

# Dynamique de l'innovation dans les services français

Antonio Musolesi

3 juillet 2006

## Résumé

Cette étude, suite aux contributions de Crépon, Duguet et Mairesse (1998) et de Duguet (2002), propose une approche structurelle qui cherche à faire le lien entre les travaux visant à étudier la fonction d'innovation et ceux sur l'évaluation des effets de l'innovation. Ici, toutefois nous analysons la relation R&D-innovation-productivité d'une manière dynamique. De plus, notre analyse focalise sur le secteur des services qui a été longtemps mis à l'écart de l'analyse empirique. Nos résultats indiquent, d'une part, l'existence d'un haut degré de persistance de l'innovation et, d'autre part, que l'effet de la mise en oeuvre d'une innovation sur la productivité s'estompe assez rapidement dans le temps.

*Jel classification* : C35, O30

*Keywords* : R&D, innovation, diffusion des connaissances, modèle structurel, dynamique de l'innovation

# 1 Introduction

Dans le débat sur la tertiarisation et la désindustrialisation des économies développées, deux visions s’opposent. La première, la plus ancienne, considère la croissance des services dans les économies avancées comme un phénomène capable de faire baisser la productivité. Ceci dépendrait de la haute intensité du travail et du retard de productivité caractéristique des services hors marché, du haut degré de protection de la concurrence dérivant de la faible possibilité d’échange des services, de la forte présence de l’acteur public, du fait que la croissance des services innovateurs trouve ses origines dans les processus de réorganisation et de restructuration industrielle. La thèse du *cost disease* (Baumol et al., 1988) et le débat sur le paradoxe de la productivité (OCDE, 1991, 1996) représentent bien cette vision. La seconde vision, au contraire, considère la tertiarisation comme un phénomène comparable, en termes d’implications économiques, à la révolution industrielle et place les services au centre du développement économique. Dans ce contexte, les services sont les principaux utilisateurs des innovations en jouant aussi un rôle central dans la diffusion des connaissances et donc aussi dans la création de croissance économique (Miles, 1998).

Notre travail cherche de donner des réponses, même partielles, aux questions touchant le lien “innovation-productivité” dans un secteur, celui des services, qui a été, jusqu’à très récemment, mis à l’écart de l’analyse empirique. Ce manque d’intérêt est attribuable à la domination de la première vision entretenue longtemps par la réflexion économique sur le rôle des services.

Par ailleurs, la grande majorité des études sur le lien “innovation-productivité”, menées pour la quasi-totalité sur le secteur manufacturier, porte sur des données agrégées par pays ou par activité, et n’utilise pas de mesure directe de l’innovation. Cette étude vise au contraire à utiliser la deuxième et la troisième enquêtes communautaires sur l’innovation, CIS2 et CIS3, réalisées auprès des entreprises de services. Ceci devrait, en effet, résoudre un certain nombre de problèmes liés à l’utilisation du nombre de brevets comme mesure de l’innovation (voir Duguet, 2002).

Pour ce faire, nous utilisons un modèle explicatif en deux parties. Dans une première partie, on relie la mise en oeuvre des innovations aux différentes sources de connaissances des entreprises, qu’elles soient formelles ou informelles, internes ou externes. Dans une seconde partie, on relie une mesure de la productivité (le contexte théorique est représenté par une fonction de production caractérisée par un progrès technique neutre au sens de Hicks) aux innovations qui ont été mises en oeuvre. La méthode employée tient compte à la fois de l’aspect qualitatif des données sur l’innovation et de la simultanéité entre les décisions de production et de mise en oeuvre des innovations.

Nous cherchons ici à compléter les travaux antérieurs sur les sources de la connaissance, et sur la contribution de l’innovation à la productivité des entreprises. Plus précisément nous faisons le lien entre les travaux visant à étudier la fonction d’innovation, qui expliquent le passage des inputs innovants aux innovations, et les travaux sur les performances des entreprises. A ce jour, seul les travaux de Crépon, Duguet et Mairesse (1998) et de Duguet (2002) proposent une approche structurelle de ce type. Ici toutefois, nous présenterons un modèle qui permet d’expliquer la relation

innovation-productivité d'une manière dynamique.

Le plan de l'article est le suivant : dans la section 2, nous rappellerons les fondements du modèle utilisé ; la section 3 présente nos principaux résultats et la section 4 résumera nos conclusions.

## 2 Le modèle économétrique

### 2.1 Le modèle statique

L'approche que nous avons adoptée dans cette section est assez proche de celle proposée par Duguet (2002). Nous utiliserons ici les données provenant de la troisième enquête communautaire sur l'innovation, CIS3, relative à la période 1998-2000.

Le modèle est constitué de deux parties. Dans une première partie, on explique la mise en oeuvre d'une innovation par ses inputs. Ceux-ci incluent les sources internes et externes de connaissances, la R&D, les changements organisationnels, la pression de la demande, le progrès des connaissances technologiques et non technologiques. Ils incluent aussi la taille de l'entreprise, son secteur d'activité et son marché de référence.

Dans une seconde partie, la mise en oeuvre des innovations sert à expliquer la productivité des entreprises. Le contexte théorique adopté est une fonction de production Cobb-Douglas où l'innovation entre comme mesure du progrès technique neutre au sens de Hicks.

#### 2.1.1 La fonction d'innovation

Deux représentations peuvent être envisagées pour l'innovation. On peut supposer que c'est le simple fait d'innover qui compte ou, au contraire, que c'est le degré d'innovation de l'entreprise qui détermine ses performances. Dans le premier cas, nous utilisons simplement une variable indicatrice comme facteur explicatif de l'innovation. Dans le second cas, nous supposons qu'il existe un degré latent d'innovation dans l'entreprise, inobservable, qui détermine la réalisation d'une innovation. C'est une prévision de cette variable latente qu'il faut alors prendre comme variable explicative. Nous effectuerons un test non emboîté pour choisir le bon modèle.

Le modèle structurel est le même pour les deux cas étudiés. Le degré latent d'innovation, noté  $I^*$ , est expliqué par les efforts de recherche et d'acquisition des connaissances extérieures de l'entreprise, notés  $Z$ , soit :

$$I_j^* = Zc + v, \quad (1)$$

où  $I_j^*$  est un vecteur  $n \times 1$  avec  $n$  le nombre d'observations et  $j$  est l'indice des différents types d'innovation (innovation de produit, de procédé, etc),  $Z$  est une matrice  $n \times k$ ,  $k$  étant le nombre de variables explicatives ;  $c$  est un vecteur  $k \times 1$  des paramètres et  $v$  est un vecteur  $n \times 1$  représentant la composante aléatoire du modèle.

On n'observera la mise en oeuvre d'une innovation par l'entreprise  $i$  que si le degré latent d'innovation est suffisamment fort sur la période considérée (1998-2000), ce que l'on peut représenter par :

$$I_j = \begin{cases} 1 & \text{si } I_j^* > \kappa \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}, \quad (2)$$

où  $I_j$  est la variable indicatrice d'innovation disponible dans enquête sur l'innovation et  $\kappa$  est un seuil d'innovation fonction de l'activité exercée par l'entreprise. Sous l'hypothèse que la perturbation  $v$  suit une loi logistique, on obtient un modèle logit, qui peut être estimé par le maximum de vraisemblance.

### 2.1.2 La fonction de production

Les deux modèles explicatifs de la productivité peuvent se résumer sous la forme suivante :

$$\begin{aligned} \text{Modèle avec variable indicatrice d'innovation } y &= Xb + \gamma I_j + u, & (3) \\ \text{avec } I_j &\in \{0, 1\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modèle avec degré latent d'innovation } y &= Xb + \gamma I_j^* + u & (4) \\ \text{avec } I_j^* &\in R \end{aligned}$$

Dans ces expressions,  $y$  est la valeur ajoutée exprimée en logarithmes en 2000 et  $X$  est la matrice des variables explicatives comprenant le nombre d'employés, les investissements, eux aussi en logarithmes et relatifs à l'année 2000, et des variables dummies sectorielles. Pour estimer ces modèles il faut tenir compte du fait que l'innovation est endogène, c'est-à-dire déterminée simultanément avec la valeur ajoutée sur l'ensemble de la période. Pour le premier modèle, il faut remplacer  $I$  par la probabilité estimée d'innover, donnée par le modèle logit, soit  $\hat{p} = \exp(Z\hat{c}) / 1 + \exp(Z\hat{c})$ , qui ne dépend que des variables exogènes par définition. Pour le second modèle, il faut simplement remplacer  $I^*$  par sa prévision  $Z\hat{c}$ , qui ne dépend que des variables exogènes.

Nous donnons dès maintenant les résultats des tests non emboîtés. Suivant la contribution de Duguet (2002), nous reprenons ici l'approche développée par Davidson et Mc Kinnon (1981), Godfrey (1983) et Smith (1992).

La base de données utilisée pour estimer le modèle statique a été obtenue par fusion des données de la troisième enquête communautaire sur l'innovation, CIS 3, avec la base de données SUSE (Système Unifié de Statistiques d'Entreprises) qui contient des variables à caractère "économique" comme par exemple le nombre d'employés ou les investissements, en utilisant le code d'identification des entreprises, SIREN (Système Informatique de Répertoire des Entreprises). La base de données que nous avons obtenu contient 416 observations.

La statistique présentée est le  $t$  de Student asymptotique robuste de la prévision du modèle concurrent. Quand cette statistique est significative, l'hypothèse nulle (i.e., le modèle) indiquée dans le tableau 1 est rejetée.

La conclusion de nos tests est claire : on rejette le modèle avec degré latent d'innovation et l'on ne rejette jamais le modèle avec variable indicatrice d'innovation au seuil de 10%. Nous garderons donc dans la suite ce dernier modèle.

Hypothèse nulle	Variable indicatrice d innovation	Degré latent d innovation
<b>Type d innovation</b>		
Innovation "tout court"	1,25	2,01
Innovation de produit	0,63	1,87
Innovation de procédé	1,11	2,12
Innovation technologique	0,44	2,45
Innovation non technologique	1,38	1,56
(t de Student robuste de la prévision du modèle concurrent.)		
Les valeurs critiques pour un seuil de 10 et 5% sont égales respectivement à 1,645 et 1,96.		

TAB. 1 – Modèle à effet constant contre modèle à effet variable

### 2.1.3 Méthodes d'estimation du modèle statique

**Une première méthode** consiste à estimer le modèle en deux étapes. Dans une première étape, on estime un modèle logit sur l'équation d'innovation et, dans un second temps, la prévision de la probabilité est prise comme variable explicative de l'équation de productivité.

La méthode en deux étapes peut donc être vue comme un choix particulier d'instrument pour la variable  $I$ , ou l'on remplace la variable endogène d'innovation par la probabilité d'innover. Or cette dernière fonction ne dépend que de  $Z$ , qui sont les instruments du modèle. On remplace donc l'indicateur d'innovation par l'estimation de la probabilité d'innover telle qu'elle résulte du modèle logit et on effectue la régression par les moindres carrés ordinaires sur l'équation de la productivité (la fonction de production), mais puisque on remplace la véritable variable par sa prévision issue du modèle logit, on doit calculer des écarts-types robustes à l'hétéroscédasticité. On utilise ici la matrice de covariance robuste à l'hétéroscédasticité de White (1980).

**Une seconde méthode** d'estimation consiste à estimer directement la fonction de production par la méthode des moments généralisés, où on instrumente l'innovation par ses sources. Sur les précisions sur ces méthodes d'estimation, on renvoie à Duguet (2002).

L'approche par le modèle logit présente l'avantage par rapport par celle par les moments généralisés d'autoriser l'étude des déterminants de l'innovation, qui joue un rôle important dans l'interprétation des résultats. De plus, elle permet de tester la validité du modèle avec variable indicatrice d'innovation.

Toutefois, ce test est réalisé sous l'hypothèse d'un modèle logit, c'est à dire sous l'hypothèse que la perturbation de l'équation d'innovation suive une loi logistique, ce qui limite sa portée.

L'approche par les moments généralisés est donc plus robuste mais ne propose pas d'estimation des fonctions d'innovation.

#### 2.1.4 Les données

**La mise en oeuvre des innovations** Nous avons estimé plusieurs spécifications de l'équation (1) en utilisant des définitions différentes de la variable à expliquer. En combinant l'information disponible dans le questionnaire l'on peut obtenir une variable catégorielle binaire, polytomique ordonnée ou polytomique non ordonnée. Plus précisément, nous avons utilisé les variables suivantes :

$I_1$  =variable binaire représentant la mise en oeuvre d'une innovation quelconque (oui, non),

$I_2$  =variable binaire représentant la mise en oeuvre d'une innovation de produit (oui, non),

$I_3$  =variable binaire représentant la mise en oeuvre d'une innovation de procédé (oui, non),

$I_4$  =variable polytomique ordonnée représentant la mise en oeuvre d'une innovation d'un seul type -produit ou procédé- où de deux types -produit et procédé en même temps- (pas d'innovation, innovation de produit ou de procédé, innovation de produit et de procédé),

$I_5$  =variable binaire représentant la mise en oeuvre d'une innovation technologique (oui, non),

$I_6$  =variable binaire représentant la mise en oeuvre d'une innovation non technologique (oui, non),

$I_7$  =variable polytomique ordonnée représentant la mise en oeuvre d'une innovation d'un seul type -technologique ou non technologique- où de deux types -technologique et non technologique en même temps- (pas d'innovation, innovation technologique ou non technologique, innovation technologique et non technologique),

$I_8$  =variable binaire représentant la mise en oeuvre d'une innovation technologique de produit (oui, non),

$I_9$  =variable binaire représentant la mise en oeuvre d'une innovation non technologique de produit (oui, non),

$I_{10}$  =variable binaire représentant la mise en oeuvre d'une innovation technologique de procédé (oui, non),

$I_{11}$  =variable binaire représentant la mise en oeuvre d'une innovation non technologique de procédé (oui, non),

Pour estimer la fonction d'innovation, nous avons utilisé un modèle logit binaire ou ordonné selon la nature de la variable d'innovation.

**Les inputs de l'innovation** Les mesures directes de mise en oeuvre des innovations, même si elles demeurent nécessairement qualitatives, ne sont pas sujettes aux critiques liées aux données de R&D et des brevets. Pour cette étude nous utilisons donc toutes les sources de l'innovation présentes dans l'enquête. Plus précisément, la matrice  $Z$  contient les vecteurs suivants :

$$Z = (l_{96}, \tau^1, \tau^2, \tau^3, a, m, o, r^1, r^2, r^3, k^1, \dots, k^5)$$

avec :

$l_{96}$  =nombre d'employés en 1996,

$\tau^1$  =pression de la demande (oui, non),

$\tau^2$  =progrès des connaissances technologiques (oui, non),

$\tau^3$  =progrès des connaissances non technologiques (oui, non),

$a$  =secteur d'activité de l'entreprise selon les classes à trois chiffres de la NACE :

Télécommunications (NACE=64.2), Conseil en systèmes informatiques (NACE=72.1),  
Réalisation de programmes et de logiciels (NACE=72.2), Analyse de données  
(72.3≤NACE≤72.4), Réparation de matériel inform. (NACE=72.5), Architec-  
ture et ingénierie (NACE=74.2), Essais et analyses techniques (NACE=74.3),

$m$  =marché de référence de l'entreprise (régional, national, européen, mondial)

$o$  =changements organisationnels comme création, fusion ou scission de l'entreprise,  
externalisation d'une fonction assurée auparavant en interne, ou des nouvelles  
méthodes de management ou de gestion (oui, non)

$r^1$  = recherche et développement interne à l'entreprise, au sens de Frascati, qui  
correspond à la mesure que l'on utilise habituellement pour mesurer les inputs  
de la recherche (oui, non),

$r^2$  =recherche et développement acquise à l'extérieur, y compris dans une autre  
entreprise du groupe, (oui, non),

$r^3$  =dépenses liées à l'innovation autres que R&D, telles que acquisition de machines  
et équipements, acquisitions de brevets, licences, marques ou logiciels, formation  
du personnel et commercialisation des produits innovants, (oui, non)

$k^1$  =sources de connaissances internes à l'entreprise, (oui, non),

$k^2$  =sources de connaissances internes au group d'appartenance, (oui, non),

$k^3$  =sources de connaissances liées au marché telles que fournisseurs d'équipements,  
clients où autres entreprises de la même activité, (oui, non),

$k^4$  =sources de connaissances institutionnelles telles que universités ou organismes  
de recherche publics, (oui, non),

$k^5$  =Autres sources de connaissances telles que conférences, journaux scientifiques  
ou foires, (oui, non).

## 2.2 Le modèle dynamique

Nous proposons, dans cette section, un modèle qui établit des liens dynamiques entre les sources de l'innovation, la mise en oeuvre des innovations et la productivité des entreprises. Pour ce faire, nous utiliserons les deux enquêtes communautaires sur l'innovation, CIS2 (1994-96) et CIS3 (1998-2000), en restreignant l'analyse aux entreprises qui ont été interrogées deux fois et aux variables qui on été définies de la même manière.

Nous chercherons de répondre à la question de la persistance de l'innovation, à savoir si les innovations proviennent des mêmes entreprises, mais aussi à celle de la durée de l'effet de la mise en oeuvre d'une innovation sur la productivité.

De manière générale, on peut considérer quatre types de modèles qui expliquent la persistance de l'innovation au niveau microéconomique. Le modèle linéaire de l'innovation établit une simple relation linéaire entre les dépenses de R&D et l'innovation : l'entreprise qui peut soutenir les coûts irrécouvrables de la R&D arrive à produire des innovations (Cohen-Klepper, 1996). Dans ce modèle les innovations qui dérivent de la R&D, ne sont pas liées entre elles et donc l'innovation est persistante seulement si la R&D l'est aussi. Empiriquement, on peut tester cette idée en régressant :

$$I_{it} = a + cr_{it} + \lambda I_{it-1}$$

L'innovation est expliquée par la recherche  $r_{it}$  courante et par l'innovation passée  $I_{it-1}$ . Si  $c$ , la persistance de l'innovation expliquée par la recherche, n'est pas significativement différent de zéro et/ou  $\lambda$ , qui représente la persistance de l'innovation non expliqué par la recherche, est significativement différent de zéro, on rejettera le modèle d'innovation linéaire.

Une deuxième classe de modèles souligne l'importance des contraintes financières liées aux activités de R&D (Nelson et Winter, 1982). En effet, on suppose que le succès commercial d'une innovation dans le passé aide, à travers le réinvestissement des profits, l'innovation future, "*Succes breeds succes*". La logique derrière l'analyse empirique est la même que pour le premier modèle :

$$I_{it} = a + x_{it}c + \lambda I_{it-1}$$

expression dans laquelle  $x_{it}$  désigne le vecteur ligne contenant les variables représentant les contraintes financières, comme par exemple la taille de l'entreprise, et  $c$  le vecteur colonne des paramètres associés. Une troisième classe, qui a comme pionnier Arrow (1962), met en relief le rôle de la compétitivité des marchés et du learning by doing. Empiriquement, on testera :

$$I_{it} = a + cm_{it} + \lambda I_{it-1}$$

où  $m$  représente la part de marché de l'entreprise  $i$  et  $\lambda \neq 0$  indique l'effet de l'apprentissage par la pratique "*learning by doing*".

Une dernière ligne de recherche relie l'innovation à l'accumulation des connaissances (Rosemberg, 1976). Puisque les capacités qu'une entreprise développe avec la recherche ne se déprécient pas rapidement, les mêmes connaissances peuvent être appliquées à la production de plusieurs innovations dans des temps successifs. Selon cette vision, la présence d'un effet d'apprentissage (*learning by doing*), d'un effet d'interaction (*learning by interacting*) et d'un effet de formation cumulative (*learning by learning*), entraîne une forte persistance de l'innovation. Empiriquement :

$$I_{it} = c + z_{it}a + \lambda I_{it-1}$$

expression dans laquelle  $z_{it}$  contient des variables de contrôle comme la recherche, la taille et la part de marché. Cependant dans ce cas on s'attendra à ce que  $\lambda \neq 0$ .



Pour déterminer le modèle théorique qui représente le mieux le système économique qu'on analyse, on devrait considérer toutes les variables explicatives : l'innovation passée, la recherche, la taille, la part de marché etc. Un effet positif de l'innovation passée sur l'innovation présente pourra être interprété comme le résultat du *learning by doing*, du *learning by interacting* ou du *learning by learn*.

Suivant cette approche "générale", on explique d'abord la mise en oeuvre d'une innovation qui a lieu entre 1994 et 1996 (i.e. dans CIS2) par les sources utilisées dans la même période :

$$I_{CIS2}^* = Z_{CIS2}c_{CIS2} + v, \quad (5)$$

$$I_{CIS2} = \begin{cases} 1 & \text{si } I_{CIS2}^* > \kappa \\ 0 & \text{sinon} \end{cases},$$

Toutefois, la mise en oeuvre d'une innovation entre 1998 et 2000 est expliquée non seulement par les sources d'innovation de la même période mais aussi par la mise en oeuvre d'une innovation entre 1994 et 1996 :

$$I_{CIS3}^* = Z_{CIS3}c_{CIS3} + \lambda I_{CIS2} + \varepsilon, \quad (6.A)$$

$$I_{CIS3} = \begin{cases} 1 & \text{si } I_{CIS3}^* > \kappa \\ 0 & \text{sinon} \end{cases},$$

Enfin, sous l'hypothèse que la vraie fonction de production soit avec variable indicatrice d'innovation, les probabilités d'innover entre 1994 et 1996 et 1998 et 2000 entrent dans la fonction de production où les autres variables sont relatives à l'année 2000 :

$$y = Xb + \gamma_1 I_{CIS3} + \gamma_2 I_{CIS2} + u, \quad (7)$$

Nous proposons aussi une deuxième version du modèle dynamique, où les innovations mises en oeuvre dans la période 1998-2000 sont expliquées par les sources d'innovation relatives aux deux périodes considérées :

$$I_{CIS3}^* = Z_{CIS3}c_{CIS3} + Z_{CIS2}c_{CIS2} + \varepsilon, \quad (6.B)$$

$$I_{CIS3} = \begin{cases} 1 & \text{si } I_{CIS3}^* > \kappa \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}.$$

où  $I_{CIS3}$  et  $I_{CIS2}$  représentent la mise en oeuvre d'une innovation "tout court". Les méthodes d'estimation sont les mêmes que celles adoptées pour le modèles statique, mais ici dans l'estimation des équations d'innovation à travers d'un modèle logit, la taille réduite de l'échantillon (seulement 79 entreprises ont été interrogées deux fois) fait augmenter la probabilité de séparation quasi-complète et, par conséquent, on n'a pu utiliser qu'un petit nombre de variables explicatives :

$$\begin{aligned}Z_{CIS2} &= (l_{94}, a, r^1, r^2), \\Z_{CIS3} &= (l_{96}, a, r^1, r^2),\end{aligned}$$

c'est-à-dire, taille, secteur d'activité, R&D interne et R&D externe.

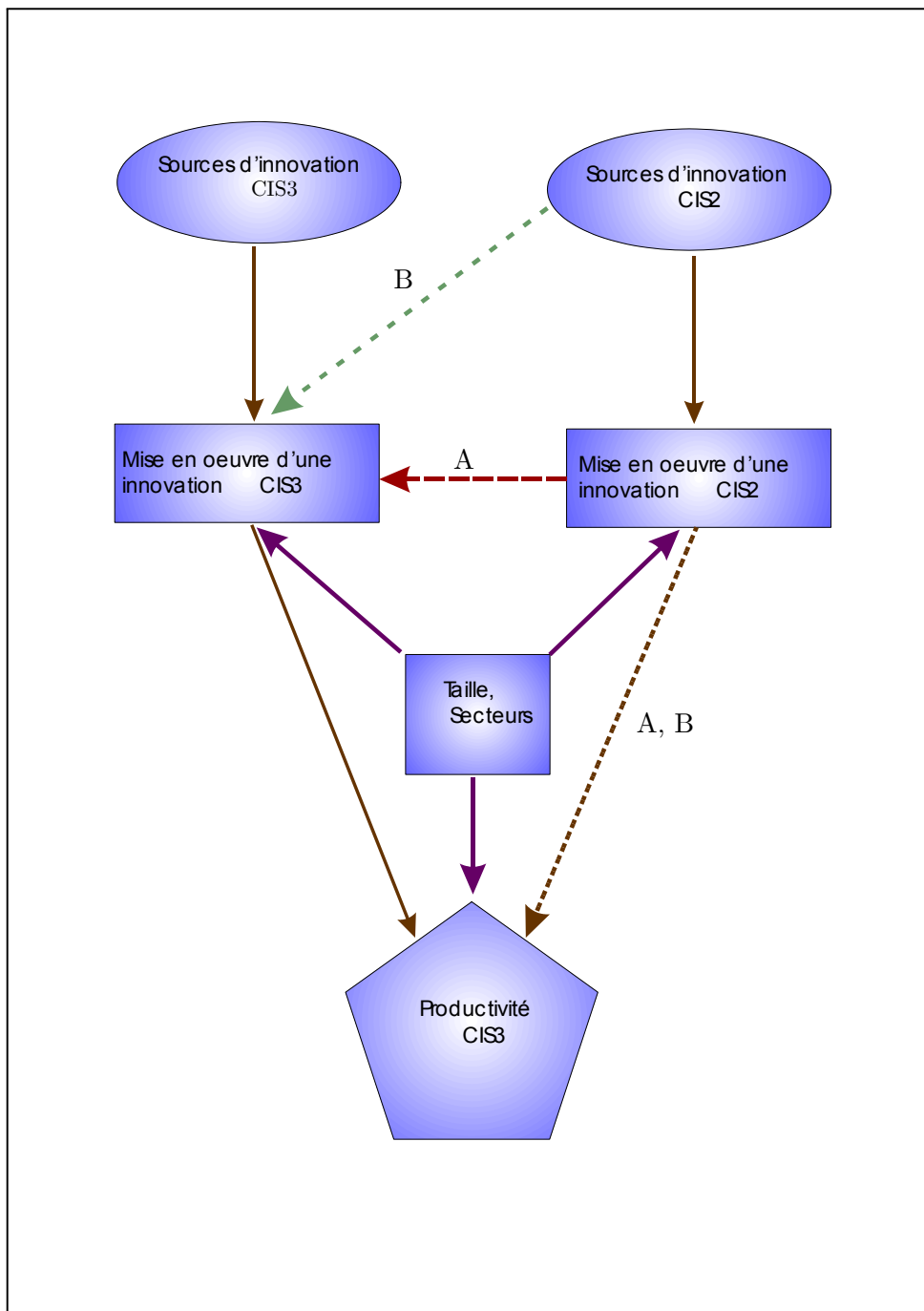


FIG. 1 – Le diagramme du modèle dynamique

## 3 Statistiques descriptives

### 3.1 Répartition sectorielle et mise en oeuvre des innovations

Une étude antérieure (Cases, Favre et François, 1999) a clairement montré que la mise en oeuvre d'une innovation dépend de l'activité exercée par l'entreprise. C'est pour cette raison que nous analysons d'abord la répartition sectorielle de CIS2, CIS3 mais aussi la base qu'on obtient si on considère que les entreprises interrogées deux fois, et qu'on appellera CIS.

Pour pouvoir comparer au niveau de l'analyse descriptive les deux bases de données CIS3 et CIS2, nous avons dû résoudre un certain nombre des problèmes d'harmonisations, notamment au niveau des définitions des variables mais aussi au niveau des secteurs d'activités analysés.

Pour ce faire nous avons donc restreint l'analyse aux secteurs et aux variables présents dans les deux enquêtes. Après cette opération les bases de données harmonisées "CIS3" et "CIS2" contiennent respectivement 358 et 1264 observations.

La figure 2 montre que, dans CIS2, près d'une entreprise sur deux provient du secteur Architecture et Ingénierie alors que, dans CIS3, ce secteur ne représente que 15% de l'échantillon. Par ailleurs, dans CIS3, les entreprises de Réalisation de logiciels sont davantage interrogées et représentent plus d'un tiers de l'échantillon alors que, dans CIS2, ces entreprises le sont beaucoup moins (16%). Les secteurs Conseil en systèmes informatiques, Analyse de données et Télécommunications représentent 15% à 20% de l'échantillon dans les deux enquêtes et le secteur Réparation de matériel informatique est un secteur résiduel. Enfin, CIS est caractérisé par une répartition des secteurs très proche de celle de CIS3.

Les secteurs Télécommunications, Réalisation de logiciels, Analyse de données et Conseil en systèmes informatiques sont davantage impliqués dans l'innovation que l'Ingénierie et la Réparation de matériel informatique (figure 3).

Il reste toutefois à préciser que, même si, dans les deux périodes étudiées, près de la moitié des entreprises ont innové, on constate une diminution des entreprises innovantes dans tous les secteurs entre 1994-96 et 1998-2000, ce qui paraît en contradiction avec la répartition différente des secteurs Architecture et ingénierie et Réalisation de logiciels dans CIS3 et CIS2.

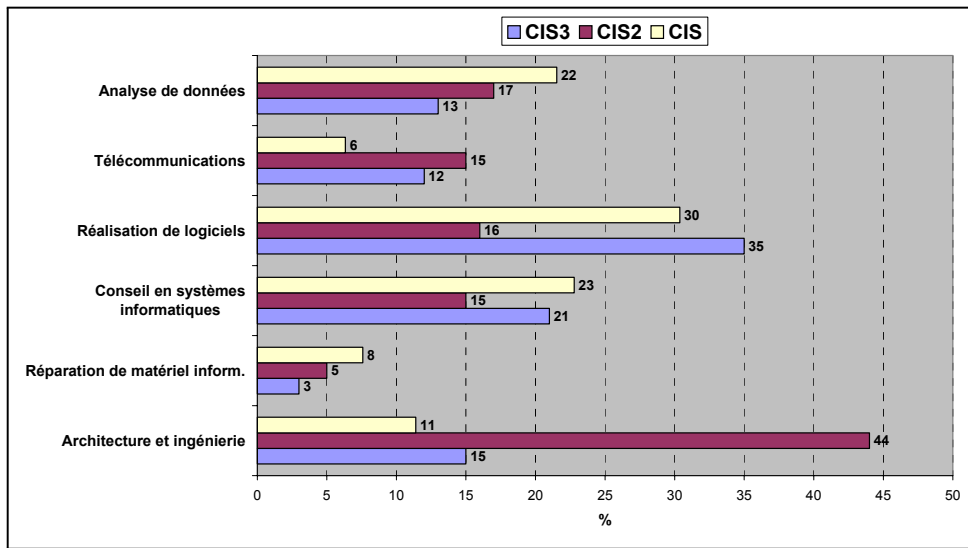


FIG. 2 – Répartition sectorielle dans CIS3, CIS2 et CIS

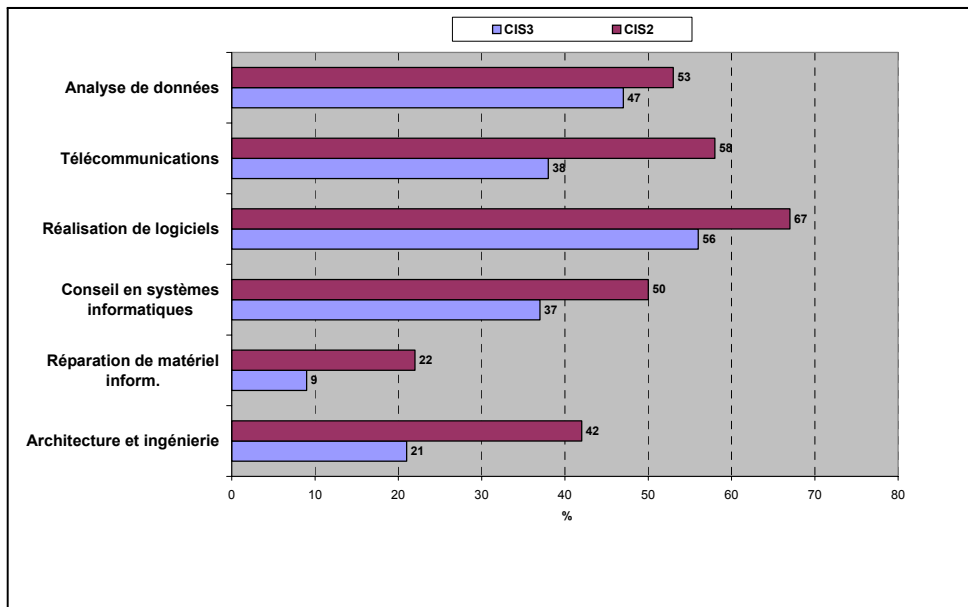


FIG. 3 – Pourcentage d'entreprises innovantes selon le secteur d'activité dans CIS3 et CIS2

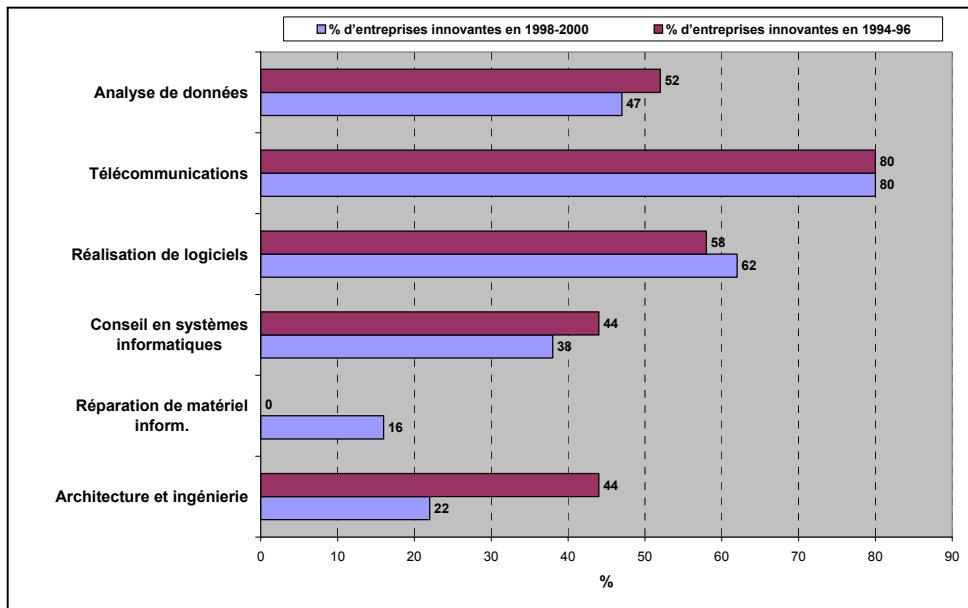


FIG. 4 – Pourcentage d'entreprises innovantes selon le secteur d'activité dans CIS

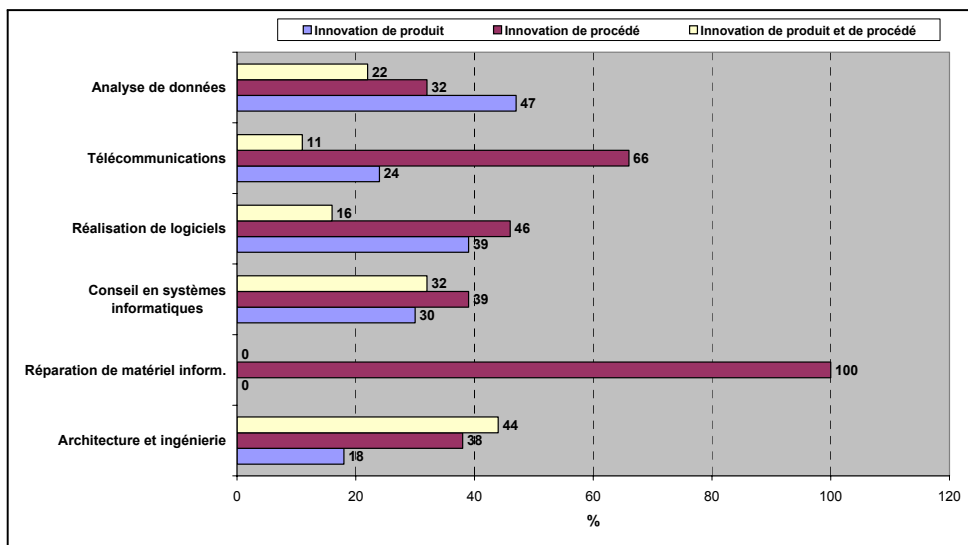


FIG. 5 – Répartition des innovations de produit et de procédé parmi les entreprises innovantes

On peut en effet expliquer cette différence en termes de la taille des entreprises, plus élevée dans CIS2 que dans CIS3 avec 38 et 32 employés en médiane respectivement, ce qui est partiellement confirmé en restreignant l'analyse aux entreprises interrogées deux fois (figure 4), qui montre effectivement que le pourcentage d'entreprises innovantes est resté assez stable dans les deux périodes considérées, exclusion faite pour le secteur Architecture et Ingénierie .

En se restreignant à la troisième enquête communautaire sur l'innovation, on peut aussi analyser la répartition des innovations selon leur nature -innovation de produit ou de procédé- dans les différents secteurs (figure 5). L'innovation de procédé est en moyenne la plus répandue dans tous les secteurs mais les différences entre secteurs demeurent, toutefois, importantes.

Le secteur des télécommunications est d'avantage impliqué dans la seule innovation de procédé que tous les autres secteurs, alors que pour le secteur Analyse de données, l'innovation de produit est la plus répandue.

En moyenne, parmi les entreprises innovantes, une entreprise sur quatre met en oeuvre des innovations de produit et de procédé en même temps. Ce pourcentage croît jusqu'à 44% pour Architecture et Ingénierie mais il reste inférieur à 20% pour les Télécommunications et la production de logiciels.

## 3.2 Les indicateurs d'innovation

Les indicateurs de mesure de l'innovation sont indiqués dans le tableau 2. On retrouve ici une confirmation que la recherche et développement n'est pas le mode principal d'innovation.

Parmi les entreprises qui ont répondu à la question, 40% des entreprises de l'enquête CIS2 et 60% de CIS3 déclarent ne pas recourir à une activité de recherche et développement à temps plein. Les sources d'innovations les plus employées sont en fait des sources informelles telles que les sources internes à l'entreprise ou au groupe, les sources de marché et les autres sources de connaissances telles que conférences, journaux scientifiques ou foires.

Les sources d'innovation les plus formalisées, comme la recherche et développement, l'acquisition de brevets et de licences concernent un nombre d'entreprises plus restreint, bien que, pour la période 1998-2000, leur nombre ait augmenté par rapport à 1994-96.

Ce résultat ne signifie pas toutefois que la recherche et développement ne serait pas importante pour la productivité, car il se peut que les sources informelles ne mènent qu'à des innovations de faible ampleur (i.e., non technologiques) génératrices de peu de productivité.

Pour répondre à cette question nous effectuerons des régressions logistiques qui nous permettront de relier les sources à leurs outputs. Nous verrons que les déterminants des innovations technologiques se distinguent nettement des déterminants des innovations non technologiques.

Il reste que la nature technologique de l'innovation est particulière, due à l'immatérialité des services. En témoigne la faible fréquence des dépôts de brevets.

Bien que les entreprises de services privilégient leurs propres sources d'information,

Var	CIS3 (358 obs)		CIS2 (1264 obs)		CIS (79 obs)			
					CIS3		CIS2	
	N	%	N	%	N	%	N	%
$I_1$	358	.42	1264	.49	79	.47	79	.49
$r^1$	183	.63	1264	.38	47	.55	79	.37
$r^2$	171	.17	1264	.12	40	.20	79	.10
$r^3$	191	.65	1264	.43	79	.39	79	.38
$k^6$	206	.90	685	.90	49	.89	39	.92
$k^3$	195	.90	685	.90	44	.88	39	.87
$k^4$	190	.38	685	.33	45	.33	39	.20
$k^5$	194	.75	685	.72	46	.74	39	.61
$co$	195	.23	1264	.24	51	.22	79	.20
$p$	209	.21	1264	.09	48	.08	79	.09
$h$	358	.16	1264	.36	79	.19	79	.34
$n$	332	.12	1264	.07	72	.12	79	.08

Les variables sont toutes catégorielle binaire (oui, non).

Pour les définitions de  $I_1$ ,  $r^1$ ,  $r^2$ ,  $r^3$ ,  $k^3$ ,  $k^4$  et  $k^5$  voir la section 2.1.4

$k^6$  représente les sources internes à l'entreprise ou au groupe :  $k^1 \cup k^4$ . (oui, non).

$co$  représente la coopération pour l'innovation (oui, non).

$p$  représente les aides financières publique à l'innovation (oui, non).

$h$  représente les projets d'innovation en cours ou abandonnés (oui, non).

$n$  représente les dépôts de brevets (oui, non).

N indique le nombre d'entreprises qui ont répondu à la question

% est le pourcentage de "oui".

TAB. 2 – Les indicateurs de l'innovation



elles coopèrent de manière formelle une fois sur quatre avec d'autres entreprises ou organismes pour innover.

Nous remarquons ainsi que les projets d'innovation qui ont pris du retard, qui ont été abandonnés, qui n'ont pas pu démarrer ou qui ont connu d'autres difficultés importantes ont diminué en passant de CIS2 à CIS3 alors que les soutiens financiers publics pour les activités innovatrices ont augmenté au cours de la même période.

### 3.3 La persistance de l'innovation

Le tableau 2 montre une certaine stabilité temporelle des indicateurs d'innovation même si l'on restreint l'analyse aux entreprises qui ont été interrogées dans les deux enquêtes (CIS). Le tableau 2, toutefois, ne donne que des informations en termes moyens d'une telle stabilité : on pourra par exemple affirmer que, dans les deux périodes analysées, presque la moitié des entreprises qui ont répondu aux questionnaires ont introduit sur le marché une innovation de produit ou de procédé ; en revanche, on ne pourra rien dire sur le comportement individuel des entreprises ou, en d'autres termes, on ne pourra pas dire si l'innovation provient des mêmes entreprises (Romer, 1990 ; Aghion *et al.*, 1997) ou si plutôt, l'existence d'un processus de destruction créatrice (Aghion et Howitt, 1992) produit un renouvellement continu des entreprises innovantes.

L'analyse par tableau de contingence sur l'intersection de CIS3 et CIS2, i.e. CIS, permet, au contraire, d'isoler ce comportement individuel. Si les lignes et les colonnes du tableau contiennent les modalités de la même variable observée sur les deux périodes d'enquête, on obtiendra un tableau du type :

	$I_{1994-96}$	non	oui
$I_{1998-2000}$			
non		$N_{00}$	$N_{10}$
oui		$N_{01}$	$N_{11}$

et on pourra définir un coefficient de persistance ou de stabilité temporelle par  $S = N_{00} + N_{11} / N_{00} + N_{10} + N_{01} + N_{11}$  avec  $0 \leq S \leq 1$ . Bien évidemment S indiquera la part des entreprises qui ont pris la même décision d'innovation dans les deux périodes. Mais on pourra aussi définir un coefficient de stabilité "positive" défini par  $SP = (S | I_{1994-96} = \text{"oui"}) = N_{11} / N_{10} + N_{11}$  qui mesurera la part des entreprises qui ont mis en oeuvre une innovation ou utilisé une certaine source d'innovation en 1998-2000, sachant qu'elles ont innové ou utilisé la même source en 1994-96. Il sera par conséquent possible de construire un indicateur "négatif" en restreignant l'analyse aux entreprises qui ont répondu "non" en 1994-96 :  $SN = (S | I_{1994-96} = \text{"non"}) = N_{00} / N_{00} + N_{01}$ .

Le tableau 3 montre que l'innovation a été très persistante dans les deux périodes : le deux tiers des entreprises qui ont mis en oeuvre une innovation en 1994-96, l'ont fait aussi en 1998-2000 ; de plus sept entreprises sur dix qui n'ont pas innové en 1994-96, ne l'ont pas fait non plus en 1998-2000.

VARIABLE	S	SP	SN
$I_1$ (mise en oeuvre d'une innovation)	0,67	0,64	0,7
$r^1$ (R&D interne)	0,76	0,82	0,71
$r^2$ (R&D externe)	0,82	0,66	0,84
$r^3$ (dépenses autres que R&D)	0,52	0,71	0,34
$k^6$ (sources interne à l'entreprise ou au groupe)	0,86	0,96	0,33
$k^3$ (sources de marché)	0,88	0,96	0
$k^4$ (sources institutionnelles)	0,71	0,57	0,76
$k^5$ (autres sources)	0,72	0,9	0,33
$co$ (cooperation pour l'innovation)	0,77	0,33	0,81
$p$ (aides publiques à l'innovation)	0,85	0,28	0,95
$h$ (projets en cours ou abandonnés)	0,65	0,28	0,85
$n$ (dépôts de brevets)	0,87	0,5	0,89

Echantillon de 79 entreprises

S indique le coefficient de stabilité

SP indique le coefficient de stabilité positive

SN indique le coefficient de stabilité négative

TAB. 3 – La persistance de l'innovation

Par ailleurs, on obtient les mêmes indications pour les sources d'innovation les plus formalisées, comme la recherche et développement, l'acquisition de brevets et de licences.

L'utilisation des sources informelles telles que les sources internes à l'entreprise ou au groupe, les sources de marché et les autres sources de connaissances telles que conférences, journaux scientifiques ou foires, a été encore plus stable avec un coefficient de stabilité positif souvent supérieure à 0,9.

A cette forte stabilité de la mise en oeuvre des innovations et de l'utilisation des sources d'innovation s'oppose la faible persistance des autres indicateurs de l'activité innovatrice : moins d'une entreprise sur trois qui avait déposé des brevets, ou recouru à la coopération ou à des aides publiques en 1994-96, l'a fait aussi en 1998-2000. En revanche plus de huit entreprises sur dix qui ont répondu négativement à ces questions, dans la première période, ont encore répondu négativement dans la deuxième.

## 4 Résultats

### 4.1 Le modèle statique

#### 4.1.1 La fonction d'innovation

L'analyse des différents types d'innovations montre que les entreprises de services n'utilisent pas les mêmes sources de connaissances pour réaliser leurs différents types d'innovations. Les résultats de l'estimation du modèle logit sont présentés dans le tableau 4.

Les innovations "tout court" ( $I_1$ ) sont réalisées par les entreprises qui, dans l'ensemble, font de la recherche formelle et qui recourent aux brevets et aux licences; les changements organisationnels et la dimension internationale de l'entreprise jouent aussi un rôle important. Parmi les sources informelles, seulement celles de nature institutionnelle contribuent à la mise en oeuvre d'une innovation.

La décomposition des innovations selon leur type - innovation de produit ou de procédé - ou selon leur nature - technologique ou non technologique- montre des différences marquées.

Les innovations de produit ( $I_2$ ) sont réalisées par les entreprises qui recourent à la recherche formelle interne à l'entreprise, à des marchés internationaux et qui mettent en place des changements d'organisation. Au contraire, l'innovation de procédé ( $I_3$ ) repose sur la recherche externe à l'entreprise et sur des sources moins formalisées telles qu'institutionnelles et internes à l'entreprise. L'acquisition de brevets et licences joue en rôle significatif dans les deux types d'innovation. De plus, la probabilité de mettre en place une innovation de produit et de procédé en même temps ( $I_4$ ) augmente avec le recours à toutes les sources qui jouent un rôle dans la mise en oeuvre d'une innovation de produit et de procédé séparément.

La mise en oeuvre d'une innovation technologique ( $I_5$ ) est liée à l'utilisation des sources les plus formalisées telles que la recherche interne et externe et l'acquisition de brevets et licences alors que la recherche non technologique ( $I_6$ ) repose sur les changements d'organisation et les sources informelles internes à l'entreprise. Les changements organisationnels, toutefois, ne jouent pas un rôle sur la mise en oeuvre des innovations technologiques et non technologiques en même temps ( $I_7$ ).

Dans l'ensemble on constate également que les externalités jouent un rôle significatif. Les Brevets et les licences achetés par l'entreprise jouent un rôle de premier plan dans l'élaboration des innovations : elles sont, en effet, significatives dans tous les types d'innovation sauf dans celles non technologiques de procédé ( $I_{11}$ ). Au contraire les sources informelles internes au groupe, ou en provenance du marché ne sont jamais significatives.

Il nous reste maintenant à savoir quelles sont les performances auxquelles ces types d'innovations permettent de parvenir.

### 4.1.2 Innovation et productivité

La diffusion des connaissances s'accompagne t-elle de gains de productivité via la mise en oeuvre des innovations ?

Les résultats sont donnés dans le tableau 5 qui compare deux méthodes d'estimation. La première méthode est celle dite "en deux étapes" qui tient compte, d'une part, du caractère qualitatif de l'innovation et, d'autre part, de la simultanéité de la productivité et de l'innovation (i.e., l'innovation est endogène). La deuxième méthode, celle des moments généralisés, suppose que l'innovation est endogène mais pas qu'elle est de type logit. Il s'agit de l'estimation la plus robuste.

Dans l'ensemble, il apparaît que la méthode d'estimation choisie n'est pas cruciale pour mettre en évidence les effets de l'innovation sur la productivité : les méthodes en deux étapes et des moments généralisés fournissent, en effet, des résultats cohérents.

Globalement, on peut conclure à un effet significatif de l'innovation sur la productivité, qui serait de l'ordre de 0,3 : puisque la fonction de production estimée présente des rendements d'échelle constants, à une augmentation de un pour cent de la probabilité de mise en oeuvre d'une innovation correspondra une augmentation de la productivité des facteurs de production de 0,3 pour cent.

La mise en oeuvre d'une innovation technologique a un effet sur la productivité de plus grande ampleur que celle d'une innovation non technologique. En revanche, les innovations de produit et de procédé conduisent à des gains de productivité assez proches.

## 4.2 Le modèle dynamique

Dans cette section, nous chercherons de répondre à deux questions.

L'innovation est-elle persistante ou, en d'autres termes, la mise en oeuvre d'une innovation en 1994-96 fait-elle augmenter la probabilité d'innover en 1998-2000 ?

L'innovation a-t-elle un effet de court terme ou de moyen-long terme sur la productivité ?

Le premier résultat est que l'innovation présente une forte persistance : le tableau 6 montre, en effet, que la mise en oeuvre d'un nouveau service ou procédé en 1994-96 est statistiquement significative dans l'équation d'analyse de l'innovation relative à la période 1998-2000.

Le deuxième résultat porte, en revanche, sur la constatation que seule l'innovation présente a un effet sur la productivité (tableau 7), ce qui suggère qu'un tel effet soit substantiellement un phénomène de court terme.

Type d'innovation	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	$I_6$	$I_7$	$I_8$	$I_9$	$I_{10}$	$I_{11}$
<i>Régresseurs</i>											
$l_{96}$ (employés en 1996)											
$m$ (marché, référence=régional)											
- Mondial	+	++						++	+		*
- Européen											
- National											
$a$ (secteur, référence=ingénierie)											
-Analyse de données	++	++		++						**	
-Télécommunications	++	++		++		+	+++		++		
- Réalisation de logiciels											
- Essais et analyses techniques	+			++		++	+++		+++		
- Conseil en systèmes informatiques											
- Réparation de matériel inform.	***	**		***			***				
$\tau^1$ (pression de la demande, référence=non)											
- oui											
$\tau^2$ (progrès technologique, référence=non)											
- oui		*	+								
$\tau^3$ (progrès technologique, référence=non)											
- oui											
$O$ (changements organisat., référence=non)											
- oui	++	+++		+++		+++		++	+++		++
$r^1$ (R&D interne, référence=non)											
- oui	+++	+++		+++	+++		+++	+++			
$r^2$ (R&D externe, référence=non)											
- oui	++		+++	+++	+++	+	+++	++		++	+
$r^3$ (autres dépenses, référence=non)											
- oui	+++	+++	+++	+++	+++		+++	+++	++	+++	
$k^1$ (sources interne, référence=non)											
- oui	++		+++	++	+	++	+++		+	++	
$k^2$ (sources du group, référence=non)											
- oui											
$k^3$ (sources de marché, référence=non)											
- oui											
$k^4$ (sources institution., référence=non)											
- oui	++		++	++							++
$k^5$ (autres sources, référence=non)											
- oui			**	***	*					***	
+++ , ++ , + : effet positif et significatif au seuil de 1, 5 et 10%.											
** , ** , * : effet positif et significatif au seuil de 1, 5 et 10%.											

TAB. 4 – Les fonctions d'innovations

	Modèle	1	2	3
<b>Méthode en deux étapes</b>				
I <sub>1</sub> (innovation « tout court »)		0,28***		
I <sub>2</sub> (innovation de produit)			0,31***	
I <sub>3</sub> (innovation de procédé)			0,26**	
I <sub>5</sub> (innovation technologique)				0,49***
I <sub>6</sub> (innovation non technologique)				0,21***
<b>Moments généralisés</b>				
I <sub>1</sub> (innovation « tout court »)		0,24***		
I <sub>2</sub> (innovation de produit)			0,33***	
I <sub>3</sub> (innovation de procédé)			0,24***	
I <sub>5</sub> (innovation technologique)				0,44***
I <sub>6</sub> (innovation non technologique)				0,19***

\*\*\* et \*\* : significatifs au seuil de 1 et 5%.

Modèle 1 :  $y = Xb + \gamma_1 I_1 + u$

Modèle 2 :  $y = Xb + \gamma_2 I_2 + \gamma_3 I_3 + u$

Modèle 3 :  $y = Xb + \gamma_5 I_5 + \gamma_6 I_6 + u$

TAB. 5 – Mise en oeuvre des innovations et productivité

Régresseurs	Modèle	A (éq. 5.5)	B (éq. 5.6.A)	C (éq. 5.6.B)
$l_{94}$ (employés en 1994)		/	/	/
$l_{96}$ (employés en 1996)		/	/	/
$a$ (secteur, référence=ingénierie)		/	/	/
-Analyse de données		/	/	/
-Télécommunications		/	/	/
-Réalisation de logiciels		/	/	/
-Conseil en systèmes informatiques		/	/	/
-Réparation de matériel inform.		/	/	/
$r^1_{CIS2}$ (R&D interne en 1994-96, référence=non)		+++	/	/
- oui			/	+++
$r^2_{CIS2}$ (R&D externe en 1994-96, référence=non)			/	/
- oui			/	++
$I_{CIS2}$ (mise en œuvre d'une innovation en 1994-96, référence=non)		/	/	/
- oui		/	++	/
$r^1_{CIS3}$ (R&D interne en 1998-2000, référence=non)		/	/	/
- oui		/	+++	+++
$r^2_{CIS3}$ (R&D externe en 1998-2000, référence=non)		/	/	/
- oui		/	/	/

+++, ++, + : effet positif et significatif au seuil de 1, 5 et 10%.  
 \*\*, \*, \* : effet positif et significatif au seuil de 1, 5 et 10%.

Echantillon de 79 entreprises.

Estimation d'un modèle logit par maximum de vraisemblance.

+++, ++, + : effet positif et significatif au seuil de 1, 5 et 10%.

/ indique que la variable ne rentre pas dans la régression.

Modèle A :  $I^*_{CIS2} = c_0 + c_1l_{94} + c_2a + c_3r^1_{CIS2} + c_4r^2_{CIS2} + v$

Modèle B :  $I^*_{CIS3} = c_0 + c_1l_{96} + c_2a + c_3r^1_{CIS3} + c_4r^2_{CIS3} + \lambda I_{CIS2} + \epsilon$

Modèle C :  $I^*_{CIS3} = c_0 + c_1l_{96} + c_2a + c_3r^1_{CIS3} + c_4r^2_{CIS3} + c_5r^1_{CIS2} + c_6r^2_{CIS2} + \epsilon$

TAB. 6 – Les fonctions d'innovations dynamiques

	Modèle	B	C
<b>Méthode en deux étapes</b>			
$I_{CIS3}$ (innovation « tout court » en 1998-2000)		0,24***	0,22***
$I_{CIS2}$ (innovation « tout court » en 1994-96)		0,02	0,07
<b>Moments généralisés</b>			
$I_{CIS3}$ (innovation « tout court » en 1998-2000)		0,21***	0,19***
$I_{CIS2}$ (innovation « tout court » en 1994-96)		0,02	0,04

+++ : effet positif et significatif au seuil de 1%.

TAB. 7 – Mise en oeuvre des innovations et productivité dans un cadre dynamique

## 5 Conclusion

Dans cet article, suivant les contributions de Crépon, Duguet et Mairesse (1998) et de Duguet (2002), nous proposons une approche structurelle qui cherche à faire le lien entre les travaux visant à étudier la fonction d'innovation et ceux sur l'évaluation des effets de l'innovation. Pour ce faire, nous avons utilisé les données provenant de la deuxième et de la troisième enquêtes communautaires sur l'innovation, réalisées auprès des entreprises de services françaises. Les nouveautés apportées par notre contribution sont, d'une part, liées au choix du secteur des services et, d'autre part, dues à l'estimation d'un modèle qui établit des liens dynamiques entre les sources d'innovation, la mise en oeuvre des innovations et la productivité des entreprises, comme le suggèrent, par exemple, Crépon, Duguet et Mairesse (1998), "*in particular one should try to gather firm panel data, which will be richer than our mainly cross-sectional data here, and to implement a dynamic model, which could give a better description of the complex relations between research, innovation and productivity*" (Crépon Duguet et Mairesse, 1998, p.16).

Pour estimer le modèle, suivant Duguet (2002), nous avons utilisé deux méthodes : la première méthode consiste à effectuer une estimation en deux étapes, qui peut être vue comme un choix particulier de recourir à la méthode des variables instrumentales pour expliquer la variable d'innovation, alors que la deuxième estime directement l'équation de productivité par la méthode des moments généralisés. La méthode en deux étapes autorise l'étude des déterminants de l'innovation mais elle impose l'hypothèse que la perturbation de l'équation d'innovation suive une loi logistique, alors que l'estimation par les moments généralisés, demandant des hypothèses moins contraignantes, est plus robuste mais elle ne permet pas l'estimation de la fonction d'innovation, ce qui limite son pouvoir explicatif.



Les résultats montrent que, dans l'ensemble, les entreprises de services n'utilisent pas les mêmes sources de connaissances pour réaliser leurs différents types d'innovations; par exemple, la mise en oeuvre d'une innovation technologique est liée à l'utilisation des sources les plus technologiquement formalisées alors que la recherche non technologique repose sur les changements d'organisation et des sources informelles internes à l'entreprise. On constate également que les brevets et les licences jouent un rôle important sur la productivité.

L'estimation de l'équation de productivité indique que l'effet de l'innovation sur la productivité des entreprises est de l'ordre de 0,3. On constate aussi que les innovations technologiques ont un effet sur la productivité de plus grande ampleur que ceux d'une innovation non technologique alors que les innovations de produits et de procédés conduisent à des gains de productivité assez proches.

Après avoir constaté une forte persistance des décisions liées à la mise en oeuvre des innovations, les résultats obtenus à partir du modèle dynamique indiquent que les innovations mises en oeuvre dans le passé jouent un rôle important sur la détermination des innovation dans le temps présent (dans notre analyse, le décalage temporel entre les deux observations est de quatre ans). En dernier lieu, nos résultats indiquent que l'effet de la mise en oeuvre d'une innovation sur la productivité s'estompe assez rapidement dans le temps. Nous trouvons donc qu'une innovation mise en oeuvre dans le passé contribue à la productivité seulement via son rôle dans la mise en oeuvre d'une innovation au temps présent.

En dernier lieu, nous remarquons la taille réduite de l'échantillon utilisé pour l'analyse dynamique, en se restreignant aux entreprises interrogées dans les deux enquêtes. On peut dès lors se poser la question sur l'éventualité d'interroger dans les prochains questionnaires un large éventail commun d'entreprises afin de pouvoir mettre à profit la dimension temporelle des données.

## Références

- [1] Arrow, K. (1962), “The economic implications of learning by doing”, *Review of Economic Studies*, 29, 155-73.
- [2] Cohen W., S. Klepper, (1996), “A reprise of size and R&D”, *Economic Journal*, 106, 925-951.
- [3] Crépon B., E. Duguet, (1997), “Estimating the knowledge production function from patent numbers : GMM on count panel data with multiplicative errors”, *Journal of Applied Econometrics*, vol. 12.
- [4] Crépon, B., E. Duguet, I. Kabla, (1996), “A moderate support to Schumpeterian conjectures from various innovation measures”, In A. Kleinknecht éd., *Determinants of innovation : the message from new indicators*, Mc Millan, Londres.
- [5] Crépon B., E. Duguet, J. Mairesse, (1998), “Research Investment, Innovation and Productivity : an Econometric Analysis”, *Economics of Innovation and New Technology*, 7, 115-158.
- [6] Crépon B, J. Mairesse, (1993), “Productivité, recherche-développement et qualifications”. In Guélléc éd., *Innovation et Compétitivité. INSEE-Méthodes*, n°37-38, *Economica*, 181-221.
- [7] Crépon B, N. Iung, (1999), “Innovation, emploi et performances”, INSEE document de travail n°G9904.
- [8] Curtis, D.C.A., Murthy, K.S.R. (1998), “Economic Growth and Restructuring : A Test of Unbalanced Growth Models - 1977-1992 ”, *Applied Economics Letters*, 777-780.
- [9] Davidson R., J., Mc Kinnon, (1981), “Several tests for model specification in the presence of alternative hypotheses”, *Econometrica*, 49,vo. 49, 781-793.
- [10] Djellal F., C. Gallouj et F. Gallouj, (2001), “Rapport sur la R&D dans les services”, Rapport pour le ministère de l'Éducation nationale et de la recherche.
- [11] Duguet E, I. Kabla, (1999), “Appropriation strategy and the motivations to use the patent system in France : an econometric analysis at the firm level”, *Annales d'Economie et de Statistique*, n° 49-50, pp. 289-327.
- [12] Duguet E, N. Greenan, (1997), “Le biais technologique : une étude économétrique sur données individuelles”, *Revue Economique* 48-(3), 1061-1089.
- [13] Duguet E, N. Iung, (1997), “An econometric analysis of patent life and value at the firm level”, Document de travail INSEE.
- [14] Duguet E., (1996), “Investissement en recherche et développement, innovation et productivité : une analyse économétrique de l'industrie manufacturière française”, Thèse de Doctorat, Université de Paris I Panthéon-Sorbonne, 22 Novembre.
- [15] Duguet E., (2002), “Knowledge Diffusion, Technological Innovation and TFP Growth at the Firm Level : Evidence from French Manufacturing”, EUREQua. Cahiers de la MSE. Université de Paris I.

- [16] Duguet E., S. Monjon, (2002), “Creative Destruction and Innovative Core : Is Innovation Persistent at the Firm Level? An empirical reexamination from CIS data comparing the propensity score and regression methods”, papier no. 68, Royal Economic Society, Conférence annuelle.
- [17] Gouriéroux C, A. Monfort, (1989), *Statistique et modèles économétriques*. Economica, coll. ENSAE.
- [18] Gouriéroux C., (1989), *Econométrie des variables qualitatives*. Economica, coll. ENSAE.
- [19] Griliches Z. and W. Jorgenson, (1966), “Capital theory : technical progress and capital structure”, *American Economic Review* LVI(2), 50-61.
- [20] Griliches Z., (1990), “Patents Statistics as Economic Indicators : A Survey”, *Journal of Economic Literature*, 28,1661-1707.
- [21] Griliches Z., (1996), “The discovery of the residual : a historical note”. *Journal of Economic Literature*, XXXIV, 1324-1330.
- [22] Griliches, Z., (1979), “Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth”, *The Bell Journal of Economics*, Spring 1979, . 92-116.
- [23] Griliches, Z., (1980), “Returns to R&D Expenditures in the Private Sector“, dans Kendrick, K.W. and Vaccara, B. (eds.) *New Developments in Productivity Measurement* (Chicago University Press).
- [24] Griliches, Z., (1986), “Productivity, R&D and Basic Research at the Firm Level in the 1970s”, *American Economic Review*, 76, 141-154.
- [25] Griliches, Z., (1988), “Productivity Puzzles and R&D : Another Non-explanation”, *Journal of Economic Perspectives*, 2, 9-21.
- [26] Griliches, Z., (1989), “Patents : Recent Trends and Puzzles”, *Brookings Papers : Microeconomics*, 291-300.
- [27] Griliches, Z., (1991), “The Search for R&D Spillovers”, NBER Working Paper, No. 3768.
- [28] Griliches, Z., F. Lichtenberg, (1984), “R&D and Productivity Growth at the Industry Level : Is There Still a Relationship?”, dans Griliches, Z. ed. *R&D, Patents and Productivity* (Chicago :University of Chicago Press).
- [29] Griliches, Z., J. Mairesse, (1983), “Comparing Productivity Growth : an Exploration of French and US Industrial and Firm Data”, *European Economic Review*, 61, 324-9.
- [30] Griliches, Z., J. Mairesse, (1984), “Productivity and R&D at the Firm Level”, in Griliches, Z. ed. *R&D, Patents and Productivity* (Chicago :University of Chicago Press).
- [31] Griliches, Z., J. Mairesse, (1986), “R&D and Productivity Growth : Comparing Japanese and US Manufacturing Firms”, NBER Working Paper No. 1778.
- [32] Griliches, Z., J. Mairesse, (1990), “R&D and Productivity Growth : Comparing Japanese and US Manufacturing Firms”, dans Hulten, C. ed. *Productivity Growth in Japan and the United States* (Chicago :University of Chicago Press).

- [33] Griliches, Z., J. Mairesse, (1995), "Production functions : the search for identification", NBER working paper 5067.
- [34] Hall, B., J. Mairesse, (1995), "Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms", *Journal of Econometrics*, 65(1), 263-294.
- [35] Hansen, L. (1982), "Large sample properties of generalized method of moments estimators", *Econometrica*, 50, 1029-54.
- [36] Mairesse J, M. Sassenou, (1991), "R&D and productivity : a survey of econometric studies at the firm level", *STI Review*, OCDE, n°7, 131-147.
- [37] Mairesse J, P. Mohnen, (1990), "Recherche-développement et productivité : un survol de la littérature économétrique", *Économie et Statistique*, n°237-238, 99-108.
- [38] Mairesse J., (1977), "Deux essais d'estimation du taux moyen de progrès technique incorporé au capital", *Annales de l'INSEE*, n°28, 39-75.
- [39] Nelson R., S. Winter (1982), "An Evolutionary Theory of Economic Change", The Bellknapp Press of Harvard University Press, Cambridge, MA.
- [40] Pakes, P., Z., Griliches, (1984), "Patents and R&D at the Firm Level : A First Look", in : Griliches, Z. (ed.), *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago, 55-71.
- [41] Rosenberg N. (1976), "Perspectives on Technology", Cambridge UP.
- [42] Schumpeter, J.A., (1942), "Capitalism, Socialism and Democracy", New York : Harper.
- [43] Smith R., (1992), "Non-nested tests for competing models estimated by the generalized method of moments", *Econometrica* 60 ; 973-980.
- [44] White H., (1980), "A heteroskedasticity consistent covariance matrix estimator and a direct test of heteroskedasticity", *Econometrica*, 48, 817-838.
- [45] White H., (1982), "Instrumental variables regression with independent observations. *Econometrica*", 50, 483-499.

## A Les enquêtes communautaires sur l'innovation

La première enquête communautaire sur l'innovation, CIS1, réalisée en 1991 sur les bases méthodologiques de la première version du Manuel d'Oslo, couvre uniquement le secteur manufacturier et, pour cette raison, est exclue de notre analyse.

C'est à partir de la deuxième enquête, CIS2, que la couverture sectorielle est élargie au secteur des services. Cette enquête, réalisée par le SESSI, couvre la période 1994-96 alors que la troisième, réalisée par l'INSEE, porte sur la période 1998-2000.

### A.1 Couverture sectorielle

La couverture des deux enquêtes conçues pour les entreprises de services est limitée seulement à ce secteur d'activité, puisque ces enquêtes ne présentent pas une limitation en termes de la taille de l'entreprise comme c'est le cas des enquêtes réalisées sur l'industrie.

Tous les services publics sont exclus de l'analyse comme le sont aussi les secteurs Hôtels et restaurants, Services auxiliaires des transports, Intermédiation financière, Assurance, Auxiliaires financiers, Location sans opérateur et Recherche et développement.

Par ailleurs, comme la figure 6 le montre, la troisième enquête impose de plus fortes restrictions sectorielles en excluant tous les types de transports et montrant la volonté de n'analyser que les secteurs à forte composante technologique.

Toutefois, si l'on regarde les restrictions sectorielles d'une manière plus précise, autrement dit en se référant aux classes à trois chiffres (tableau 8) on se rend compte que certains secteurs ne sont inclus que partiellement. C'est le cas de Postes et télécommunications (NACE=64) pour CIS2 et des Autres services fournis aux entreprises (NACE=74) pour les deux enquêtes communautaires.

### A.2 Le questionnaire

Selon plusieurs auteurs, la deuxième enquête communautaire sur l'innovation serait inspirée de la deuxième version du Manuel d'Oslo, alors que la troisième enquête serait le résultat d'une reconsidération des services faite par EUROSTAT et l'OCDE et fondée sur des travaux plus théoriques, mais qui n'a pas été non codifiée sous la forme d'un manuel (Conseil Economique du Canada, 2002).

Toutefois, cette analyse n'est pas valide par rapport aux questionnaires français. En effet, comme il est montré dans les figures 7 et 8, même si les deux enquêtes retiennent certaines des grandes dimensions proposées dans le Manuel d'Oslo (objectifs, sources, obstacles), c'est seulement dans la troisième qu'il y a une distinction entre innovation de produit et de procédé. De plus la deuxième enquête ignore toutes sortes de changements organisationnels.

Par ailleurs, dans le questionnaire CIS3, on retrouve les concepts d'innovation technologique de produit et de procédé, d'innovation organisationnelle et de niveau minimal d'entrée jusqu' au stade "nouveau pour la firme" présents dans la deuxième version du Manuel d'Oslo.

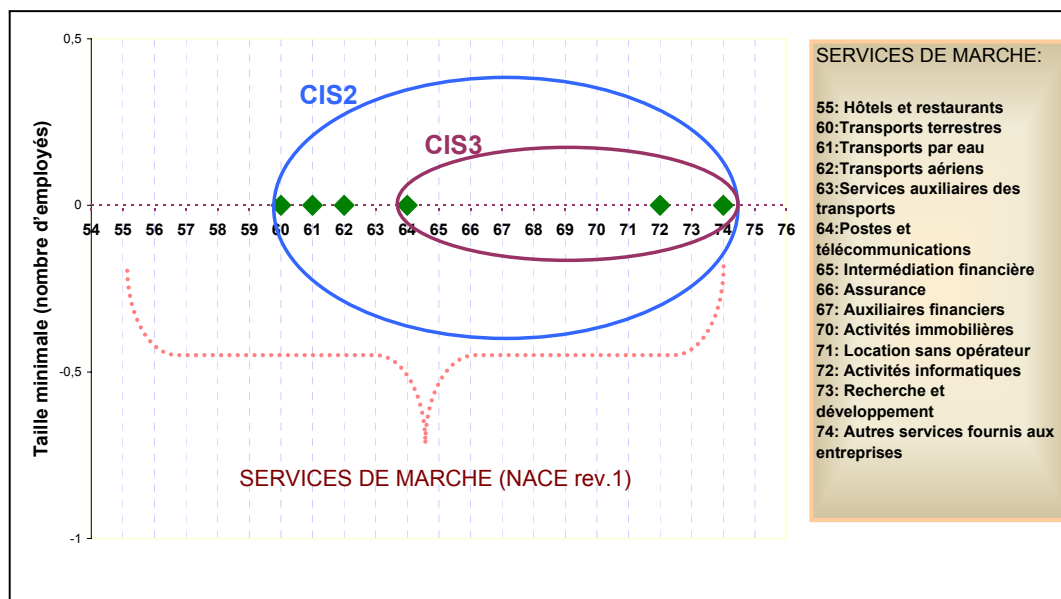


FIG. 6 – Couverture sectorielle dans CIS2 et CIS3

NACE	SECTEUR	CIS2	CIS3
60.1	Transports ferroviaires	*	
60.2	Transports urbains et routiers	*	
61.1	Transports maritimes et côtiers	*	
61.2	Transports fluviaux	*	
62.1	Transports aériens réguliers	*	
62.2	Transports aériens non réguliers	*	
64.1	Activités postales		*
64.2	Télécommunications	*	*
72.1	Conseil en systèmes informatiques	*	*
72.2	Réalisation de programmes et de logiciels	*	*
72.3	Traitement de données	*	*
72.4	Activités de banques de données	*	*
72.5	Entretien et répar. de matériel informatique	*	*
72.6	Autres activités rattachées à l'informatique		
74.1	Conseil et assistance fournis aux entreprises		
74.2	Activités d'architecture et d'ingénierie	*	*
74.3	Essais et analyses techniques		*
74.4	Publicité		
74.5	Sélection et fourniture de personnel		
74.6	Enquêtes et sécurité		
74.7	Nettoyage industriel		
74.8	Services divers fournis principalement aux entreprises		

TAB. 8 – Secteurs inclus dans CIS2 et CIS3

## B L'interprétation des coefficients de la régression logistique

Pour interpréter les paramètres issus du modèle logit - étant non linéaire - il est possible de calculer la variation de la probabilité d'innover dû à l'avoir utilisé un certain input d'innovation (indexé par  $i$ ) :

$$\Delta \hat{p}_i = \hat{p}(I = 1 \mid z_i = 1; Z = \bar{Z}) - \hat{p}(I = 1 \mid z_i = 0; Z = \bar{Z}) \quad (6)$$

Pour ce faire, les variables contenues dans la matrice  $Z$  doivent être fixées à une certaine valeur de référence : la moyenne ou la médiane pour les variables quantitatives et une certaine catégorie (celle modale, par exemple) pour les variables qualitative. Ici,  $l_{96}$ , a été fixé à sa valeur médiane alors que pour les variables dichotomiques la valeur de référence à été fixée à zéro :

$$\Delta \hat{p}_i = \frac{\exp[\hat{c}_0 + (\hat{c}_a) + \hat{c}_i l_{96} med + \hat{c}_i]}{1 + \exp[\hat{c}_0 + (\hat{c}_a) + \hat{c}_i l_{96} med + \hat{c}_i]} - \frac{\exp[\hat{c}_0 + (\hat{c}_s) + \hat{c}_i l_{96} med]}{1 + \exp[\hat{c}_0 + (\hat{c}_s) + \hat{c}_i l_{96} med]} \quad (7)$$

où  $c_0$  est la constante du modèle et  $c_a$  est la constante spécifique au secteur de référence. Les résultats de nos estimations, toutefois, donnent  $\hat{c}_i l_{96} med \simeq 0$ , ce qui implique que la variation de probabilité estimée,  $\Delta \hat{p}_i$ , n'est fonction que de  $\hat{c}_0, \hat{c}_a$  et  $\hat{c}_i$  ; En plus les écarts types de  $\hat{c}_0$  et  $\hat{c}_a$  ont été assez élevés. Nous avons donc choisit de ne pas utiliser les variations de probabilité pour interpréter les coefficients de la régression logistique.

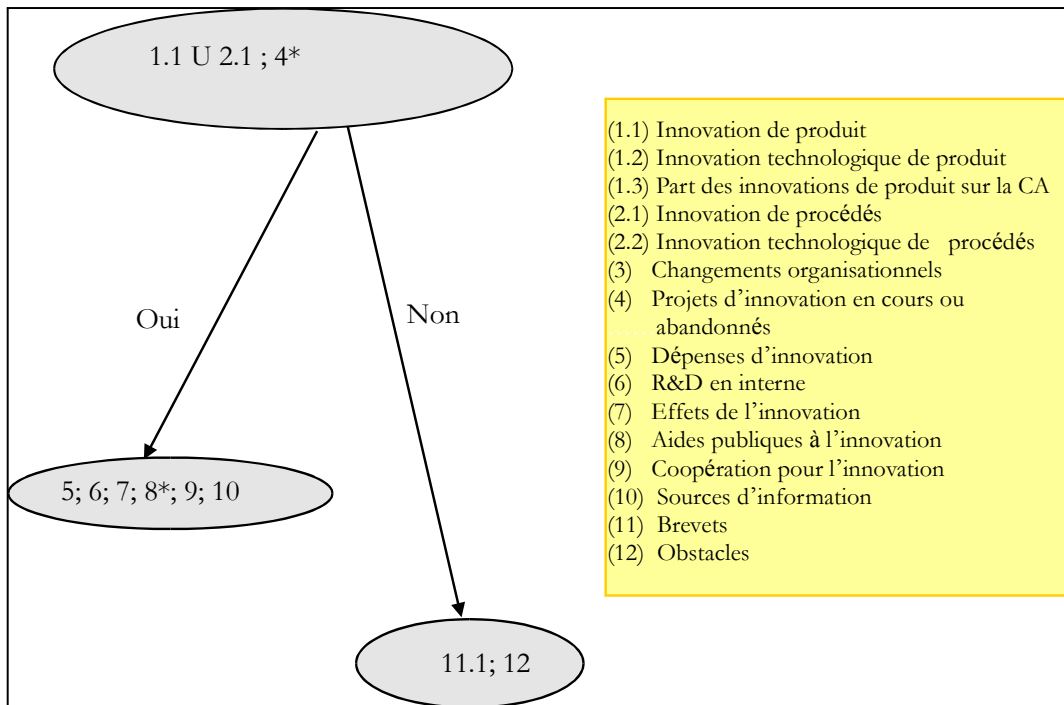


FIG. 7 – Structure logique du questionnaire CIS2

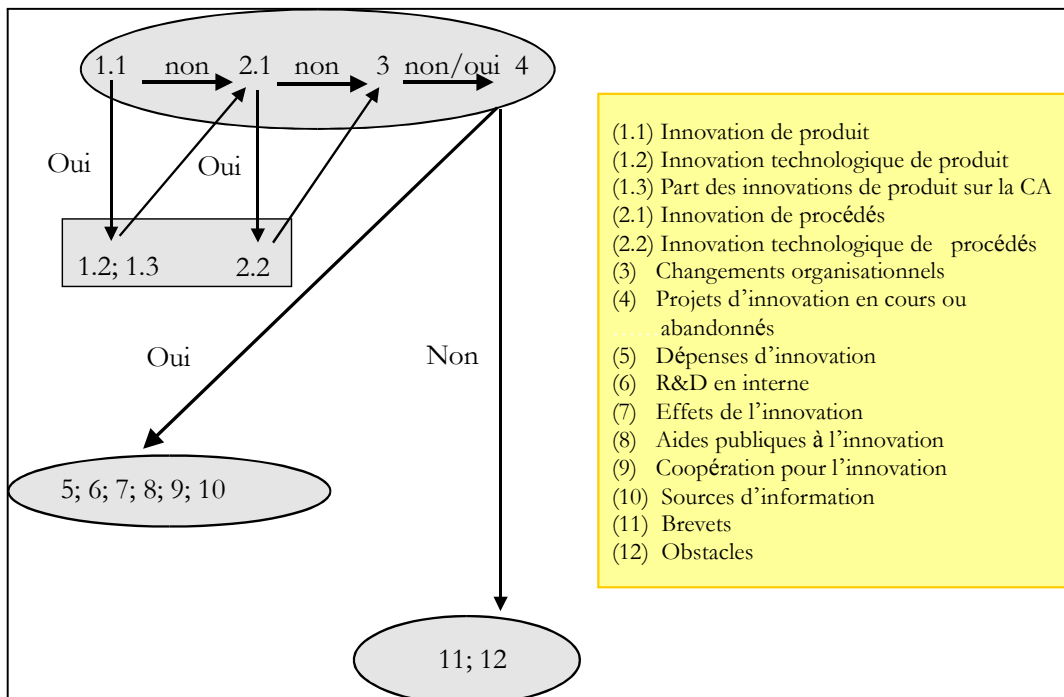


FIG. 8 – Structure logique du questionnaire CIS3