Les déterminants industriels et spatiaux
du processus d'adoption de technologies :
Le cas des systèmes de traçabilité dans les firmes
industrielles françaises

*Industrial and spatial determinants in the technology
adoption process:
The case of electronic traceability systems
in the French industrial firms*

Danielle Galliano^{1*} et Luis Orozco²

¹*Institut National de la Recherche Agronomique (INRA-AGIR),
BP 52627, 31326 Castanet Tolosan cedex, France.*

²*Université de Toulouse, UT1, LEREPS,
21, allée du Brienne, 31042, Toulouse cedex, France.*

Résumé

L'objectif de cet article est d'analyser les facteurs qui influencent le comportement d'adoption d'un système informatisé de traçabilité par les firmes industrielles françaises et plus spécifiquement le rôle respectif de leurs environnements industriels et spatiaux. La traçabilité des produits, ou capacité d'identifier l'évolution des produits le long des filières industrielles, est devenue un important outil de gestion de la qualité mais également un puissant instrument de codification des informations entre les firmes, porté par le développement des TIC. Un modèle d'adoption de technologies est testé sur une base de données originale représentative de l'industrie française. L'objectif est de

* Adresse email : galliano@toulouse.inra.fr

doi:10.3166/ges.13.135-163 © 2011 Lavoisier, Paris. Tous droits réservés.

mettre en évidence le rôle respectif des logiques industrielles et spatiales dans le comportement des firmes et de tester l'existence de spécificités sectorielles. Les résultats montrent que le processus d'adoption dépend de l'interaction entre leurs caractéristiques organisationnelles et celles de leur environnement. Des profils sectoriels d'adoption sont mis en évidence, basés notamment sur les formes très différenciées de mobilisation de l'environnement spatial.

© 2011 Lavoisier, Paris. Tous droits réservés.

Summary

The aim of this paper is to analyze the factors influencing firms' behavior, with regards to the adoption of electronic traceability systems in the French industrial firms, by taking into account the firm's sectoral and geographic environment. Traceability, or the capacity to trace a product through all stages of a supply chain, has become an important instrument to ensure quality, as well as an interesting tool for the codification of information between firms, carried by the development of ICT. A model of technology adoption is tested using original data representative of the entire French industrial sectors. The objective is to show the role played by industrial and spatial dynamics on a firm's behaviors, and to test the existence of sectoral specificities. The results evidence that the firm's adoption process depends on the complementarities between their organizational and environmental characteristics. Different adoption profiles are shown, depending on the firm's sector and on the different ways in which firms interact with its spatial environment.

© 2011 Lavoisier, Paris. Tous droits réservés.

Mots clés : traçabilité, organisation de la firme, adoption des technologies, externalités spatiales, firmes industrielles françaises

Keywords : traceability, firm's organization, technology adoption, spatial externalities, – French industrial firms

Introduction

La traçabilité des produits renvoie à la capacité d'identifier l'historique et l'évolution des produits le long des filières industrielles. Elle est devenue un important outil de gestion de la production et de la qualité des produits et un puissant instrument de codification des informations entre les firmes. L'adoption des systèmes de traçabilité se situe dans un contexte marqué par une double contrainte, celle du marché et de ses défaillances, notamment face aux demandes du consommateur, mais aussi celle des règles institutionnelles et de processus de normalisation qui se sont multipliés dans les années récentes et qui peuvent être très divers selon les secteurs et selon les pays. Elle s'inscrit dans un contexte d'internationalisation des normes ainsi que dans un contexte technologique marqué par le développement sans précédent des technologies de l'information et de la communication (TIC). Les systèmes de traçabilité ont de plus en plus besoin des TIC qui permettent de mémoriser, transférer et accumuler les informations et connaissances (Lam, 2002).

Dans ce cadre, les enjeux de la traçabilité ont été à l'origine d'une littérature souvent technique ou de nombreuses études de cas dédiées à leur mise en œuvre dans une filière

spécifique, surtout dans les industries agro-alimentaires (IAA) où les problèmes de sécurité sanitaire des aliments sont les plus prégnants¹. Ces différents travaux mettent en évidence une grande diversité sectorielle dans les sources, les enjeux et les usages de la mise en place des systèmes de traçabilité. Cette diversité des configurations sectorielles trouve aussi son origine dans leur niveau micro-économique. Or, l'analyse de ces déterminants, qui portent le comportement volontaire d'adoption² d'un système informatisé de traçabilité par les firmes, est rarement menée.

L'objectif de cet article est donc de mettre en évidence les déterminants micro-économiques du comportement d'adoption d'un système informatisé de traçabilité³ (SIT), en faisant l'hypothèse que ce comportement s'insère dans une articulation complexe et diversifiée entre les logiques industrielles et les logiques territoriales des firmes. Au-delà des caractéristiques organisationnelles internes des firmes, il s'agira de mettre en lumière le rôle respectif des logiques industrielles (formes de coordination inter-firmes, structures de marché, spillovers sectoriels, etc.) et des logiques spatiales (effets d'agglomération, économies de localisation, effets épidémiques spatiaux, etc.) dans le comportement des firmes. Notre objectif est, au-delà du modèle général, d'analyser l'existence de configurations sectorielles variées dans la mise en œuvre de la traçabilité.

Notre approche théorique s'insère dans les théories de l'innovation, qui nous permettent de dégager les fondements organisationnels du processus d'adoption des nouvelles technologies, et s'inspire plus précisément des travaux récents à l'intersection de l'économie industrielle et de l'économie spatiale (Battisti et Stoneman, 2005 ; Galliano et Roux, 2008). Pour tester les hypothèses, nous nous basons sur le cas de l'industrie française et sur les données individuelles issues de l'enquête thématique sur les « Changements Organisationnels et l'Informatisation – 2006 » réalisée par l'INSEE et le Centre d'Étude de l'Emploi (CEE)⁴. La base de données nous permet de disposer des informations concernant l'organisation interne et externe de la firme, ses pratiques en termes d'usage des TIC et de traçabilité ainsi que ses relations au territoire. Du point de vue méthodologique, nous utilisons un modèle de type probit qui nous permet d'analyser les facteurs qui influencent les choix organisationnels des firmes, en distinguant les firmes qui adoptent un système informatisé de traçabilité par rapport à celles qui n'adoptent pas.

Cet article est organisé en quatre parties. La section suivante précise notre cadre théorique, basé sur les modèles d'adoption, et les spécifications du modèle empirique. La section 3 est consacrée à la présentation de nos données, du modèle économétrique et des variables utilisées. La section 4 présente les résultats du modèle général sur l'ensemble de

¹ Voir notamment les travaux de Fabbe-Costes et Lemaire (2001), Jansen-Vullers, van Dorp, et Beulens (2003) et ACTA-ACTIA (2007).

² Le développement de la traçabilité a fortement été porté par l'évolution de la réglementation durant la dernière décennie (cf. notamment le Règlement européen 178/2002 concernant les IAA). Toutefois dans ces réglementations, il y a une obligation sur les objectifs mais pas sur les moyens : le support de la traçabilité (qui peut être notamment sous forme papier) dépendra de la décision volontaire des acteurs (cf. le cas des IAA, Charlier, 2004).

³ Un système informatisé de traçabilité peut être défini comme une combinaison complexe entre des supports techniques de codification (associés aux codes de barre et à des identifiants électroniques RFID, *Radio Frequency Identification*, cf. Briz, 2003 ; ACTA-ACTIA, 2007), couplés avec des TIC qui permettent le stockage, la gestion et le transfert des informations liées aux attributs des produits.

⁴ Voir le numéro spécial de Greenan, Guillemot et Kocoglu (2010) pour plus d'informations sur l'enquête.

l'industrie française et ceux concernant les cinq grands secteurs qui la composent avec un éclairage spécifique sur le secteur dominant en terme de traçabilité que constitue l'agro-alimentaire. La dernière section permet de faire une synthèse des principaux résultats et de conclure en termes de perspectives.

1. Logiques spatiales vs logiques industrielles dans le processus d'adoption de technologies : le cadre théorique

Le système de traçabilité associe, par définition, un flux d'information à un flux physique et permet de suivre les produits et leurs processus de transformation, à la fois au sein de la firme et le long des filières jusqu'aux consommateurs. C'est un outil de transmission des informations et de coordination entre les acteurs au sein de la firme et le long des filières industrielles.

Portés par de fortes contraintes institutionnelles⁵, par des logiques marchandes liées à la qualité et à la gestion des risques et par la demande des consommateurs, les systèmes de traçabilité ont connu d'importants développements au cours des dernières années. Ils tendent de plus en plus à être basés sur des TIC, car ces technologies facilitent l'identification, l'enregistrement et la transmission d'informations et de connaissances. Toutes les firmes n'ont cependant pas adopté un système de traçabilité informatisé⁶ et, parallèlement, les technologies utilisées et leur intensité d'usage sont diverses selon les firmes. Quels sont donc, au niveau micro-économique, les facteurs qui favorisent ou défavorisent l'adoption d'un système informatisé de traçabilité ? Après avoir précisé le cadre théorique dans la mouvance des modèles d'adoption de technologies (Battisti et Stoneman, 2005, Galliano et Roux, 2008), nous présenterons les différents déterminants du comportement d'adoption en mettant en évidence deux grands ensembles de variables liés à l'environnement interne et externe de la firme selon leur nature industrielle ou spatiale.

1.1. Cadre théorique de l'adoption d'un système de traçabilité : Les modèles d'adoption

La littérature portant sur le processus d'adoption de technologies par la firme propose différents modèles qui fournissent des cadres d'analyse de la diffusion intra firme des technologies. Dans une revue de la littérature sur les processus de diffusion, Karshenas et Stoneman (1993) organisent l'analyse autour de deux grandes familles de modèles. D'une part, les modèles d'équilibre (Battisti et Stoneman, 2005), dans lesquels la décision d'adoption par la firme est basée sur une analyse des coûts et bénéfices que la firme anticipe de l'usage de la technologie. D'autre part, les modèles d'épidémie (Mansfield, 1961), qui prennent en compte les effets des spillovers informationnels sur la diffusion

⁵ Par exemple, au delà du Règlement 178/2002 qui rend obligatoire à partir du 1^{er} janvier 2005 la traçabilité des denrées alimentaires à toutes les étapes de production, on trouve également le Règlement 2023/2006 du décembre 2006 relatif aux bonnes pratiques (dont la traçabilité) de fabrication des matériaux destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires ; ou la loi française de lutte contre la contrefaçon n° 2007-1544 du 29 octobre 2007, etc. La multiplication des règles joue un rôle important dans le comportement des acteurs (cf Isla, 2010).

⁶ Nous faisons l'hypothèse que certaines entreprises sont en mesure d'assurer un certain niveau de traçabilité en utilisant des supports papier tant qu'elles atteindront le minimum requis par les réglementations. L'introduction des systèmes informatisés de traçabilité réduit les risques et les erreurs liées à la manipulation et tris manuels des documents (Chryssochoidis et al., 2008) mais n'est pas adopté uniformément (voir le taux d'adoption des SIT très variables par secteurs, tableau 1).

des technologies⁷. Leur complémentarité est particulièrement utile pour l'analyse empirique du processus de diffusion intra-firme.

Ainsi, dans les modèles d'équilibre, la décision de l'adoption est le résultat d'un calcul économique des agents qui anticipent les coûts et les bénéfices nets qu'ils retireront de l'adoption et de l'usage de ces technologies. Dans ces modèles, l'hypothèse est que l'information sur les caractéristiques de la technologie est connue et partagée et que la différence des niveaux d'adoption entre acteurs résulte de leur hétérogénéité. Les bénéfices attendus de la technologie dépendront des caractéristiques propres des agents (« *rank effects* » ou effets de rang)⁸. Ces effets de rang portent sur les caractéristiques internes des firmes, leurs formes de coordination avec les partenaires⁹ et les caractéristiques de leur environnement. Les effets de rang renvoient au fait que les agents diffèrent par leurs caractéristiques propres ; les firmes n'ont pas toutes les mêmes caractéristiques industrielles, les mêmes contraintes technologiques ni les mêmes structures spatiales et environnement de localisation. Elles n'ont pas les mêmes besoins et donc les mêmes attentes vis-à-vis de la technologie.

Quant aux modèles épidémiques (Mansfield, 1961), ils considèrent les « *spillovers* » informationnels sur la technologie comme fondamentaux dans ce processus. Plus les adoptants sont nombreux, dans le secteur de la firme ou dans sa zone géographique, plus les adoptants potentiels disposent d'informations sur la nouvelle technologie, et plus elle se diffusera rapidement. Ces modèles font l'hypothèse qu'un utilisateur potentiel devient utilisateur par contact avec un adoptant et plus le nombre d'adoptants est grand, plus la probabilité pour un non adoptant d'être en contact avec un adoptant sera élevée et plus la probabilité d'être « contaminé » sera forte (Holleinstein, 2004). Une autre hypothèse est que la nouvelle technologie requiert l'existence d'une « source centrale » d'information et l'existence d'un mécanisme de transmission de type « bouche à oreille ». Une hypothèse implicite de ces modèles (qui est aussi une de ses principales limites) est qu'une fois la technologie est connue des individus, ceux-ci l'adoptent¹⁰. Ces effets épidémiques de voisinage peuvent être sectoriels (quand une large part des entreprises du secteur utilise la technologie) mais aussi spatiaux, relatifs au voisinage géographique.

En intégrant ces deux approches de la diffusion des technologies, Battisti et Stoneman (2003) et Galliano et Roux (2008) obtiennent des modèles d'adoption de technologies qui intègrent à la fois les effets de rang liés aux caractéristiques de la firme et les effets épidémiques.

⁷ Dans cette vaste littérature (voir Geroski, 2000), nous retrouvons aussi les modèles des externalités de réseaux (David, 1985; Farrell et Saloner, 1985; Katz et Shapiro, 1986), et les modèles des « cascades informationnelles » (Bikhchandani, Hirshleifer et Welch, 1998).

⁸ Le terme « rang » est utilisé dans ces modèles car les bénéfices nets peuvent être classifiés selon le type de firme. Les firmes qui sont classées premières vont être les premières à adopter les technologies. Karshenas et Stoneman (1993) considèrent aussi l'existence des effets de « *stock* » et d'ordre (ces derniers ne sont pas développés dans cet article), où les bénéfices de l'adoption dépendent de la position dans l'ordre d'adoption de la technologie par les agents.

⁹ Ce qui peut renvoyer aux effets d'externalité de réseau (David, 1985; Farrell et Saloner, 1985; Katz et Shapiro, 1986) où les bénéfices d'un agent en intégrant le réseau, sont corrélés positivement avec le nombre des membres du réseau. Il peut être optimal pour une firme d'adopter une technologie, simplement parce que d'autres l'ont déjà adoptée, indépendamment de l'information qu'elle peut avoir sur cette technologie (Arthur, 1989).

¹⁰ Une approche similaire, qui n'est pas abordée dans cet article, est celui des modèles de « cascades informationnelles », où les acteurs adoptent une attitude d'attente (*wait and see*) vis-à-vis du comportement d'adoption des autres acteurs (Bikhchandani, Hirshleifer et Welch, 1998).

En reprenant le modèle de Galliano et Roux (2008)¹¹ sur l'adoption des TIC, nous pouvons ainsi caractériser le processus d'adoption d'un système informatisé de traçabilité, en considérant la variable discrète binaire d_i^t qui prend la valeur 1 si l'entreprise dispose à un moment t de la nouvelle technologie et la valeur 0 sinon. Notre objectif est, dans ce cadre, de distinguer les facteurs industriels et spatiaux afin d'évaluer leurs rôles respectifs. On considère alors que la firme i dispose de la nouvelle technologie en t , i.e. $d_i^{n,t}$, si le retour espéré net par la firme (comparé à sa non-adoption) est positif :

$$\pi(x_i^t, e_i^t) = \theta(x_i^t) + f(e_i^t) > 0 \quad (1)$$

Le premier terme caractérise les bénéfices nets espérés de l'adoption $\theta(x_i^t)$, fonction des facteurs industriels et spatiaux propres à la firme ainsi que de celles de son environnement, et le second terme traduit l'existence de spillovers informationnels (industriels et spatiaux) qui peuvent inciter la firme à adopter cette nouvelle technologie dès lors qu'ils réduisent l'incertitude entourant ses caractéristiques. Ces effets épidémiques sont notés e_i^t . Notons que la firme peut choisir d'adopter la nouvelle technologie même si le premier terme (les bénéfices nets espérés) est négatif, lorsque le second terme compense l'équation. La décomposabilité du modèle nous permet ainsi d'obtenir un modèle empirique où le choix d'adoption va dépendre des effets de rang générés par les caractéristiques internes de la firme, par ses modes de coordinations externes, particulièrement importants dans l'analyse de l'adoption des SIT, et enfin par les effets environnementaux qui sont à la fois des effets de rang (environnement sectoriel et spatial des firmes) et des effets épidémiques (taux d'adoption des autres firmes de l'environnement).

1.2. Les facteurs explicatifs du comportement d'adoption d'un système informatisé de traçabilité

L'objectif de cette section est de caractériser les différents facteurs qui influencent le comportement d'adoption d'un système informatisé de traçabilité au sein de la firme. Les modèles théoriques d'adoption font apparaître deux grands ensembles de déterminants : les effets de rang régis par la dynamique interne de l'entreprise (liés aux caractéristiques internes de la firme 1.2.1 et à ses modes de coordination avec les partenaires 1.2.2) et les effets externes relatifs à la fois aux externalités propres à leur environnement sectoriel et spatial (effets de rang externes 1.2.3) et aux effets épidémiques (1.2.4). Pour ces quatre ensembles de facteurs, l'objectif est de faire apparaître les effets différenciés selon leur nature industrielle ou spatiale.

1.2.1. Les caractéristiques internes de la firme

On fait l'hypothèse que chaque firme possède des caractéristiques industrielles qui influencent ses besoins et capacités pour adopter une nouvelle technologie. Les effets de rang liés aux caractéristiques de la firme montrent que non seulement la taille mais aussi les modes de coordination jouent un rôle dans le processus de traçabilité.

Parmi les caractéristiques internes des firmes industrielles, la littérature met souvent en avant le rôle de la *taille* de l'organisation sur le processus d'adoption (Hollenstein, 2004). La grande

¹¹ Pour plus de précision sur le modèle voir Galliano et Roux (2008), pp. 427-430.

taille permet théoriquement un accès privilégié aux ressources financières, aux rendements d'échelle et à une main-d'œuvre plus diversifiée en termes de compétences. Elle favorise également l'accès à l'information sur les nouvelles technologies. La grande firme a également un pouvoir de négociation plus important par rapport à ses fournisseurs. La taille peut ainsi jouer un rôle important voire déterminer les ressources investies dans des activités de traçabilité (Rabade et Alfaro, 2006) et conditionner, comme le montrent certains auteurs (Pinto, Castro et Vicente, 2006), le développement des TIC spécifiques pour la traçabilité. Plus généralement, la littérature sur les TIC s'accorde pour montrer le rôle majeur de la taille sur l'adoption de nouvelles technologies (Mansfield, 1968 ; Karshenas et Stoneman, 1993 ; Galliano et Roux, 2006). Même si cette relation n'est pas toujours linéaire, les systèmes de traçabilité tendent à être adaptés à la taille de la firme et à sa complexité. Dans le même ordre d'idée, l'appartenance à un groupe renforce la capacité et les ressources de la firme, mais elle suggère aussi des besoins en coordination spécifiques entre les unités du groupe et leurs systèmes de traçabilité surtout si elles sont insérées dans les mêmes filières. Cet effet a été rarement testé dans la littérature.

Hyp. 1 : *La taille et l'appartenance à un groupe jouent un rôle positif dans la probabilité d'adopter un système informatisé de traçabilité.*

Le système d'information de la firme et le degré de *formalisation des pratiques* et de *codification* des informations doivent jouer un rôle important et favorable à la mise en place d'un système de traçabilité. On fait référence notamment au degré de développement du système informatique de la firme et au type d'outils informatiques utilisés qui constituent des indicateurs des choix de management de l'organisation, et notamment de l'importance du degré de formalisation et de codification des pratiques et des savoirs¹². Ils traduisent la nature du système d'information à l'œuvre dans l'entreprise, sur lequel s'appuie ou s'appuiera le système informatisé de traçabilité. Comme le notent différents auteurs dans la mouvance de Milgrom et Roberts (1990)¹³, les choix et les performances des technologies dépendent de leur compatibilité avec la structure organisationnelle et les objectifs de la firme. Ces technologies peuvent structurer à la fois le système de traçabilité des produits au sein de la firme et avec ses partenaires. Notre hypothèse est que la présence de ces outils favorise l'implémentation du système de traçabilité dans l'entreprise. Il en est de même de l'adoption de pratiques telles que la mise en place d'un système qualité ou d'un dispositif de certification qui favorisent la codification des pratiques et l'adoption d'un système de traçabilité.

Dans ce système d'information, l'image de marque de la firme joue un rôle central. La littérature met largement en évidence l'importance du comportement du consommateur, et notamment le besoin de rassurer sur la qualité et la sécurité des produits, dans la mise en place de la traçabilité dans les filières (Cochoy, 2005). Ce comportement est encore plus marqué dans l'agro-alimentaire où la traçabilité est conçue comme un mécanisme pour rassurer le consommateur en termes de santé, qualité et sécurité sanitaire, même si les différentes études montrent que ce mécanisme n'est effectif que s'il est accompagné par des signes de qualité (liés à l'origine, à l'agriculture biologique, etc.) (Verbeke et Ward, 2006 ; van Rijswijk *et al.*, 2008). Dans ce cadre, les nouveaux produits doivent supporter des coûts en marketing et en publicité importants pour informer le consommateur (Verbeke, 2005).

¹² La littérature sur ce point montre bien l'importance du degré de codification des connaissances et de formalisation des pratiques souvent considérés comme un préalable majeur au processus d'adoption des TIC (Brousseau et Rallet, 1998).

¹³ Voir notamment Greenan (2003) et Bocquet, Brossard et Sabatier (2007).

Le *taux de publicité* de la firme peut apporter une information sur l'intensité de l'investissement identitaire de la firme (valorisation d'une image de marque, information sur la qualité, etc.), afin de cerner son rôle dans le processus d'adoption de la traçabilité. Le taux de publicité constitue une variable qui peut permettre de mesurer une différenciation entre firmes qui cherchent à utiliser ou pas leur image pour informer le consommateur et promouvoir leurs produits. En fait, publicité et traçabilité peuvent ainsi être complémentaires ou substituables dans l'objectif de rassurer le consommateur. Cette question a peu été étudiée dans la littérature. Dans ce cadre, notre objectif est de tester la relation entre publicité et traçabilité et de déterminer si la firme, qui investit une part importante de son chiffre d'affaires en publicité, a une probabilité moins grande d'adopter un système informatisé de traçabilité.

Hyp. 2a : *Le degré de développement du système d'information de la firme et le degré de formalisation des pratiques et de codification des informations jouent un rôle favorable à la probabilité d'adopter un SIT.*

Hyp. 2b : *L'investissement en publicité, par son rôle concurrent dans la construction de la confiance, peut jouer négativement sur la probabilité d'adopter un SIT.*

Parmi les facteurs organisationnels, peu de travaux mettent en évidence l'importance de *l'organisation spatiale de la firme*, souvent complexe et non limitée à une localisation unique. Cette organisation spatiale a des implications qui touchent à la fois aux modes d'organisation internes de la production et aux modes de coordination externes avec les partenaires amont et aval. Dans la littérature, certains travaux montrent globalement que l'éclatement spatial de la firme peut être efficace à condition qu'il s'accompagne d'une réduction des coûts de communication intra-firme (Ota et Fujita, 1993) et, plus globalement, qu'il génère des coûts de management et des besoins de coordination supérieurs favorisant l'adoption et l'intensité d'usage des technologies de l'information et de la communication (Galliano, Roux, Soulié, 2011). Par contre, dans le cas spécifique des systèmes de traçabilité, le fait d'être multi-établissements peut complexifier le système d'information. Souza-Monteiro et Caswell (2010) montrent notamment dans le cas d'une répartition des ingrédients d'un produit entre différents établissements que le besoin de traçabilité horizontale est une préoccupation première de la firme (effet horizontal de réseaux i.e. de contagion dans l'adoption). Par ailleurs, dans le cas de l'adoption de normes ISO ou de certifications de qualité spécifique, l'éclatement organisationnel et la multiplicité des sites rendent l'adoption plus difficile et plus coûteuse (ISO 9000 et HACCP, c.f. Bouhsina, Codron et Hernandez-Sanchez, 2002). L'idée est de tester l'arbitrage, dans l'adoption d'un SIT, entre les besoins de communication et de coordination générés par l'éclatement organisationnel de la firme et les coûts générés par la complexité liée à la multilocalisation, qui renvoie souvent à des productions ou des phases de processus de production différentes. Ce test n'a, à notre connaissance, jamais été mené.

Hyp. 2c : *Le fait d'être multi-établissements s'il favorise le besoin en TIC peut être défavorable à l'adoption d'un SIT.*

1.2.2. Les modes de coordination externes

Concernant la *coordination inter-firmes*, de nombreux auteurs considèrent que ces modes de coordination et notamment les réseaux de relations verticales qu'ils génèrent, constituent un des déterminants majeur du processus d'adoption d'un système de traçabilité (Banterle et Stranieri, 2008 ; Charlier et Valceschini, 2008 ; Souza-Monteiro et Caswell,

2010). Les TIC sont des outils qui facilitent la communication et la coordination au niveau intra mais aussi au niveau inter-firmes. Ainsi, plus les coûts de surveillance et de coordination sont élevés, plus les rendements de l'utilisation de TIC sont supposés être importants. Ceci est notamment le cas dans les IAA où la traçabilité, notamment quand elle est portée par des TIC, permet de réduire ce type de coûts (Buhr, 2003). Certains travaux montrent également que le besoin de créer des relations stables et collaboratives avec les partenaires favorise la probabilité d'usage des TIC (Galliano et Roux, 2006). Plus généralement, les effets sectoriels ou de coordination au sein des filières renvoient à l'existence d'externalités de réseaux, c'est-à-dire aux rendements croissants d'adoption des systèmes informatisés de traçabilité le long des filières (Katz et Shapiro, 1986). Afin d'éviter les coûts de responsabilité liés à une crise sanitaire, ces acteurs ont des fortes incitations à surveiller la traçabilité de leurs fournisseurs (Charlier et Valceschini, 2008). Plus généralement, le développement des formes de contractualisation dans l'industrie et la formalisation croissante des relations externes ont été particulièrement mises en évidence comme un corollaire majeur au développement des pratiques de traçabilité le long des filières (Mora et Menozzi, 2005 ; Banterle et Stranieri, 2008). Tout comme les pratiques de certification qui accroissent le degré de codification des informations, cette formalisation des pratiques standardise les relations inter-firmes et intensifie le besoin d'usage d'un système informatisé de traçabilité.

Ces effets de réseaux et ces modes de coordination avec les partenaires s'inscrivent aussi dans des processus spatiaux de coordination. Si les technologies de traçabilité favorisent la codification des informations et leur communication à distance, la croissance des volumes d'informations qu'elle véhicule renforce la nécessité d'interprétation et de sélection des informations qui appelle à des relations en face à face (Autant-Bernard, Massard et LARGERON, 2003). Ces relations de proximité, ou de face à face, sont particulièrement mobilisées dans le cas des partenaires de premier rang. Elles sont également dépendantes du niveau technologique et de la complexité du produit échangé et de la position de la firme dans la filière. La sensibilité du processus d'adoption d'un système de traçabilité nécessite une étude approfondie de la géographie des relations amont et aval de la firme. Pour les secteurs à forte dépendance aval, tel que l'automobile ou les biens de consommation, la proximité des clients peut être motrice dans le processus de traçabilité. Dans le cas de l'agro-alimentaire, Rabade et Alfaro (2006) montrent que la proximité géographique des fournisseurs favorise l'intensité des relations et le développement des systèmes de traçabilité. En fait, l'agro-alimentaire a été historiquement considérée comme une industrie « low-tech » et comme un secteur dont les changements technologiques sont souvent dépendants des fournisseurs. Toutefois, on observe que ces changements sont de plus en plus canalisés par la modification des relations verticales au sein des filières où la grande distribution prend une place croissante et dispose d'un pouvoir de plus en plus fort (Von Tunzelmann et Acha, 2005).

Hyp. 3 : *Le comportement d'adoption des partenaires influence celui de la firme. Le développement des relations externes favorise l'adoption et ceci d'autant plus qu'elles sont formalisées par des cahiers des charges et des contrats.*

Hyp. 4 : *La géographie des relations externes, et notamment la proximité des clients et des fournisseurs, joue sur le processus d'adoption mais est sujette à une forte diversité sectorielle selon le rapport au territoire des firmes et la localisation des partenaires.*

1.2.3. L'influence de l'environnement sectoriel et de l'environnement spatial de la firme

L'influence du *secteur d'activité* est liée à la fois aux déterminants techniques propres à l'industrie et aux modes de relations amont et aval au sein des filières. Il renvoie à la nature du produit, au mode d'organisation de la filière entre les différents types d'acteurs, à leur nombre et à la nature diverse de leurs relations. Les informations sont plus ou moins standardisées ou codifiées selon le type de produits et le type de coordination des acteurs dans la filière. La traçabilité est aussi étroitement liée au cycle de vie du produit, car elle permet le suivi de tout le processus de fabrication et l'enregistrement des modifications et des informations liées dès la période de conception jusqu'à sa consommation (Terzi *et al.*, 2007).

Dans le cas de l'agro-alimentaire, les firmes sont fortement influencées par la loi et les réglementations liées à la sécurité sanitaire des aliments. La responsabilité pénale en cas de crise est un déterminant important de la mise en œuvre de la traçabilité (Hobbs, 2004). Ce secteur constitue un cas particulièrement exposé à cette multiplication des dispositifs de coordination et de normalisation des produits et des modes de production, qui implique l'ensemble des acteurs de la filière de l'agriculteur au consommateur final. Pour le secteur des biens de consommation, les risques liés à un rappel du produit (la critique des consommateurs, la perte des clients, les réactions des concurrents, etc.) représentent une incitation forte à la mise en place d'un système de traçabilité (Gollety *et al.*, 2005 ; Kumar et Budin, 2006). Dans le cas de l'industrie pharmaceutique (secteur des biens de consommation), la traçabilité est présente depuis longtemps du fait des contraintes et des exigences réglementaires, professionnelles et commerciales, notamment à cause des risques pour le consommateur mais également pour des questions de contrefaçon¹⁴. D'autres industries comme celles de l'habillement et de la parfumerie, toujours dans le secteur des biens de consommation, utilisent la traçabilité notamment pour des questions de gestion de stocks, de logistique, de suivi du cycle de vie du produit et de lutte contre la contrefaçon (Faraggi, 2006). Dans le secteur de l'automobile, la traçabilité reste historiquement très intégrée à l'assurance qualité qui renvoie aux aspects de logistique, comme par exemple pour retrouver des pièces pour les authentifier ou pour la gestion des flux, mais aussi aux besoins de prévention des crises liées aux risques d'un rappel généralisé (Viruéga, 2005). Elle est également de plus en plus liée au développement de la conception modulaire des processus de production (Frigant et Lung, 2002) et devient progressivement un important critère de sélection des fournisseurs par les constructeurs automobiles. On retrouve cette complexité croissante d'interactions, à une plus grande échelle, dans l'aéronautique. La forte exigence de rationalisation des procédures entre les différents acteurs intervenant dans la réalisation des produits (entre les différents sites de production et entre ceux-ci et le réseau de sous-traitance) oblige l'utilisation de plateformes TIC très sophistiquées (Kechidi, 2006).

Par ailleurs, si la pression de l'aval constitue un effet sectoriel important au niveau des filières, le type de structure de marché et la pression concurrentielle que subit la firme peuvent également intervenir dans l'incitation à adopter de nouvelles technologies et un système de traçabilité efficient. La littérature théorique tend à montrer que la capacité et

¹⁴ Selon les données issues de l'enquête COI-TIC 2006, 77,76% des firmes dans l'industrie pharmaceutique ont adopté un système informatisé de traçabilité.

la rapidité à innover sont favorisées pour les firmes ayant déjà une grande part de marché (Reinganum, 1989). Toutefois, les effets de la pression concurrentielle sur la capacité d'innovation des firmes restent ambigus dans la littérature ; une forte concurrence peut aussi inciter la firme à produire de l'innovation pour défendre sa part de marché.

Hyp. 5 : *L'environnement sectoriel, par ses caractéristiques techniques, réglementaires et ses structures d'interactions, joue un rôle important dans le processus de traçabilité.*

Concernant l'*environnement spatial*, l'idée générale est que l'environnement dans lequel la firme est localisée influence sa capacité à innover et son comportement d'adoption de nouvelles technologies. L'objectif est alors de mettre en évidence les caractéristiques des zones de localisation favorables à l'adoption de technologies. Elles renvoient à l'existence d'économies externes liées à l'agglomération des firmes mais aussi aux effets épidémiques spatiaux relatifs aux spillovers informationnels sur la technologie.

Pour les économies d'agglomération, on distingue généralement les économies d'agglomération liées à une concentration urbaine et les économies d'agglomération découlant d'une concentration spatiale d'une activité industrielle spécifique (Malmberg, Malmberg et Lundequist, 2000). L'hypothèse est que les *économies d'agglomération urbaine* permettent l'accès à une variété d'infrastructures et d'activités de service (informatique, fournisseurs de technologies, etc.) et à une main-d'œuvre qualifiée et diversifiée qui favorisent l'adoption de technologies par les firmes. La faible présence de ces facteurs dans les zones rurales, corrélée au niveau technologique plus faible des firmes, expliquerait le retard des firmes rurales dans les processus d'adoption de nouvelles technologies (Gale, 1998). Les *effets d'agglomération industrielle* renvoient plus spécifiquement au degré de spécialisation des zones de localisation et à l'existence d'une main-d'œuvre spécialisée et de fournisseurs adaptés aux besoins des firmes du secteur. Parallèlement, le degré de spécialisation industrielle du site favorise la construction de réseaux d'entreprises tels que les fournisseurs ou entreprises de services dédiés (Antonelli, 1999) ou la diffusion des informations entre firmes concurrentes. Toutefois, la plupart des études montrent un faible effet des externalités industrielles sur la diffusion et l'usage des technologies (cf. notamment Glaeser *et al.* 1992 ; Harrison, Kelley et Gant, 1996 ; Gale 1998). Aucun travail, à notre connaissance, n'a testé son rôle sur la diffusion de technologies dédiées telles que la traçabilité.

Une autre dimension spatiale importante en matière de traçabilité est celle de la *localisation des marchés*. La littérature met bien en évidence au niveau international la diversité des cadres institutionnels et des processus de normalisation qu'ils recouvrent tout comme la nécessité d'adaptation aux contextes nationaux (cf. dans le cas des IAA, Valceschini et Mazé, 2000). Parallèlement, la proximité des marchés et des clients peut rendre moins nécessaire un processus de traçabilité avec un échange plus fondé sur des attributs de la confiance et l'homogénéisation des normes (cf. Torre, 2006). L'éloignement des clients et des marchés peut aussi rendre nécessaire une plus grande codification des informations.

Hyp. 6 : *L'intensité des effets d'agglomération (notamment urbaine) favorise la probabilité d'adoption.*

1.2.4. Les effets épidémiques sectoriels et spatiaux

La modélisation de type épidémique met l'accent sur l'importance des spillovers informationnels sur le processus d'adoption des technologies ; la rapidité et l'étendue de leur diffusion dépendront du nombre d'adoptants dans l'environnement de la firme. Ainsi,

plus une technologie est adoptée, plus l'information concernant cette technologie se diffuse et permet la diminution des risques liés à son adoption. Hollenstein (2004) montre que la capacité d'une firme à adopter une nouvelle technologie augmente si cette firme appartient à un secteur dont déjà un grand nombre de firmes utilisent cette technologie. Notre objectif est dans ce cadre de tester l'impact de ces effets *épidémiques sectoriels* sur la probabilité d'adoption d'un système de traçabilité par la firme.

Les effets *épidémiques spatiaux* renvoient quant à eux à l'importance du nombre d'adoptants dans l'environnement de localisation de la firme dont la présence permet de réduire l'incertitude liée à la technologie. Il est toutefois souvent difficile de distinguer si l'adoption découle d'un pur effet épidémique, ou bien des effets mimétiques ou de réseau quand la firme est en relation d'échange avec des firmes de son environnement (Vicente et Suire, 2007) ainsi que de la nature locale ou globale des spillovers (Guillain et Huriot, 2001). Ces effets épidémiques de nature géographique ont peu été testés dans la littérature empirique. Seuls Forman (2005) et Galliano et Roux (2008) mettent en lumière un effet positif de cet environnement d'adoptants sur le choix d'adoption des technologies Internet par les firmes.

Hyp. 7 : *Le degré d'adoption des firmes du voisinage sectoriel ou spatial de la firme influence son comportement d'adoption.*

In fine, dans cette dernière phase de l'analyse concernant le rôle de l'environnement externe, la question est de tester si la probabilité d'adoption d'un système de traçabilité dépend plus spécifiquement d'un effet d'entraînement porté par l'environnement sectoriel ou d'un effet spatial lié à l'environnement géographique de la firme. Cette question a été rarement traitée dans la littérature.

2. Les données et méthodes

2.1. Les données

Pour tester nos hypothèses, nous nous appuyons sur les données individuelles des entreprises issues de l'enquête COI-TIC 2006 (Enquête sur les Changements Organisationnels et l'Informatisation), réalisée par l'INSEE en collaboration avec le CEE. L'enquête nous renseigne sur l'existence et les usages d'un outil de traçabilité ainsi que des autres technologies de l'information et de la communication dans les entreprises françaises et sur leurs conséquences en termes de changements organisationnels¹⁵. Notre échantillon final est représentatif, en taille et en secteur, des entreprises industrielles françaises de plus de 20 salariés. Il est constitué de près de 3 658 firmes industrielles françaises soit, en données pondérées, plus de 21 000 entreprises. Cette enquête est fusionnée avec l'Enquête Annuelle d'Entreprises (EAE) et nous donne l'information sur les activités de la firme, ses caractéristiques structurelles, le nombre d'établissements et la localisation de leur siège social. Enfin, nous mobilisons les données du fichier de zonage du territoire français ZAUER (INSEE-INRA, 1998), qui nous renseigne sur la nature des espaces de locali-

¹⁵ Cette enquête, étant labellisée par le CNIS (Conseil National de l'Information Statistique), est reconnue comme enquête d'intérêt général et par conséquent obligatoire. Ceci explique la qualité statistique des données et le taux de réponse très élevé de 85 %, cf. Greenan, Guillemot et Kocoglu (2010).

sation et notamment sur la densité économique de la zone de localisation. La typologie obtenue permet de classer l'ensemble des communes françaises selon sept catégories d'espaces que nous avons agrégés en quatre niveaux : zone urbaine, péri-urbaine, pôle rural et zone rurale isolée.

2.2. La méthode

Sur la base des données individuelles des firmes, on réalise un modèle Probit qui nous permet de prendre en compte les déterminants du choix organisationnel des firmes, en différenciant entre ceux qui adoptent ($SIT=1$), ou pas. Au-delà d'une description statistique de la traçabilité dans l'ensemble du système productif français, notre objectif est de tester, grâce au modèle économétrique, les facteurs qui favorisent l'utilisation d'un système informatisé de traçabilité. Les estimations ont été réalisées après la pondération des observations, afin de corriger les biais d'échantillonnage et de produire des résultats représentatifs de l'ensemble de la population. Les modèles de type Probit sont utilisés pour expliquer une variable dépendante dichotomique à partir d'un modèle latent (Greene, 2003). À partir de l'équation (1), l'équation Probit peut être écrite :

$$\pi_i = \beta w'_i + \varepsilon_i = \beta_1 x'_i + \beta_2 ee'_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

Où β est un vecteur de paramètres, w'_i un vecteur des caractéristiques industrielles et spatiales de la firme et ee'_i les effets épidémiques industriels et spatiaux ; avec $\varepsilon_i \rightarrow N(0,1)$.

$$\text{La variable discrète observée est } d_i = \begin{cases} 1 & \text{si } \pi_i^* > 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}.$$

Et $\text{Prob}(d_i = 1/w_i) = \Phi(\beta w'_i)$ et $\text{Prob}(d_i = 0/w_i) = 1 - \Phi(\beta w'_i)$, où $\Phi(\cdot)$ est la densité d'une loi normale.

3.3. Les variables

Cette section présente la nature des différentes variables utilisées dans le modèle (variable dépendante et variables indépendantes). Les variables indépendantes sont divisées en deux catégories : les facteurs industriels et les facteurs spatiaux. Pour chaque catégorie nous identifions un ensemble de variables correspondant aux caractéristiques internes de la firme, ses modes de coordination, les caractéristiques de son environnement et les effets épidémiques.

2.3.1. La variable dépendante

Dans cet article, nous estimons la probabilité d'adopter un système de traçabilité informatisé. Nous utilisons une variable dichotomique qui prend la valeur 1 ($SIT=1$) si la firme adopte et 0 si non. À partir de l'enquête COI-TIC 2006, nous utilisons la variable « outil de traçabilité », définie dans le questionnaire de l'enquête, comme un outil qui « permet de suivre en temps réel ou à intervalles réguliers la localisation et l'historique d'un produit » et qui repose sur « différentes technologies d'identification des produits tels que codes-barres, puces et étiquettes électroniques ».

2.3.2. Les variables indépendantes

Les variables indépendantes sont regroupées en deux grands ensembles : les facteurs industriels et les facteurs spatiaux (cf. description détaillée des variables tableau A en annexe). Parmi les variables industrielles, nous trouvons, en premier lieu, *la taille* de la firme qui constitue une dimension importante de la structure de la firme. Ensuite, *l'appartenance à un groupe* de sociétés nous indique si la firme est intégrée à un réseau organisationnel plus large qui favorise la probabilité d'utiliser des TIC et des systèmes de traçabilité, même si cette intégration dépend de la division fonctionnelle et du degré de centralisation des décisions au sein du groupe. L'importance du *taux de publicité* est mesurée par la part des dépenses de publicité dans le chiffre d'affaires de la firme. Le *nombre d'outils TIC* utilisés pour la gestion et l'échange de données, ainsi que pour l'organisation de l'activité, permet d'évaluer le degré de développement du système d'information de la firme. De même, le fait que la firme ait souscrit ou non une *certification de qualité* renseigne sur les démarches de codification des pratiques. Par ailleurs, même si le fait d'utiliser la firme comme unité d'analyse masque sa position au sein de la filière, on utilise certaines variables telles que les dépenses en *sous-traitance industrielle* et l'existence des *contrats de délai de livraison* avec les clients et fournisseurs qui nous permettent d'évaluer l'importance des relations inter-firmes et la nature de ces relations.

Entre les variables liées à l'environnement sectoriel et marchand de l'entreprise, on considère le *secteur d'activité* par l'activité principale de l'entreprise, calculé au niveau 60 de la nomenclature d'activité Française (NAF), et on retient les cinq grands secteurs industriels que constituent les IAA, les biens de consommation, l'automobile, les biens d'équipements et les biens intermédiaires (cf. tableau 1). Pour l'environnement concurrentiel, on utilise le logarithme de l'indicateur de concentration C4 calculé sur les parts de marché cumulées des quatre premières firmes du marché (niveau 700 de la NAF). Enfin, les *effets épidémiques sectoriels* sont calculés en utilisant le taux moyen d'adoption d'un système informatisé de traçabilité par les firmes du même secteur.

L'organisation spatiale de la firme est d'abord testée par le fait que l'entreprise soit ou non *multi-établissements*. Les relations de proximité et les modes de coordination dans l'espace avec les partenaires amont et aval sont captés par une variable dichotomique qui nous indique si le plus gros fournisseur (et client) de l'entreprise est situé ou non à *proximité* (dans un rayon de 30 km d'un des sites de l'entreprise). Les variables spatiales liées à l'environnement marchand sont d'abord la localisation des marchés (*local* et *régional* ou *national*) et le *taux d'exportation* qui permet de prendre en compte l'importance de l'internationalisation par le biais de la proportion du chiffre d'affaires réalisé à l'étranger. La *localisation du siège social* permet de différencier quatre types de localisation selon la densité des salariés et des migrations entre zones : les pôles urbains, les zones péri-urbaines, les pôles ruraux et les zones rurales isolées (cf. INSEE-INRA, 1998). Pour cerner les effets d'*agglomération industrielle*, on utilise un indicateur de type Glaeser *et al.* (1992) i.e. le rapport du poids des effectifs salariés de l'activité dans les effectifs totaux du département sur le même ratio calculé pour la France. Si ce ratio est supérieur à 1 on considérera que l'activité est plus spécialisée dans le département que sur le territoire national.

Table 1. L'adoption des systèmes informatisés de traçabilité dans l'industrie française.

Secteur d'activité	En nombre d'entreprises	En %	En % d'entreprises adoptantes en 2003	% d'entreprises adoptantes en 2006
Agro-alimentaire	2 428	11,43	62,39	76,81
Biens de consommation	4 210	19,82	24,18	28,83
Automobile	547	2,58	44,57	51,71
Biens d'équipement	4 803	22,62	37,09	41,58
Biens intermédiaires	9 248	43,55	44,28	49,89
Total	21 236	100,00	40,77	46,96

Champ : firmes de plus de 20 salariés.

Source : Enquête COI-TIC (2006). INSEE-SESSI-SCSS. Calcul des auteurs.

Finalement, pour les *effets épidémiques spatiaux*, nous utilisons le niveau d'adoption d'un système informatisé de traçabilité dans la même zone géographique, c'est-à-dire le taux moyen d'utilisation par les firmes localisées dans le même département.

Les statistiques descriptives de notre population sont données dans le tableau 2. Elles mettent déjà en évidence l'importance des caractéristiques structurelles et organisationnelles de la firme dans son comportement d'adoption (taille, appartenance à un groupe, etc.). Elles montrent également les spécificités sectorielles et surtout celles de l'agro-alimentaire (IAA) par rapport aux autres secteurs d'activité du système productif français. Les IAA représentent le secteur industriel qui a le plus adopté un système de traçabilité informatisé.

3. Les résultats

Cette partie présente les résultats du modèle général testé sur l'ensemble de l'industrie française et des modèles sectoriels menés sur les cinq grands secteurs industriels qui composent le système productif français : les industries agro-alimentaires, les biens de consommation, l'automobile, les biens d'équipement et les biens intermédiaires. On s'attachera dans une première partie à mettre en évidence le rôle des facteurs industriels et des facteurs spatiaux sur le comportement de traçabilité de la firme industrielle française. Au-delà des tendances générales, l'objectif est de tester l'existence de spécificités sectorielles dans l'articulation des facteurs liés à l'environnement industriel et spatial. Une attention particulière sera donnée au secteur des IAA qui constitue le secteur le plus marqué par l'adoption des systèmes de traçabilité. Les résultats des tests économétriques (équation 2) sont présentés dans les tableaux 3 et 4.

3.1. Les facteurs industriels et facteurs spatiaux dans l'adoption : le profil global de l'industrie française

Le modèle général (Modèle 1) de l'industrie française montre l'importance centrale du degré de développement du système d'information de l'entreprise et celle du degré de

Tableau 2. Statistique descriptive de l'échantillon en fonction du secteur et du choix d'adoption d'un SIT

	Ensemble industrie		Agro-alimentaire		
	Total	Adoptantes	Total	Adoptantes	
Nombre d'entreprises	21 236	9.973	2 428	1 865	
Par rapport à l'ensemble	-	-	11,43 %	-	
Adoptantes d'une SIT	46,96 %	-	76,81 %	-	
Facteurs industriels					
Taille					
De 20 à 49 employés	54,13%	44,66%	55,52%	52,18%	
De 50 à 249 employés	35,64 %	39,71%	33,22%	34,05%	
De 250 à 499 employés	5,83 %	8,37%	6,68%	8,39%	
Plus de 500 employés	4,40 %	7,26%	4,58%	5,38%	
Appartenance à un groupe	50,68 %	58,70%	51,01%	52,84%	
Certification de qualité	50,65 %	69,90%	54,95%	60,68%	
Contrat de livraison clients	67,97 %	77,69%	65,64%	69,63%	
Contrat de livraison fournisseurs	57,35 %	69,24%	57,67%	60,20%	
Facteurs spatiaux					
Firme multi-établissement	36,21 %	36,87%	40,92%	42,48%	
Localisation à proximité du plus gros client	22,39 %	19,62%	17,97%	17,12%	
Localisation à proximité du plus gros fournisseur	16,91 %	16,76%	23,77%	22,47%	
Zone du siège :					
Urbaine	58,74 %	59,36%	44,16%	42,91%	
Périurbaine	18,13 %	17,80%	17,85%	16,18%	
Pôle rural	8,69 %	8,82%	12,46%	13,26%	
Rurale isolée	14,45 %	14,03%	25,53%	27,65%	

Champ : Firmes de plus de 20 salariés.

Source : Enquête COI-TIC (2006) et EAE (2005). INSEE-SESSI-SCCESS. Calcul des auteurs

formalisation des pratiques organisationnelles internes sur les processus d'adoption des systèmes de traçabilité. Le nombre d'outils informatiques et l'existence de pratiques de certification de la qualité jouent ainsi un rôle très significatif sur la probabilité d'adopter un système informatisé de traçabilité. Cet effet est renforcé par l'existence de pratiques formalisées de coordination avec les partenaires externes, tels que les contrats avec les fournisseurs et les clients qui jouent aussi un rôle très significatif et positif. Il est par ailleurs intéressant de noter la forte influence négative du taux de publicité sur l'adop-

Biens de consommation			Automobile		Biens d'équipement		Biens intermédiaires	
	Total	Adoptantes	Total	Adoptantes	Total	Adoptantes	Total	Adoptantes
	4 210	1 213	547	283	4 803	1 997	9 248	4 614
	19,82 %	-	2,58 %	-	22,62 %	-	43,55 %	-
	28,83 %	-	51,71 %	-	41,58 %	-	49,89 %	-
	56,86%	41,41%	37,64%	17,48%	59,32%	47,08%	50,81%	43,09%
	34,02%	39,27%	36,14%	36,72%	31,36%	38,05%	39,20%	43,00%
	5,16%	9,94%	14,17%	26,03%	5,27%	7,75%	5,70%	7,14%
	3,96%	9,37%	12,05%	19,78%	4,05%	7,11%	4,29%	6,77%
	45,87%	57,91%	57,93%	71,70%	46,28%	55,35%	54,64%	61,94%
	21,36%	38,90%	68,20%	95,53%	55,90%	79,50%	59,08%	76,05%
	63,27%	76,09%	76,67%	86,36%	71,28%	83,07%	68,49%	78,51%
	48,77%	67,81%	66,70%	80,51%	65,23%	77,64%	56,53%	68,94%
	38,14%	45,10%	39,97%	44,50%	36,70%	36,61%	33,63%	32,09%
	20,83%	18,22%	14,20%	22,28%	27,27%	21,03%	22,21%	20,23%
	12,50%	5,53%	5,65%	4,81%	20,09%	18,00%	16,12%	17,61%
	65,89%	67,70%	62,63%	65,79%	67,16%	69,20%	54,70%	59,16%
	14,65%	15,47%	19,86%	15,27%	15,43%	15,01%	21,07%	20,42%
	6,42%	5,64%	10,14%	11,09%	6,55%	4,50%	9,75%	9,59%
	13,04%	11,19%	7,38%	7,85%	10,86%	11,29%	14,47%	10,83%

tion, qui pourra traduire un conflit ou une substitution entre les dépenses de publicité et le besoin de traçabilité dans construction de l'image de marque. La firme industrielle (hors agro-alimentaire) qui investit en publicité a une probabilité plus faible d'adopter un système élaboré de traçabilité, ce qui correspond à notre hypothèse globale. Le cas des IAA est effectivement un cas à part dans l'industrie française, les consommateurs étant moins sensibles aux aspects techniques de la traçabilité quand on touche la question de la sécurité sanitaire et, par contre, plus sensibles au système de construction de la qualité

par les signes de qualité spécifique et notamment le label (cf. Verbeke et Ward, 2006 ; van Rijswijk *et al.*, 2008). Plus nuancé est le rôle joué par la sous-traitance industrielle. Même si l'hypothèse 3 est globalement vérifiée pour les variables contractuelles, l'impact incitatif de la variable sous-traitance industrielle est seulement vérifié pour les secteurs IAA, des biens intermédiaires et dans une moindre mesure de l'automobile (non-significative). Ceci est convergent avec les résultats de Banterle et Stranieri (2008), selon lesquels, seulement dans le cas des industries agro-alimentaires, il y a une corrélation favorable entre l'adoption des systèmes de traçabilité et la « coordination verticale » (tout en notant que pour les firmes déjà « intégrées verticalement », la traçabilité ne modifie pas la gouvernance). Pour les autres secteurs, des biens de consommation et biens d'équipement, l'effet négatif devrait être approfondi et pourrait marquer l'existence d'une relation d'intégration et d'homogénéisation des pratiques entre le donneur d'ordre et ses sous-traitants ou, plus simplement, le report des exigences et des coûts de traçabilité sur les sous-traitants.

En matière d'environnement sectoriel, les résultats montrent le rôle d'aiguillon rempli par la pression concurrentielle sur l'adoption. Ils montrent surtout la place prédominante des IAA au sein de l'industrie française pour les questions de traçabilité (Galliano et Orozco, 2011). L'appartenance de la firme aux secteurs des industries agro-alimentaires joue très positivement sur la probabilité d'adoption comparativement aux autres secteurs industriels. Enfin, on note le rôle significatif et positif des effets épidémiques sectoriels qui mettent l'accent sur l'importance des spillovers informationnels sur l'adoption des technologies (Hollenstein, 2004).

Quant à l'organisation spatiale de la firme et la structure spatiale de ses marchés, elles ne sont pas neutres dans les processus d'adoption. Ainsi, le fait que la firme soit multi-établissements, et donc éclatée spatialement, joue négativement sur l'adoption (cf. Hyp. 2c). La localisation des marchés à proximité des lieux de production des firmes, au niveau local et régional, joue aussi négativement. Cet effet peut traduire l'importance de la proximité géographique dans la construction de la confiance et dans la transmission non formalisée, ou plus tacite, des informations vers l'aval (Torre, 2006). Parallèlement, plus l'éloignement des marchés et des clients est important, plus l'adoption des SIT est favorisée. La présence sur le marché au niveau national puis au niveau international joue positivement et de manière croissante sur l'adoption de ces technologies.

Pour les modes de coordination inter-firmes, la localisation à proximité du principal fournisseur ou du principal client de la firme joue négativement mais pas significativement sur l'adoption. Cet effet concerne l'ensemble de l'industrie mais masque, nous le verrons, des configurations sectorielles plus diverses. Par ailleurs, la localisation de la firme en zone urbaine est plutôt favorable à l'adoption de technologies (effet négatif de la localisation en zone péri-urbaine et surtout dans un pôle rural). La localisation en zone rurale isolée est toutefois non significativement différente de celle en zone urbaine, traduisant ce double effet souvent observé pour les firmes rurales : un éloignement des zones urbaines nuisible à l'appropriation des informations et des technologies par la firme rurale et un fort besoin en communication lié à l'éloignement qui génère un comportement plus actif dans l'adoption (cf. Galliano et Roux, 2008 ; Rallet et Rochelandet, 2007). Enfin, les effets d'agglomération industrielle et les effets épidémiques spatiaux sont non significatifs.

Le modèle industriel français reste donc globalement un modèle d'adoption très corrélié à la structure informationnelle de la firme et à l'organisation spatiale de sa production et de ses marchés. Les effets de proximité et l'influence de l'environnement local restent

Tableau 3 : Les déterminants de l'adoption : Industrie française et spécificités de l'agro-industrie

	(1) Ensemble industrie	(2) Hors IAA	(3) IAA
Facteurs industriels			
<i>Caractéristiques internes</i>			
Taille 20 à 49 employés	Réf.	Réf.	Réf.
50 à 249 employés	0.0144	0.0315	-0.110
250 à 499 employés	0.0670	0.0189	0.724***
+ de 500 employés	0.186**	0.195**	-0.00879
Appartenance à un groupe	-0.0112	0.00208	-0.226**
Taux de publicité	-2.263***	-4.335***	-0.593
Nombre d'outils informatiques	0.151***	0.156***	0.148***
Certification qualité	0.640***	0.652***	0.498***
<i>Modes de coordination</i>			
Sous-traitance industrielle	-0.622***	-0.685***	4.331**
Contrat de livraison clients	0.205***	0.187***	0.321***
Contrat de livraison fournisseurs	0.274***	0.304***	0.0583
<i>Caractéristiques de l'environnement sectoriel</i>			
Concentration du marché	0.150***	0.154***	0.190*
Secteur d'activité :			
Biens intermédiaires	Réf.	Réf.	-
Ind. Agro-alimentaires	0.713***	-	-
Biens de consommation	-0.211***	-0.178***	-
Automobile	-0.280***	-0.290***	-
Biens d'équipement	-0.173***	-0.172***	-
<i>Effets épidémiques sectoriels</i>	0.0138***	0.0138***	0.00952***
Facteurs spatiaux			
<i>Caractéristiques internes</i>			
Firme multi-établissements	-0.180***	-0.203***	0.0281
<i>Modes de coordination</i>			
Proximité du plus gros client	-0.0292	-0.0484	0.101
Proximité du plus gros fournisseur	-0.000857	0.0123	-0.198**
<i>Caractéristiques de l'environ. spatial</i>			
Présente sur le marché local-régional	-0.0823**	-0.0862**	-0.0110
Présente sur le marché national	0.0792**	0.0907**	0.00254
Exportations (% de CA)	0.338***	0.313***	0.319
Zone du siège :			
Urbaine	Réf.	Réf.	Réf.
Périurbaine	-0.0292	-0.00483	-0.194*
Pôle rural	-0.0759*	-0.106**	0.256*
Rurale isolée	0.0370	-0.0403	0.594***
Effets d'agglomération industrielle	0.0177	0.0127	0.0617
<i>Effets épidémiques spatiaux</i>	-0.000295	-0.000661	0.0103***
Constante	-1.666***	-1.667***	-1.320***
Log-likelihood	-11773.399	-10519.807	-1147.5
Nombre d'individus	3658	3062	596
(en données pondérées)	(21236)	(18808)	(2428)
Pseudo R ²	0.198	0.182	0.127
Prédictions correctes en %	46.96	43.11	76.81

$p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Sources : Enquête COI-TIC, Changements organisationnels et Informatisation 2005 et EAE 2006, INSEE-SESSI-SCESS

peu significatifs voire ont un effet négatif dans la mesure où la traçabilité constitue un mécanisme de construction de la confiance et de diffusion des informations codifiées qui peut être concurrent des mécanismes générés par la proximité.

Face à ce bilan général concernant l'industrie française, deux autres constats peuvent être mis en évidence par les résultats : la spécificité des industries agro-alimentaires et la diversité des configurations sectorielles.

3.2. Les spécificités de l'agro-alimentaire

Les IAA constituent le secteur phare en matière de traçabilité car le principe d'une traçabilité obligatoire est acquis depuis 2005¹⁶ et elles ont un profil d'adoption souvent très différent des autres industries. Contrairement au reste de l'industrie, le degré de publicité qui traduit l'intensité des stratégies de valorisation de marque est non significatif. Pour les IAA (modèle 3), la traçabilité tendrait ainsi à être autant formalisée et développée dans des produits génériques que pour des produits valorisant la marque. Ce dernier aspect pouvant être porté par les pratiques de valorisation des produits plus spécifiques de type AOC ou IGP¹⁷ qui nécessitent le support de la traçabilité pour leur construction et leur valorisation. Par ailleurs, si on retrouve l'importance du système d'information et de la formalisation des pratiques de coordination internes (certification qualité etc...), les modes de coordination externes tendent à différencier le secteur. Contrairement aux autres industries, et comme nous l'avons expliqué précédemment, le rôle de la sous-traitance industrielle dans le choix d'adoption est très important, traduisant l'existence d'un cahier des charges conforme à la forte pression réglementaire dans l'agro-industrie. Par contre, l'adoption ne s'appuie pas forcément sur des relations contractuelles avec les autres types de fournisseurs (cf. effet « contrat livraison avec fournisseur » non significatif).

Du point de vue spatial, la localisation à proximité du fournisseur peut même nuire à l'adoption. Le choix d'adoption est par contre particulièrement favorisé par la formalisation des pratiques avec l'aval (contrat de livraison clients positif) et la proximité avec les clients ne nuit pas et ne se substitue pas au choix d'adoption¹⁸. Parallèlement, le fait que l'entreprise soit mono ou multi-établissements ne joue pas négativement dans le processus de traçabilité contrairement à la plupart des secteurs industriels. Le fait que la firme soit multi-établissements a souvent pour intérêt, dans l'agro-alimentaire particulièrement, de permettre de conjuguer des externalités urbaines et rurales (Galliano et Roux, 2006) et un éclatement fonctionnel dans ces différents espaces ne nuit pas à l'adoption d'outils.

La spécificité de l'agro-alimentaire se traduit aussi par l'influence plus marquée de leur environnement spatial et des relations de proximité par rapport à l'industrie. Contrairement à l'industrie manufacturière, et du fait de la localisation privilégiée de ces

¹⁶ Cf. le Règlement européen 178/2002 cité plus haut. Rappelons que la traçabilité est obligatoire en tant qu'objectif mais que la loi n'impose aucune règle sur les moyens utilisés. La mise en place d'un système informatisé de traçabilité est donc un choix volontaire pour l'entreprise agro-alimentaire et recouvre 75 % des entreprises, cf. tableau 1.

¹⁷ Appellation d'Origine Contrôlée et Indication Géographique Protégée

¹⁸ Des partenaires externes tels que les fournisseurs peuvent conseiller les firmes à partir de leurs propres expériences en termes d'adoption, et peuvent aussi fournir un support technique. Alfaro and Rabade (2009) montrent, à partir d'une étude de cas des firmes espagnoles de fruits et légumes, qu'un fort niveau d'intégration avec les fournisseurs peut devenir déterminant pour la mise en place des systèmes informatisés de traçabilité.

industries dans les zones rurales, les effets d'agglomération ne jouent pas et la présence du siège en zone rurale isolée ou dans un pôle rural joue positivement sur l'adoption. La firme agro-alimentaire est aussi en moyenne plus sensible aux effets épidémiques spatiaux qui jouent positivement. Enfin, elle est peu influencée dans son processus d'adoption par la localisation de ses marchés : le fait que son marché soit local ou régional ne se substitue pas au besoin de traçabilité et le fait qu'il soit national ou international ne le favorise pas significativement. L'adoption et le développement des technologies de traçabilité restent un processus de fond ancré dans les pratiques du secteur et porté par le cadre réglementaire. Il met en évidence le rapport spécifique des IAA aux territoires comparativement aux autres secteurs industriels pris dans leur globalité.

3.3. La diversité des secteurs industriels

L'analyse globale de l'industrie masque aussi une certaine diversité des configurations sectorielles. Les modèles par secteurs (Modèles 3 à 5, Tableau 4) permettent de donner des indications sur les profils des différents sous-secteurs de l'industrie. Ils montrent qu'au-delà de certaines tendances lourdes concernant notamment le rôle du système d'information, les pratiques organisationnelles et industrielles des firmes (certifications, pratiques contractuelles et effets épidémiques sectoriels) et l'impact majeur de la publicité, certaines variables sont plus discriminantes et spécifient l'impact des modes de production de chaque secteur sur la traçabilité. On note l'effet taille qui est très variable selon les secteurs contrairement aux attentes, ainsi que l'appartenance à un groupe qui est souvent non significative (négative pour l'automobile). Plus globalement, l'automobile reste un secteur spécifique, notamment dans ses modes de coordination externe (effet négatif ou non significatif de la sous-traitance et des relations contractuelles, rôle très positif de la proximité du client), ses rapports aux marchés (effet très positif du marché local) et à son espace de localisation (effet d'agglomération négatif qui favorise les firmes excentrées et rôle positif des effets épidémiques locaux).

Le rapport à l'espace est également discriminant pour les autres secteurs. Le secteur des biens intermédiaires est influencé positivement par les effets épidémiques spatiaux, par l'agglomération urbaine mais aussi par les effets d'agglomération industrielle. Le caractère intermédiaire peut expliquer l'importance et la nature de ses besoins de coordination, l'effet positif de la proximité des fournisseurs principaux et le rôle incitatif à l'adoption pour gérer l'éloignement des marchés (effet très positif et croissant). Parallèlement, le profil spatial est inverse pour les biens d'équipements et de consommation (rôle négatif des effets épidémiques et de l'agglomération industrielle). Pour la coordination spatiale externe, il est aussi intéressant de noter l'effet conjoint positif du marché local et de la proximité du client pour les biens de consommation et l'automobile avec un effet inverse pour les biens d'équipement et intermédiaires (effets négatifs du marché local et de la proximité du client). On note également que chaque secteur présente un profil de coordination localisée exclusif avec le partenaire type principal c'est-à-dire globalement soit le client, soit le fournisseur. La sensibilité aux effets spatiaux dans le comportement d'adoption est donc très variable selon les secteurs et le reflet de l'architecture organisationnelle de la firme. La traçabilité reste fortement influencée par la spécificité des modes de coordination externes de chaque secteur.

Tableau 4 : Les déterminants de l'adoption : Analyse comparative des 5 grands secteurs industriels

	(3) IAA	(4) Biens de consommation	(5) Automobile
Facteurs industriels			
<i>Caractéristiques internes</i>			
Taille 20 à 49 employés	Réf.	Réf.	Réf.
50 à 249 employés	-0.110	0.0725	2.040***
250 à 499 employés	0.724***	0.168	3.683***
+ de 500 employés	-0.00879	0.351**	2.977***
Appartenance à un groupe	-0.226**	0.0661	-1.606***
Taux de publicité	-0.593	-3.936***	-13.09
Nombre d'outils informatiques	0.148***	0.130***	0.294*
Certification qualité	0.498***	0.319***	3.113***
<i>Modes de coordination</i>			
Sous-traitance industrielle	4.331**	-1.260***	4.742
Contrat de livraison clients	0.321***	0.284***	-0.0238
Contrat de livraison fournisseurs	0.0583	0.481***	-0.982**
<i>Caractéristique de l'environnement sectoriel</i>			
Concentration du marché	0.190*	0.599***	0.0385
<i>Effets épidémiques sectoriels</i>	0.00952***	0.0428***	0.0374***
Facteurs spatiaux			
<i>Caractéristiques internes</i>			
Firme multi-établissements	0.0281	-0.0495	0.655**
<i>Modes de coordination</i>			
Proximité du + gros client	0.101	0.251***	1.686***
Proximité du + gros fournisseur	-0.198**	-0.747***	-0.731
<i>Caractéristique de l'environnement spatial</i>			
Présente sur marché local-régional	-0.0110	0.292***	1.632***
Présente sur marché national	0.00254	0.218**	-1.409*
Exportations (% de CA)	0.319	-0.176	-0.0586
Zone du siège :			
Urbaine	Réf.	Réf.	Réf.
Périurbaine	-0.194*	0.131	1.031***
Pôle rural	0.256*	-0.0229	1.264**
Rurale isolée	0.594***	-0.111	0.839*
Effets d'agglomération industriels	0.0617	-0.136***	-0.318
<i>Effets épidémiques spatiaux</i>	0.0103***	-0.00215**	0.0264***
Constante	-1.320***	-3.915***	-5.886***
Log-likelihood	-1147.5	-1979.88	-116.607
Nombre d'individus	596	657	121
(en données pondérées)	(2428)	(4210)	(547)
Pseudo R ²	0.127	0.217	0.692
Prédictions correctes en %	76.81	28.83	51.71

$p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Sources : Enquête COI-TIC, Changements organisationnels et Informatisation 2006 et EAE 2005, INSEE-SESSI-SCSS

Conclusion

Notre article avait pour objectif l'analyse des déterminants du comportement d'adoption d'un système informatisé de traçabilité par les firmes industrielles françaises, en faisant l'hypothèse que ce comportement s'insère dans une articulation complexe et diversifiée entre les logiques industrielles et territoriales des firmes. Un modèle d'adoption de technologies, basé sur les déterminants liés aux caractéristiques propres de la firme et aux facteurs liés à son environnement, est testé sur une base de données originales : l'enquête COI-TIC (Changements Organisationnels et Informatisation de 2006) représentative de l'ensemble de l'industrie française. L'objectif est de mettre en évidence le rôle respectif des facteurs industriels et des facteurs spatiaux dans le comportement des firmes et de tester l'existence de spécificités sectorielles.

En termes de résultats, le modèle général concernant l'ensemble de l'industrie française montre bien l'importance conjuguée des caractéristiques organisationnelles de la firme et des effets d'entraînement de son environnement dans la mise en œuvre d'un processus de traçabilité. Le modèle industriel français reste un modèle d'adoption très corrélé à la structure informationnelle de la firme (favorisée par un système d'information développé, par le degré de formalisation et de codification des pratiques, une faible publicité, etc.) et à l'organisation spatiale de sa production et de ses marchés (éloignement des marchés, etc.). L'influence de l'environnement local reste peu significative, révélant une substituabilité entre proximité et traçabilité dans la construction de la confiance.

Toutefois, les différents éclairages apportés par l'analyse des secteurs qui composent le système productif français montrent bien la diversité des structures organisationnelles et des systèmes de contraintes qui supporte la traçabilité dans chaque secteur. Au-delà des tendances lourdes communes à tous les secteurs (système d'information, formalisation et codification, publicité...), on trouve parmi les variables les plus discriminantes, les modes de coordination externes (relations de sous-traitance, proximité des clients et fournisseurs...) et le rapport au territoire des firmes. Le modèle agro-alimentaire met notamment en évidence le rapport spécifique des IAA au territoire, comparativement aux autres sec-

(6) Biens d'équipement	(7) Biens intermédiaires
Réf.	Réf.
0.156**	-0.0184
-0.00380	-0.167*
0.135	0.124
-0.0494	0.0159
-9.235*	-7.635***
0.266***	0.132***
0.786***	0.635***
-1.322***	0.610**
0.240***	0.167***
0.207***	0.325***
0.160***	0.0167
0.0280***	0.00325**
-0.223***	-0.285***
-0.261***	-0.0699
-0.0269	0.229***
-0.432***	-0.150***
0.0187	0.116**
-0.114	0.496***
Réf.	Réf.
-0.0541	-0.0630
-0.329***	-0.0511
0.267***	-0.159***
-0.0735*	0.0662***
-0.00537***	0.00162**
-1.539***	-1.097***
-2444.315	-5430.476
739	1,545
(4803)	(9248)
0.250	0.153
41.58	49.89

teurs industriels. Il se joue non seulement au niveau de l'absence d'influence des effets d'agglomération mais aussi dans le rôle actif que joue le lien au local dans la traçabilité ; la traçabilité reste pour les IAA un outil et un support pour la valorisation de ce lien. Pour les autres secteurs, la sensibilité aux effets spatiaux reste très variable et souvent le reflet de l'architecture organisationnelle de la firme. Elle reste fortement influencée par la spécificité des modes de coordination externes de chaque secteur avec leurs partenaires clefs et avec leurs marchés.

Chaque secteur est donc au carrefour de contraintes et de spécificités à la fois internes et externes qui influencent son processus de traçabilité. En tant qu'outil de coordination, le processus de traçabilité est particulièrement sensible aux modes de coordination des acteurs le long des filières et aux processus d'intégration verticale. L'importance des formes de pression de l'aval ou de l'amont appelle une analyse plus approfondie des rapports de pouvoirs et de modes de diffusion des informations et des connaissances au sein de filières. Ces rapports s'inscrivent clairement dans l'espace, donnant plus ou moins de poids aux acteurs locaux dans le développement des politiques technologiques des firmes.

Références

- ACTA-ACTIA. 2007, *Traçabilité : Guide pratique pour l'agriculture et l'industrie alimentaire*. 2^e ed. Paris : ACTA-ACTIA.
- Alfaro J. et Rabade L.A., 2009, Traceability as a strategic tool to improve inventory management: A case study in the food industry. *International Journal of Production Economics* 118(1), 104–110.
- Antonelli C., 1999, *The Microdynamics of Technological Change*. Routledge.
- Arthur W.B., 1989, Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. *Economic Journal* 99, 116–131.
- Autant-Bernard C., Massard N. et Largeron C., 2003, ICT, knowledge diffusion and agglomeration. *Géographie, Économie, Société* 5(3), 311–330.
- Banterle A. et Stranieri S., 2008, The consequences of voluntary traceability system for supply chain relationships. An application of transaction cost economics. *Food Policy* 33(6), 560–569.
- Battisti G. et Stoneman P., 2005, The intra-firm diffusion of new process technologies. *International Journal of Industrial Organization* 23(1-2), 1–22.
- Bikhchandani S., Hirshleifer D. et Welch I., 1998, Learning from the Behavior of Others: Conformity, Fads and Informational Cascades. *Journal of Economic Perspectives* 12(3), 151–170.
- Bocquet R., Brossard O. et Sabatier M., 2007, Complementarities in organizational design and the diffusion of information technologies : An empirical analysis. *Research Policy* 36(3), 367 – 386.
- Bouhsina Z., Codron J. M. et Hernandez-Sanchez A., 2002, Les déterminants de l'adoption des standards génériques: le cas de la filière française de fruits frais. *Economies et Sociétés* 36(9-10), 1617–1631.
- Briz J., 2003, *Internet, Trazabilidad y Seguridad Alimentaria*. Mundi-Prensa.
- Brousseau E. et Rallet A., 1998, Beyond Technological or Organisational Determinism: A Framework to Understand the Link Between Information Technologies and Organisational Changes. In *Telecommunications and Socio-Economic Development*, ed. S. MacDonald et G. Madden. Amsterdam: North-Holland, Elsevier Science pp. 245–273.
- Buhr B. L., 2003, Traceability and Information Technology in the Meat Supply Chain: Implications for Firm Organization and Market Structure. *Journal of Food Distribution Research* 34(3), 13–26.

- Charlier C., 2004, Traçabilité et gestion de la sécurité alimentaire: Quelle politique pour le règlement européen 178/2002 ? *Économie Rurale*, 282, 72-78.
- Charlier C. et Valceschini E., 2008, Coordination for traceability in the food chain. A critical appraisal of European regulation. *European Journal of Law and Economics* 25(1), 1-15.
- Cochoy F., 2005, A brief history of 'customers,' or the gradual standardization of markets and organizations. *Sociologie du travail* 47, 36-56.
- David P. A., 1985, Clio and the Economics of QWERTY. *American Economic Review* 75(2), 332-337.
- Fabbe-Costes N. et Lemaire C., 2001, La traçabilité totale d'une supply chain: principes, obstacles et perspectives de mise en œuvre. *Revue Française de Gestion Industrielle* 20(3), 23-52.
- Faraggi B. 2006, *Traçabilité: réglementation, normes, technologies, mise en oeuvre*. L'Usine nouvelle : Dunod.
- Farrell J. et Saloner G., 1985, Standardization, compatibility, and innovation. *RAND Journal of Economics* 16(1), 70-83.
- Fischer M. et Johansson B., 1994, Networks for Process Innovation by Firms: Conjectures from Observations in Three Countries. In *Patterns of a Network Economy*, ed. B. Johansson, C. Karlsson et L. Westin. Heidelberg: Springer-Verlag pp. 261-272.
- Forman C., 2005, The Corporate Digital Divide: Determinants of Internet Adoption. *Management Science* 51(4), 654.
- Frigant V. et Lung Y., 2002, Geographical proximity and supplying relationships in modular production. *International Journal of Urban and Regional Research* 26(4), 742-755.
- Gale H. F., 1998, Rural Manufacturing on the Crest of the Wave: A Count Data Analysis of Technology Use. *American Journal of Agricultural Economics* 80, 347-359.
- Galliano D. et Orozco L., 2011. The determinants of electronic traceability adoption: a firm-level analysis of French agribusiness. *Agribusiness*, 27 (3), 379-397.
- Galliano D. et Roux P., 2006, Les inégalités spatiales dans l'usage des TIC: Le cas des firmes industrielles françaises. *Revue Economique* 57(6), 1449-1475.
- Galliano D. et Roux P., 2008, Organisational motives and spatial effects in Internet adoption and intensity of use: evidence from French industrial firms. *The Annals of Regional Science* 42(2), 425-448.
- Galliano D., Roux P. et Soulié N., 2011, Intensity of use and the geography of firms. *Environment and Planning A*, vol. 43, pp 67-86.
- Geroski P. A., 2000, Models of technology diffusion. *Research Policy* 29(4), 603-625.
- Glaeser E.L., Kallal H. D., Scheinkman J. A. et Shleifer A., 1992. Growth in cities. *Journal of Political Economy* 100(6), 1126.
- Gollety M., Guichard N., Lehu J. et Van R., 2005, Vers la gestion anticipée d'un rappel de produit. *Revue Française de Gestion* 1(154), 21-37.
- Greenan N., 2003, Organisational change, technology, employment and skills: an empirical study of French manufacturing. *Cambridge Journal of Economics* 27(2), 287 - 316.
- Greenan N., Guillemot D. et Kocoglu Y., 2010, Informatisation et changements organisationnels dans les entreprises. *Réseaux* 28(162).
- Greene W. H., 2003, *Econometric Analysis (5th)*. Prentice Hall.
- Guillain R. et Huriot J.M., 2001, The Local Dimension of Information Spillovers: A Critical Review of Empirical Evidence in the Case of Innovation. *Canadian Journal of Regional Science* 24(2), 313-341.
- Harrison B., Kelley M.R. et Gant J., 1996, Innovative Firm Behavior and Local Milieu: Exploring the Intersection of Agglomeration, Firm Effects, and Technological Change. *Economic Geography* 72(3), 233-258.
- Hobbs J. E., 2004, Information asymmetry and the role of traceability systems. *Agribusiness* 20(4), 397-415.
- Hollenstein Heinz., 2004, Determinants of the adoption of Information and Communication Technologies (ICT): An empirical analysis based on firm-level data for the Swiss business sector. *Structural Change et Economic Dynamics* 15(3), 315-342.
- INSEE-INRA. 1998, *Les campagnes et leurs villes*. INSEE.

- Jansen-Vullers M. H., van Dorp C. A., et Beulens A. J. M., 2003, Managing traceability information in manufacture. *International Journal of Information Management* 23(5), 395-413.
- Isla A., 2010, Etiqueter la traçabilité dans le secteur viticole : répondre aux exigences du régulateur, tout en répondant à celles du producteur et de l'amateur du vin. *Sciences de la Société*, n° 80.
- Karshenas M. et Stoneman P. L., 1993, Rank, Stock, Order, and Epidemic Effects in the Diffusion of New Process Technologies: An Empirical Model. *The RAND Journal of Economics* 24(4), 503-528.
- Katz M. L. et Shapiro C., 1986, Technology Adoption in the Presence of Network Externalities. *Journal of Political Economy* 94(4), 822-841.
- Kechidi M., 2006, La dynamique des relations inter-entreprises dans l'industrie aéronautique: une analyse de la sous-traitance d'Airbus France. *Revue Française de Gestion* 25(2), 29-45
- Kumar S. et Budin E. M., 2006, Prevention and management of product recalls in the processed food industry: a case study based on an exporter's perspective. *Technovation* 26(5-6), 739-750.
- Lam A., 2002, Modèles nationaux ou régionaux d'apprentissage et d'innovation propres à l'économie de la connaissance. *Revue internationale des sciences sociales* 1(171), 75-93.
- Malmberg A., Malmberg B. et Lundquist P., 2000, Agglomeration and firm performance: economies of scale, localisation, and urbanisation among Swedish export firms. *Environment and Planning A* 32(2), 305-322.
- Mansfield E., 1961, Technical change and the rate of imitation. *Econometrica* 29(4), 741-766.
- Mansfield E., 1968, *Industrial Research and Technological Innovation: An Econometric Analysis*. RS Means Company.
- Milgrom P. et Roberts J., 1990, The economics of modern manufacturing: Technology, Strategy and Organization. *American Economic Review*. 80(3), 511-528.
- Mora C., et Menozzi D., 2005, Vertical contractual relations in the Italian beef supply chain. *Agribusiness* 21(2), 213-235.
- Ota M., et Fujita M., 1993, Communication technologies and spatial organization of multi-unit firms in metropolitan areas. *Regional Science and Urban Economics* 23, 695-729.
- Pinto D.B., Castro I. et Vicente A.A., 2006, The use of TIC's as a managing tool for traceability in the food industry. *Food Research International* 39(7), 772-781.
- Rabade L. A. et Alfaro J. A., 2006, Buyer-supplier relationship's influence on traceability implementation in the vegetable industry. *Journal of Purchasing and Supply Management* 12(1), 39-50.
- Rallet A. et Rochelandet F., 2007, ICTs and Inequalities: The Digital Divide. In *Internet and Digital Economics* *Internet and Digital Economics*, ed. E. Brousseau et N. Curien. Cambridge University Press, pp. 693-716.
- Reinganum J. F., 1989, The timing of innovation: Research, development, and diffusion. *Handbook of industrial organization 1*, ed. R. Schmalensee et R. Willig. North-Holland, pp. 849-908.
- Souza-Monteiro D. M. et Caswell J. A., 2010, The Economics of Voluntary Traceability in Multi-Ingredient Food Chains. *Agribusiness* 26(1), 122-142.
- Terzi S., Panetto H., Morel G. et Garetti M., 2007, A holonic metamodel for product traceability in Product Lifecycle Management. *International Journal of Product Lifecycle Management* 2(3), 253-289.
- Torre, A., 2006, Collective action, governance structure and organizational trust in localized systems of production. The case of the AOC organization of small producers. *Entrepreneurship & Regional Development* 18(1), 55-72.
- Valceschini E. et Maze A., 2000, La politique de qualité agro-alimentaire dans le contexte international, *Economie Rurale*, 258, 30-41.
- Van Rijswijk W., Frewer L. J., Menozzi D. et Faioli G., 2008, Consumer perceptions of traceability: A cross-national comparison of the associated benefits. *Food Quality and Preference* 19(5), 452-464.
- Verbeke W., 2005, Agriculture and the food industry in the information age. *European Review of Agricultural Economics* 32(3), 347-368.
- Verbeke, W. et Ward R. W. , 2006, Consumer interest in information cues denoting quality, traceability and origin: An application of ordered probit models to beef labels. *Food Quality and Preference* 17(6), 453-467.

- Vicente J. et Suire R., 2007, Informational Cascades versus Network Externalities in Locational Choice: Evidence of 'ICT Clusters' Formation and Stability. *Regional Studies* 41(2), 173–184.
- Viruéga J-L., 2005, *Traçabilité: outils, méthodes et pratiques*. Ed. d'Organisation.
- Von Tunzelmann N. et Acha V., 2005, Innovation in «low-tech» industries. In *The Oxford Handbook of Innovation*, ed. Fagerberg J., Mowery D. et Nelson R. Oxford: Oxford University Press, 407-432.

ANNEXE A

Tableau A : Description des variables

Variables	Définitions	Source
Variable dépendante		
Système Informatisé de Traçabilité (SIT)	= 1 si la firme a un Système informatisé de traçabilité, 0 si non	COI-TIC
Variables indépendantes		
Facteurs industriels		
<i>Caractéristiques internes</i>		
Taille	Variables qualitatives à 4 modalités : 20 à 49 salariés (en référence); 50 à 249 ; 250 à 499 et plus de 500	EAE
Appartenance à un groupe	= 1 si la firme est une filiale d'un groupe, 0 si non	COI-TIC
Taux de publicité	Le logarithme des dépenses totales de publicité/chiffres d'affaires HT	EAE
Nombre d'outils TIC	Une variable ordonnée de 0 à 6 qui correspond au nombre d'outils TIC existant dans la firme : ERP (Entreprise Ressource Planning), GED (outils de gestion électronique de documents), outils du Workflow, EDI (Echange Informatisé de données), Intranet et Extranet	COI-TIC
Certification qualité	= 1 si la firme a adhéré à un dispositif de certification tel que les normes ISO 9001, EAQF, etc.	COI-TIC
<i>Modes de coordination</i>		
Sous-traitance industrielle	Le logarithme des dépenses faites en sous-traitance (travaux confiés à l'extérieur en tant que donneur d'ordres : production, conception, service...) /chiffres d'affaires HT	EAE
Contrat de livraison avec ses clients	= 1 s'il existe un engagement contractuel à livrer ou fournir des biens ou services dans un délai limité, 0 si non	COI-TIC
Contrat de livraison avec ses fournisseurs	= 1 s'il existe une obligation contractuelle pour certains fournisseurs de fournir le produit dans des délais limités, 0 si non	COI-TIC

*Caractéristiques
de l'environnement sectoriel :*

Concentration du marché	Le logarithme du ratio de concentration C4: somme cumulée de parts de marché de quatre premières firmes du secteur (au niveau NAF 700)	EAE
Secteur d'activité	Variable qualitative à cinq modalités : Industrie des biens intermédiaires (en référence); Industrie agro-alimentaire; Industrie de biens de consommation ; Automobile et industrie de biens d'équipement	EAE
Effets épidémiques sectoriels	Le taux moyen d'adoption d'un SIT par les firmes du secteur (calculé au niveau NAF 700)	COI-TIC/ EAE

Facteurs spatiaux

Caractéristiques internes

Firme multi-établissement	= 1 si la firme possède deux établissements ou plus, 0 si non	EAE
---------------------------	---	-----

Modes de coordination

Proximité du plus gros client	= 1 si le plus gros client de l'entreprise est localisé à proximité d'un de ses sites (dans un rayon de 30 km), 0 si non	COI-TIC
Proximité du plus gros fournisseur	= 1 si le plus gros fournisseur de l'entreprise est localisé à proximité d'un de ses sites (dans un rayon de 30 km), 0 si non	COI-TIC

*Caractéristiques
de l'environnement spatial :*

Marché local-régional	= 1 si l'entreprise intervient sur le marché local ou régional, 0 si non	COI-TIC
Marché national	= 1 si l'entreprise intervient sur le marché national, 0 si non	COI-TIC
Exportations	Le logarithme du taux d'exports: montant des exportations/chiffres d'affaires HT	EAE
Zone du siège	Variable qualitative à quatre modalités : Zone urbaine (en référence) ; périurbaine ; Pôle rural et zone rurale isolée	EAE
Effets d'agglomération industrielle	Le logarithme du rapport de poids des effectifs salariés de l'activité dans les effectifs totaux du département, sur le même ratio calculé pour la France	EAE
Effets épidémiques spatiaux	Le taux moyen d'adoption d'un SIT par les firmes localisées dans le même département	COI-TIC/ EAE

Sources : Enquête COI-TIC, Changements organisationnels et Informatisation 2005 et EAE 2006, INSEE-SESSI-SCCESS