprises présentes sur le marché varie à chaque date. Par contre, une telle représentation reste possible à l'état stationnaire.

A.5 Etat stationnaire

L'état stationnaire du secteur est défini comme la situation dans laquelle à chaque période, le flux des entrées équilibre exactement le flux des sorties (donc le nombre d'entreprises présentes sur le marché reste constant) ; la distribution sectorielle des niveaux de retard ne se déforme pas et reste constante, ainsi que le niveau maximal de retard admissible. A l'état stationnaire, s'il existe, on a donc :

$$\begin{aligned} \mathbb{D}_t &= \mathbb{D} \\ \bar{r}_t &= \bar{r} \\ \bar{N}_t &= \bar{N} \end{aligned}$$

Figure 3 – Matrice de passage associée à l'état stationnaire

	$\bar{r}-1$	...	...	r^*+1	r^*	r^*-1	...	2	1	0
$\bar{r}-1$	τ/\bar{r}	$\tau/\bar{r}+1-\tau$	τ/\bar{r}							
\vdots	τ	0	0	...			...	0	$1-\tau$	0
\vdots										
r^*+1			τ	0	0				$1-\tau$	
r^*				τ					$1-\tau$	
r^*-1					$1-p+\tau p$	0			0	$p-\tau p$
\vdots										
\vdots							\ddots			
2							...	$1-p+\tau p$	0	$p-\tau p$
1								...	$1-p+\tau p$	$p-\tau p$
0									0	$p-\tau p$

Il est possible de représenter la dynamique du système à l'état stationnaire par une chaîne de Markov finie, homogène, dont la matrice de passage de t à $t+1$ est décrite par la figure 3.

La chaîne de Markov précédente est de plus finie et apériodique. Il est donc possible (théorème) d'exhiber une distribution stationnaire vérifiant les conditions suivantes :

$$\begin{aligned}
 v_{r+1} &= \tau \cdot v_r + \frac{\tau}{\bar{r}} \cdot v_{\bar{r}-1}, & \bar{r}-2 \geq r \geq r^* \\
 v_{r+1} &= [1 - (1-\tau) \cdot p] \cdot v_r + \frac{\tau}{\bar{r}} \cdot v_{\bar{r}-1}, & r^* > r \geq 1 \\
 v_1 &= (1-\tau) \cdot \left(\sum_{r \geq r^*} v_r \right) + [1 - (1-\tau) \cdot p] \cdot v_0 + \frac{\tau}{\bar{r}} \cdot v_{\bar{r}-1} \\
 v_0 &= (1-\tau) \cdot p \cdot \left(\sum_{r < r^*} v_r \right) + \frac{\tau}{\bar{r}} \cdot v_{\bar{r}-1}
 \end{aligned}$$

Par ailleurs, \bar{r} et \bar{N} sont déterminés par les contraintes additionnelles suivantes :

$$\begin{aligned}
 V^E(\bar{N}, \mathbb{D}) &= \sum_{r \in \mathbb{N}^+} \mathbb{P}(r_i = r) \cdot \Pi(r, \bar{N}, \mathbb{D}) \geq 0 & \text{et } V^E(\bar{N}+1, \mathbb{D}) < 0 \\
 \Pi(\bar{N}, \bar{r}) &= \phi \cdot E \cdot \bar{P}^{\sigma-1} \cdot \beta^{\bar{r} \cdot (1-\sigma)} - K \geq 0 & \text{et } \Pi(\bar{N}, \bar{r}+1) < 0
 \end{aligned}$$

Nous retrouvons bien, dans cette modélisation légèrement modifiée, que la distribution stationnaire est davantage concentrée sur les niveaux technologiques avancés. En effet :

$$\begin{aligned}
 v_{r+1} - v_r &= (\tau - 1) \cdot v_r < 0, & \bar{r}-2 \geq r \geq r^* \\
 v_{r+1} - v_r &= (\tau - 1) \cdot p \cdot v_r < 0, & r^* > r \geq 1
 \end{aligned}$$

A.6 Convergence vers l'état stationnaire ?

La structure relativement complexe du modèle rend sa résolution formelle excessivement lourde²⁸. Il est cependant possible de vérifier la convergence par simulation, pour certaines valeurs des paramètres, et de donner une intuition du mécanisme à l'œuvre.

Entre t et $t + 1$, les entreprises qui sont sur le marché tentent d'innover ou imitent (selon leur niveau technologique), ce qui a pour effet de modifier la distribution sectorielle des productivité en la concentrant tendanciellement vers les niveaux technologiques avancés (si τ est suffisamment faible, voir modèle présenté dans le corps de l'article). Cette effet est d'autant plus fort que le nombre d'entreprises qui imitent est important (début du processus de convergence, de nombreuses entreprises sont peu avancées technologiquement), car la force de rappel vers la frontière technologique modélisée est particulièrement forte pour le comportement d'imitation.

Cet effet est contrebalancé par le modification induite en termes de concurrence sur le marché. On a en effet :

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_i}{\partial r_i} &> 0 && \text{car } \beta > 1 \\ \frac{\partial P}{\partial P_i} &= P_i^{-\sigma} \cdot (\sum P_i^{1-\sigma})^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} > 0 \\ \frac{\partial \Pi_j}{\partial P} &< 0 \end{aligned}$$

donc à r_j fixé, $\partial \Pi_j / \partial r_i < 0$. On en déduit que lorsque les niveaux de retard r_i des entreprises tendent à *diminuer*, le niveau de profit à niveau technologique fixé r_j tend à *augmenter*, donc d'après (A.7), le nombre d'entreprises entrantes augmente, et d'après (A.8), le niveau de retard technologique maximal admissible \bar{r}_t augmente également. Ceci a pour effet de surimposer à la distribution sectorielle de début de période, une distribution uniforme sur $\{0, \dots, \bar{r}_t$ de "poids" égal au nombre d'entreprises entrantes. Cet effet de lissage diminue à mesure que \bar{r}_t augmente (et que le nombre d'entreprises entrantes diminue).

A l'équilibre stationnaire, les deux effets décrits plus haut se compensent exactement.

²⁸Il s'agit d'étudier la convergence d'un système différentiel dans lequel interviennent les variables d'état suivantes : N_t, \bar{r}_t ainsi que \mathbb{D}_t . Cette distribution discrète (sur $\{0, \dots, R-1\}$) des niveaux technologiques au sein du secteur peut être décrite par $R-1$ variables d'état.

B Description des données, statistiques descriptives

B.1 Echantillon CIS3

L'échantillon "CIS3" résulte de l'appariement de cinq bases de données différentes :

1. **Les données françaises correspondant à l'enquête "Innovation" CIS3 (Community Innovation Survey)**, coordonnée par Eurostat et menée conjointement par les tous les membres de l'Union Européenne. En France, ces données ont été collectées par le service statistique du Ministère de l'Industrie (SESSI) en 2001. Nous utilisons les données correspondant à l'industrie (secteur manufacturier) afin de construire les indicateurs d'innovation (voir corps du texte).
2. **L'enquête R&D**, conduite par le Ministère de la Recherche auprès des entreprises industrielles. Cette enquête est exhaustive pour les entreprises "importantes" en termes de R&D. Elle contient une information très détaillée sur les activités de R&D des entreprises : dépenses, effectifs de chercheurs, thèmes, etc.
3. **Les fichiers fiscaux BRN**, regroupant les bilans d'entreprises collectés annuellement par l'administration fiscale (DGI) au titre du "Bénéfice Réel Normal". Ils nous fournissent des données comptable au niveau entreprise : valeur ajoutée, investissement, salaires, emploi, etc. Le régime fiscal du BRN est obligatoire pour les entreprises qui ont (avaient) un niveau de ventes supérieur à 3,8 million de francs, mais il peut également être choisi par des entreprises moins importantes. Ces fichiers contiennent environ 600 000 observations ²⁹ de tous les secteurs d'activités hors secteurs financiers et de l'agriculture. Les entreprises correspondantes produisent environ 90% de la valeur ajoutée totale de l'économie sur la période récente.
4. **Fichiers DADS**, construits à partir des déclarations sociales annuelles obligatoires des revenus bruts (soumis à prélèvements) de tout salarié. Les heures travaillées sont également reportées depuis 1993 (mais de bonne qualité depuis 1994 seulement). Ces fichiers renseignent sur 25 millions de salariés environ chaque année (27 535 562 en 1996 après nettoyage usuel, soit 1 587 157 établissements et 1 379 032 entreprises). Nous utilisons ces données pour construire des indicateurs de structure de la main-d'œuvre (age, genre, qualifications - PCS). Nous utilisons également les séries d'heures pour la mesure de proximité à la frontière technologique.
5. **Enquête annuelle d'entreprises (EAE)**, conduite annuellement par le SESSI (industrie), l'INSEE (services et commerce), les ministères de l'agriculture et de l'équipement (transport et construction). Cette enquête est obligatoire et exhaustive pour les entreprises de plus de 20 salariés. Elle contient de l'information détaillée sur la décomposition des ventes de chaque entreprise à un niveau fin (APE / NACE à quatre chiffres).

Les statistiques descriptives correspondant aux principales variables utilisées pour cet échantillon sont reportées au tableau 7.

²⁹630 593 entreprises en 1996 dont 489 783 reportaient un nombre de salariés non nul.

Tableau 7 – Statistiques descriptives, échantillon CIS3

Variables	Source	Unités	Moyenne	Médiane	Ecart-type
<i>Variables de niveau entreprise, 1997/1998</i>					
Taille (heures)	DADS	milliers	513,381	180,362	956 580
Age de l'ent.	SIRENE	années (en 2000)	22,989	19	12,714
Part d'emp. qualifiés	DADS	%	25,250	22,0764	15,238
Intensité capitalistique	BRN/DADS	kF/heure	0,210	0,145	0,255
Concentration des activités	EAE	1/nb d'activités	0,840	0,944	0,201
Diversification des activités	EAE	nb d'activités	1,304	1,060	0,519
Marché national	CIS3	indicatrice	0,473	0	0,499
Marché européen ou mondial	CIS3	indicatrice	0,380	0	0,485
Part de marché	EAE	%	1,628	0,387	4,038
Indice de Herfindahl	EAE	1/nb de concurrents	0,043	0,025	0,050
Nb (équivalent) de concurrents	EAE	nb de concurrents	60,071	39,558	74,014
Indice de Lerner	BRN	%	7,466	6,730	7,736
Intensité de R&D	BRN/MENRT	% (R&D/VA)	2,006	0	6,353
Financement public de la R&D	MENRT	indicatrice	0,056	0	0,230
<i>Distance à la frontière technologique, 1997/1998</i>					
Productivité (heures)	BRN/DADS	kF/heures	0,171	0,146	0,211
Proximité à la frontière tech.	BRN/DADS	%	60,593	56,144	34,487
Rang sectoriel (normalisé)	BRN/DADS	%	35,764	33,042	22,808
Prod. globale des facteurs	BRN/DADS		0,305	0,270	0,221
Proximité à la frontière, PGF	BRN/DADS	%	53,462	49,125	31,156
<i>Variables au niveau industrie, 1997/1998</i>					
Opportunités technologiques modérées	CIS3	indicatrice	0,340	0	0,474
Opportunités technologiques importantes	CIS3	indicatrice	0,151	0	0,358
Intensité de R&D	BRN/MENRT	% (R&D/VA)	2,637	1,226	3,544
Intensité capitalistique	BRN/DADS	kF/emp.	402 220	303,394	304,618
<i>Variables de niveau entreprise, 2000/2001</i>					
Part de marché	EAE	%	1,659	0,390	4,220
Indice de Lerner	BRN	%	6,707	6,128	8,241
Productivité horaire	BRN/DADS	kF/hours	0,181	0,157	0,106
Proximité à la frontière	BRN/DADS	%	0,575	0,529	0,268

Note : 2 972 observations (excepté pour la mesure de distance à la frontière technologique en termes de PGF : 2 968 observations).

B.2 Echantillon "BRN"

Les données utilisées sont identiques à Crépon et Duhautois [13] ; les traitements effectués sont également similaires.

Les données utilisées sont issues de la base de données des Bénéfices Réels Normaux (BRN), issue de la DGI. Le productivité apparente du travail est calculée comme le rapport entre la valeur ajoutée en volume et les effectifs. La valeur ajoutée en volume est obtenue en déflatant la valeur ajoutée nominale (BRN) par des prix de la VA, disponibles au niveau

NAF36 et issus des comptes nationaux.

Le fichier obtenu est retraité afin d'éliminer les éventuelles restructurations :

- les entreprises dont les numéros SIREN disparaissent puis réapparaissent sur la période (1987-2002) sont éliminées du fichier, à l'exception des entreprises qui sortent du fichier durant une année seulement (ces "valeurs manquantes" sont remplacées par une moyenne sur les deux années adjacentes).
- les entreprises pérennes qui connaissent une variation d'effectifs de plus de 8000 (en valeur absolue) sont éliminées du fichier.
- les entreprises qui étaient dans le quintile supérieur de productivité au sein de leur secteur et qui disparaissent sont également éliminées du fichier (nous supposons que ces entreprises ont été rachetées et n'ont pas fait faillite).

C Tests de robustesse sur les analyses de décomposition de la croissance

Nous reportons dans le tableau 8 des analyses de robustesse pour les calculs de contribution à la croissance des entreprises innovantes et non innovantes présentés en section 3.4. Les résultats obtenus sont globalement robustes aux variantes sur la définition des entreprises innovantes étudiées (ces variantes sont explicitées dans les tableaux).

Tableau 8 – Contributions à la croissance des entreprises innovantes et non innovantes, 1987-2002
Variations sur la définition des entreprises innovantes

Définition principale : $Innov_{i,k,t-h}^{CC} = \mathbb{I}_{\left\{ \left(\frac{VA}{L} \right)_{ikt-h} \geq P_{k,t-h}^{95} \left(\frac{VA}{L} \right) + \Delta \left(\frac{VA}{L} \right)_{ikt} \right\}}$

Période	Croissance totale	Part d'emploi "innov" (3)	Part d'ent. "innov" (4)	Entreprises "innovantes" (P95)			Entreprises peu "innovantes"								
				Ent. pérennes : intra (P11) + (P12) + (P13) + cov.	Ent. pérennes : inter (P12) + (P13) + cov.	Ent. pérennes : TOTAL (I)	Ent. pérennes : intra (PNI1) + (PNI2) + (PNI3) + cov.	Ent. pérennes : inter (PNI2) + (PNI3) + cov.	Ent. pérennes : TOTAL (NI)						
1987-1990	9,96%	5,90%	6,15%	2,50%	-0,07%	-0,88%	0,72%	2,26%	22,72%	7,32%	0,99%	-1,40%	-1,64%	-2,42%	7,70%
1990-1993	3,46%	6,19%	5,67%	2,54%	0,18%	-0,67%	0,32%	2,37%	68,28%	-1,76%	1,53%	-0,42%	-1,27%	-3,01%	1,10%
1993-1996	12,72%	5,47%	4,84%	2,52%	0,14%	-0,90%	0,01%	1,77%	13,92%	8,11%	1,06%	-0,37%	-0,33%	-2,48%	10,95%
1996-1999	7,50%	8,85%	5,85%	2,63%	0,49%	-0,38%	0,54%	3,28%	43,79%	2,33%	1,73%	-1,42%	-1,17%	-2,74%	4,22%
1999-2002	5,95%	7,61%	6,41%	2,40%	0,22%	-0,60%	0,53%	2,55%	42,86%	-1,10%	2,01%	-2,13%	-0,34%	-4,96%	3,40%

Sans retraiter du cycle économique : $Innov_{i,k,t-h}/t = \mathbb{I}_{\left\{ \left(\frac{VA}{L} \right)_{ikt-h} \geq P_{k,t-h}^{95} \left(\frac{VA}{L} \right) \right\}}$

Période	Croissance totale	Part d'emploi "innov" (3)	Part d'ent. "innov" (4)	Entreprises "innovantes" (P95)			Entreprises peu "innovantes"								
				Ent. pérennes : intra (P11) + (P12) + (P13) + cov.	Ent. pérennes : inter (P12) + (P13) + cov.	Ent. pérennes : TOTAL (I)	Ent. pérennes : intra (PNI1) + (PNI2) + (PNI3) + cov.	Ent. pérennes : inter (PNI2) + (PNI3) + cov.	Ent. pérennes : TOTAL (NI)						
1987-1990	9,96%	9,17%	8,65%	3,16%	-0,11%	-0,95%	0,87%	2,98%	29,89%	6,66%	1,03%	-1,33%	-1,79%	-2,42%	6,98%
1990-1993	3,46%	6,99%	6,38%	2,60%	0,21%	-0,67%	0,34%	2,48%	71,48%	-1,83%	1,51%	-0,42%	-1,28%	-3,01%	0,99%
1993-1996	12,72%	9,84%	7,57%	3,47%	0,42%	-0,88%	0,01%	3,02%	23,75%	7,15%	0,78%	-0,39%	-0,33%	-2,48%	9,70%
1996-1999	7,50%	12,26%	7,62%	3,48%	0,59%	-0,52%	0,62%	4,17%	55,62%	1,49%	1,64%	-1,29%	-1,25%	-2,74%	3,33%
1999-2002	5,95%	9,19%	7,89%	2,59%	0,33%	-0,61%	0,73%	3,05%	51,22%	-1,29%	1,90%	-2,11%	-0,55%	-4,96%	2,90%

Entreprises "à la frontière" ex post : $Ent\ Front_{i,k,t} = \mathbb{I}_{\left\{ \left(\frac{VA}{L} \right)_{ikt} \geq P_{k,t}^{95} \left(\frac{VA}{L} \right) \right\}}$

Période	Croissance totale	Part d'emploi "innov" (3)	Part d'ent. "innov" (4)	Entreprises "innovantes" (P95)			Entreprises peu "innovantes"								
				Ent. pérennes : intra (P11) + (P12) + (P13) + cov.	Ent. pérennes : inter (P12) + (P13) + cov.	Ent. pérennes : TOTAL (I)	Ent. pérennes : intra (PNI1) + (PNI2) + (PNI3) + cov.	Ent. pérennes : inter (PNI2) + (PNI3) + cov.	Ent. pérennes : TOTAL (NI)						
1987-1990	9,96%	3,29%	4,88%	1,54%	0,04%	-0,78%	0,46%	1,26%	12,64%	8,28%	0,88%	-1,50%	-1,38%	-2,42%	8,70%
1990-1993	3,46%	3,95%	4,87%	1,72%	0,20%	-0,58%	0,21%	1,56%	44,92%	-0,95%	1,52%	-0,51%	-1,16%	-3,01%	1,91%
1993-1996	12,72%	4,09%	4,85%	2,07%	0,09%	-0,92%	0,01%	1,25%	9,82%	8,56%	1,11%	-0,35%	-0,33%	-2,48%	11,47%
1996-1999	7,50%	4,98%	4,85%	1,52%	0,10%	-0,32%	0,41%	1,70%	22,65%	3,45%	2,13%	-1,48%	-1,04%	-2,74%	5,80%
1999-2002	5,95%	4,68%	4,84%	1,74%	0,15%	-0,62%	0,45%	1,72%	28,87%	-0,44%	2,07%	-2,10%	-0,26%	-4,96%	4,23%

Note : Les sources et le champ sont l'ensemble des entreprises du secteur manufacturier présentes dans les fichiers BRN (DGI) et dont le secteur au niveau fin (NACE à 4 chiffres) est simultanément inclus dans les classifications de l'OCDE [36] et représenté continuellement dans les BRN sur la période 1987-2002.

Lecture : Entre 1987 et 1990, la croissance totale dans l'industrie a été de 9,96% (soit environ 2,15% par an). Les entreprises considérées comme innovantes au sens de la définition principale représentaient 5,90% de l'emploi industriel, 6,15% du nombre d'entreprises, mais 2,26 points de croissance, soit 22,72% de la croissance industrielle globale.