

M@n@gement

ISSN: 1286-4892

Editors:

Emmanuel Josserand, *HEC, Université de Genève (Editor in Chief)*

Jean-Luc Arrègle, *EDHEC (editor)*

Stewart Clegg, *University of Technology, Sydney (editor)*

Philippe Monin, *EM Lyon (Editor)*

José Pla-Barber, *Universitat de València (editor)*

Linda Rouleau, *HEC Montréal (editor)*

Michael Tushman, *Harvard Business School (editor)*

Thibaut Bardon, *Université Paris-Dauphine, CREPA - HEC, Université de Genève (editorial assistant)*

Florence Villesèche, *HEC, Université de Genève (editorial assistant)*

Martin G. Evans, *University of Toronto (editor emeritus)*

Bernard Forgues, *EMLyon Business School (editor emeritus)*

■ Isabelle LEROUX
Alain BERRO 2010
Négociation public/privé et co-évolution stratégique
dans un biocluster
M@n@gement, 13(1), 38 - 69.

accepté par Jean-Luc Arrègle

M@n@gement est la revue officielle de l'AIMS



M@n@gement is the official journal of AIMS

Copies of this article can be made free of charge and without securing permission, for purposes of teaching, research, or library reserve. Consent to other kinds of copying, such as that for creating new works, or for resale, must be obtained from both the journal editor(s) and the author(s).

M@n@gement is a double-blind refereed journal where articles are published in their original language as soon as they have been accepted.

For a free subscription to M@n@gement, and more information:
<http://www.management-aims.com>

© 2010 M@n@gement and the author(s).

Négociation public/privé et coévolution stratégique dans un biocluster

Isabelle Leroux

GRANEM – UMR MA 49
Université d'Angers et Agrocampus Ouest
UFR Droit Economie Gestion
isabelle.leroux@univ-angers.fr

Alain Berro

IRIT-UT1, UMR 5505, CNRS
Université de Toulouse
alain.berro@irit.fr

Résumé

Si les clusters se caractérisent par des pratiques partenariales vecteurs d'une forte compétitivité, certains d'entre eux rencontrent des difficultés de coordination liées à des conflits d'appropriation des bénéfices collectifs. C'est tout particulièrement le cas des bioclusters du fait de leurs particularités sectorielles et des politiques publiques à l'œuvre. Partant d'une analyse des conflits en jeu dans un biocluster, cet article vise à saisir comment émergent et co-évoluent les stratégies des firmes et des institutions en proie à des intérêts divergents. Selon une perspective évolutionnaire, nous proposons une simulation exploratoire permettant une analyse des dynamiques d'adaptation mutuelle de ces agents. Les résultats montrent d'une part que les firmes modulent leurs stratégies de négociation en fonction de l'incertitude et de la perception qu'elles ont des gains susceptibles d'être générés collectivement, d'autre part que les collectivités territoriales jouent un rôle régulateur. Cette recherche contribue à la compréhension des modalités de management public de la coopération et de l'innovation dans les bioclusters.

Mots-clefs

Cluster, biotechnologies, co-évolution, système complexe adaptatif.

Abstract

Clusters are characterized by partnership practices that lead to a high competitiveness. However some of them encounter coordination difficulties due to conflicts for the appropriation of collective gains. It is more particularly the case of bioclusters because of their sectorial particularities and because of the different public policies improved. Stemming from an analysis of conflicts at stake in a biocluster, this article aims at bringing to light how firms and institutions strategies emerge and co-evolve as their actions are characterized by divergent interests. According to an evolutionary perspective, we propose an exploratory simulation leading to an analysis of the mutual adaptation dynamics developed by the agents involved. The results show on one hand that firms adjust their bargaining strategies according to uncertainty and to their perception of the gains which might be generated at the collective level. On the other hand, the model shows that local authorities can play a regulatory part in the game. This exploratory research contributes to the comprehension of the management public modalities so as to generate cooperation and innovation within bioclusters.

Key-words

Cluster, biotechnology, co-evolution, adaptative complexe system.

INTRODUCTION

Au cours des quinze dernières années, la recherche sur les clusters industriels s'est considérablement développée avec l'intérêt croissant porté aux phénomènes de localisation, d'organisation industrielle et de diffusion de l'innovation (Krugman, 1991 ; Brezis *et al.*, 1993 ; Porter, 1998). La notion de cluster se définit au sens de Porter (1998) comme un ensemble d'entreprises et d'institutions géographiquement proches dont les activités sont complémentaires et caractérisées par un haut degré de spécialisation et de transfert technologique. Le cluster est fondé sur des réseaux denses de relations interfirmes caractérisés par des rapports de coopération et de compétition. Cette forte connectivité est productrice de bénéfices collectifs, comme les « quasi-rentes »¹ dues à l'exploitation des licences ou aux effets d'agglomération (Klein *et al.*, 1978 ; Zucker et Darby, 1997 ; Dyer et Singh, 1998 ; Simonin, 1999). Comme le montre le rapport 2007 de l'OCDE, une place prépondérante est donnée aux politiques volontaristes de développement des clusters géographiques liés aux activités de la santé, de l'environnement ou de la semence, telle la Medicon Valley à la frontière du Danemark et de la Suède. Aussi, ces politiques de développement et de soutien aux bioclusters suscitent-elles un intérêt renouvelé de la part des chercheurs en science de l'organisation.

1. La notion de quasi-rente permet de caractériser un revenu qui provient de la mise en commun de deux actifs complémentaires dans le cadre d'une coopération. On parle de quasi-rente organisationnelle pour désigner les gains générés par les phénomènes d'externalité pécuniaire dans les clusters (Gaffard, 1990).

Si la littérature sur les clusters biotechnologies est surtout centrée sur la forte compétitivité de tels systèmes d'innovation, certains travaux viennent relativiser ces succès en soulignant les difficultés de coordination liées aux conflits sur le partage et la redistribution des ressources et bénéfices collectifs (Owen-Smith et Powell, 2003). C'est tout particulièrement le cas des clusters biotechnologies du fait de leur triple particularité. Tout d'abord, les biotechnologies impliquent des interconnexions fortes entre la biologie végétale, la biologie animale et humaine (Argyres et Liebeskind, 2002). Cette transversalité nécessite un décloisonnement entre des communautés de recherche qui n'ont pas forcément l'habitude de travailler ensemble. Ensuite, les clusters biotechnologies sont marqués par une forte dépendance des petites entreprises vis-à-vis des grands groupes industriels de la pharmacie et de la semence, leur coopération prenant la forme d'une alliance asymétrique (Yan et Gray, 1994). Cette organisation que Roijackers *et al.* (2005) caractérisent d'organisation en dual market a pour particularité d'être assez souvent caractérisée par un climat de méfiance, les petites entreprises voyant leur pouvoir de négociation réduit face aux grands groupes. Enfin, les recherches en biologie, de par leur technicité, sont peu faciles d'accès et les acteurs publics sont très prudents lorsqu'ils effectuent des choix de financement des programmes de recherche (Leroux, 2004). La question des organismes génétiquement modifiés étant très controversée, ils doivent faire des choix en prenant en compte la manière dont ces derniers seront pris en compte par l'opinion publique. Une autre difficulté réside dans le fait qu'ils font l'objet d'une pression des grands groupes industriels (Bonardi *et al.*, 2005). Ils doivent donc composer avec les impératifs de développement local, les intérêts des grands groupes et la perception que l'opinion publique peut se faire du soutien à la recherche dans des domaines controversés.

Il en résulte une grande complexité des stratégies de négociation, l'objectif des firmes étant de capter les ressources ou les bénéfices collectifs à des fins d'appropriation privée. Dès lors, la question que se posent les décideurs est celle de la co-évolution des stratégies dans un contexte d'incertitude sur le comportement des partenaires. La co-évolution traduit le fait que les firmes et les institutions adoptent des stratégies évolutives sans pour autant être autonomes ou auto-adaptatives (Koza et Lewin, 1998 ; Bourguin et Derycke, 2005) dans la mesure où elles prennent en compte les stratégies des partenaires et les impacts de celles-ci sur le biocluster. La co-évolution renvoie aux ajustements continus, négociés et socialement situés des acteurs les uns par rapport aux autres. Si la notion de co-évolution est abordée dans la littérature pour traiter des phénomènes de diffusion technologique (Suire et Vicente, 2004 ; Steyer et Zimmermann, 2004) et d'adaptation environnementale (Lewin et Volberda, 1999), elle fait l'objet de très peu de développements pour ce qui concerne les stratégies d'acteurs et leurs impacts sur le système dans son ensemble. En s'interrogeant sur les conflits d'appropriation susceptibles de diviser les firmes et les institutions, l'objectif est de comprendre comment émergent et évoluent les stratégies de ces acteurs lors des négociations pour le partage des gains collectifs. Une recherche exploratoire, fondée sur un modèle de simulation, contribue à saisir les mécanismes d'adaptation mutuelle à l'œuvre. Les résultats émergents mettent en exergue les dynamiques de phasage des stratégies de négociation au sein du cluster et montrent le rôle régulateur des institutions. Ces travaux ouvrent ainsi la voie à plusieurs pistes de recherche dans le domaine du management public appliqué aux clusters, notamment le management de la coopération et de l'innovation dans de tels espaces locaux. La première partie de cet article présente un état de l'art. Dans une deuxième partie nous proposons une méthodologie exploratoire originale fondée sur des simulations dont nous présentons les résultats dans une troisième partie. La quatrième et dernière partie est consacrée à la discussion des résultats émergents.

LA CO-EVOLUTION STRATEGIQUE PUBLIC/PRI-VE DANS LES BIOCLUSTERS

De nombreuses contributions en économie et en science des organisations évoquent les questions d'appropriation et de vulnérabilité des clusters selon des angles d'analyse différents. Partant dans un premier temps des analyses en termes de diffusion technologique (Arthur, 1994), nous abordons ensuite les problématiques liées aux choix de politiques publiques (Feldman et Massard, 2002 ; Bonardi et al., 2005) pour finalement nous focaliser sur les approches concernant les différentes sources d'opportunité et d'incertitude sur le comportement des partenaires (Klein et al., 1978 ; Zucker et Darby, 1997). Dans un deuxième temps, nous proposons une approche du cluster comme lieu de co-évolution des stratégies firmes-institutions locales (Arthur *et al.*, 1997).

strategies public/privé et conflits d'appropriation dans les bioclusters

La vulnérabilité des clusters est souvent étudiée dans la littérature comme la résultante de phénomènes de congestion (Arthur, 1994 ; Suire et Vicente, 2004). Dans cette perspective structurelle, le processus de diffusion technologique atteint un seuil de saturation ou de congestion lorsqu'une technologie devient dominante par effet d'autorenforcement. Brezis *et al.* (1993) en font une analyse complémentaire en termes de cycle de vie. De nouvelles technologies supplantent les anciennes, de nouveaux clusters émergent tandis que d'autres connaissent un mouvement de déclin. La capacité des clusters à survivre dépend alors de la capacité des acteurs à assurer le transfert de connaissances en tirant avantage de leur proximité géographique.

Toutefois, au-delà de ces facteurs structurels, les comportements stratégiques des acteurs méritent également d'être pris en considération. Du point de vue des politiques publiques, les décideurs sont conduits à faire un choix entre la stratégie de redistribution régionale, fondée sur l'équité spatiale (*spatial equity*) dans la redistribution des richesses, et la politique de croissance des clusters fondée au contraire sur la concentration des activités économiques (Feldman et Massard, 2002). Ils se trouvent donc à court terme face à un dilemme entre redistribution équitable et accompagnement de l'innovation, sachant que l'électeur peut exprimer son mécontentement en « votant avec les pieds ». Dans une perspective proche, Bonardi *et al.* (2005) développent la notion de marché politique (*political market*) pour analyser les liens entre les acteurs publics et privés, les institutions étant offeuses et les firmes demandeuses d'une politique donnée. En cas d'intense rivalité entre les firmes, le décideur politique satisfera les intérêts du groupe le plus puissant. La limite d'une telle conception réside dans la vision des coordinations centrée sur le marché. Dans ce cas, la politique est définie comme une donnée exogène existant a priori, les relations entre acteurs firmes et institutions étant réductibles à un échange et non à un processus construit et négocié.

Par ailleurs, les biotechnologies sont très controversées dans l'opinion publique et posent des difficultés de management public et privé au regard des enjeux éthiques et réglementaires (Chataway *et al.*, 2004 ; Dasgupta et David, 1994 ; Etzkowitz et Leydesdorff, 2000 ; Lehrer et Asakawa, 2004). Il s'agit alors de faire des choix de politique publique qui assurent le développement des relations entre les firmes et les laboratoires de recherche publique tout en prenant en compte la perception que peut en avoir une opinion publique non acquise aux organismes génétiquement modifiés.

Au-delà des approches strictement centrées sur les choix stratégiques publics, les défauts de coordination au sein des clusters sont également étudiés comme étant relatifs à des conflits d'appropriation : conflits d'appropriation des ressources, des quasi-rentes ou des rentes de monopole (Klein *et al.*, 1978 ; Zucker et Darby, 1997 ; Simonin, 1999 ; Hamdouch et Depret, 2001). Dans ce cas, c'est l'opportunisme des acteurs en situation d'incertitude qui est en question. Certains ac-

teurs tentent de s'approprier individuellement ces rentes au détriment des autres, profitant ainsi de la nature incomplète des règles du jeu établies à l'initialisation des partenariats. La difficulté, pour les collectivités territoriales, est alors de trouver un mode de gestion qui permette l'harmonisation des intérêts en conflit sachant qu'elles font l'objet de stratégies d'influence (Bonardi *et al.*, 2005).

Ces conflits d'intérêts s'expliquent tout d'abord par l'existence d'une dualité entre coopération et compétition au sein des clusters. Si cette dualité est une source d'émulation (Teece, 1989 ; Gulati *et al.*, 2000), elle peut au contraire dans certains cas conduire à des comportements opportunistes de type free riding se traduisant par la captation inégale des ressources ou des rentes générées collectivement (Nootboom, 1999). Ce phénomène est particulièrement récurrent au sein des clusters biotechnologies en raison, comme le montrent Argyres et Liebeskind (2002), du caractère transectoriel (santé, agro-alimentaire, environnement) et fragmenté des activités en jeu. Les asymétries d'informations liées à la coexistence de différentes logiques sectorielles (végétal, animal, santé, nanotechnologies...) contribuent en effet à faciliter l'émergence de comportements opportunistes.

Ces conflits s'expliquent ensuite par l'hétérogénéité des firmes en présence (Saviotti, 1998 ; Powell *et al.*, 2005 ; Roijakkers *et al.*, 2005). Les bioclusters, comme la majorité des clusters, sont organisés en dual markets, fondés sur des partenariats entre de grandes firmes internationales « leaders » et des petites et moyennes entreprises. Néanmoins, ces partenariats peuvent conduire à des déséquilibres des relations de pouvoir, à des comportements opportunistes, voire à de la défiance lorsque la petite entreprise entre dans une situation de dépendance vis-à-vis d'un grand groupe². Il en résulte une instabilité parfois « chronique », voire un cloisonnement des liens entre petites et grandes firmes qui peut remettre en question la performance des clusters biotechnologies.

Enfin, les défauts de coordination sont également liés au caractère à la fois public et privé, hautement régulé et controversé, des activités liées à l'innovation biotechnologique. De nombreux travaux, comme ceux de Lawson (2004) ou Sherry et Teece (2004), montrent que les conflits portent sur la négociation des droits de propriété des ressources objets de recherche (fragments d'ADN...) ainsi que sur le partage des rentes liées à l'exploitation commune de licences. D'autres recherches, centrées sur la dynamique des réseaux, traitent de la problématique de « l'enracinement partiel » entre la sphère publique et la sphère privée. Owen-Smith et Powell (2003) montrent à ce titre que les laboratoires de recherche sont conduits à établir un équilibre stratégique entre les priorités académiques (règle de l'antériorité) et les priorités industrielles (règle du secret) pour éviter « le danger d'être capturés – instrumentalisés – par les intérêts industriels » (p. 1695).

Comme l'évoquent Chataway *et al.* (2004), Leroux (2004) ou Rausser *et al.* (2000), les relations stratégiques entre les firmes et les collectivités territoriales sont avant tout des relations de pouvoir asymétriques. Chaque conflit d'appropriation masque un conflit de pouvoir (Dockès, 1999), de la même manière que dans le cas des alliances, notamment

2. Les alliances asymétriques posent, davantage encore, le problème de leur stabilité en raison des asymétries de gains qui peuvent en résulter. Quelle que soit la nature du gain recherché à travers l'alliance, il existe toujours un risque pour que ce gain soit inférieur à l'investissement recherché (Kale *et al.*, 2000). Que l'on mobilise une approche par les compétences ou une approche par les coûts de transaction, c'est clairement un problème d'appropriation qui se pose (Prévoit, 2007) et d'opportunisme au sens de Williamson (1999). Le risque de conflit demeure toujours, même en présence d'effets de réputation ou de confiance (Gulati, 1995 ; Doz, 1996 ; Dollinger *et al.*, 1997).

asymétriques (Yan et Gray, 1994). Partant de faits stylisés, Leroux (2004) montre que les firmes développent des stratégies de négociation visant à capter les ressources générées collectivement et à orienter les décisions des collectivités territoriales, garantes de l'intérêt général. Si les entreprises développent des stratégies plus ou moins opportunistes de captation des quasi-rentes dans un but d'appropriation privée, les collectivités sont en mesure d'exprimer leur mécontentement par une réduction des aides publiques allouées. Néanmoins, les entreprises peuvent répondre à cela par une menace de désengagement. La relation devient alors une relation de négociation sous ultimatum caractérisée par de l'incertitude. Les collectivités doivent supporter une incertitude sur l'ancrage territorial des firmes concernées, et les firmes une incertitude sur la possibilité ou non de capter des ressources publiques. Dès lors, les collectivités sont amenées malgré elles à effectuer des concessions plutôt qu'à endosser la responsabilité d'une délocalisation. Mais par ailleurs, ces collectivités développent des stratégies d'appropriation des quasi-rentes, par le recours à l'impôt ou bien en incitant les firmes à financer des actions de recherche locales. Les ressources issues de l'impôt sont ensuite redistribuées sous différentes formes : apports financiers directs (prêts, subventions) ou indirects (exonérations) ; avantages en nature à caractère privé (bâtiments) ou public (infrastructures) ; services aux salariés. De ces relations inter-organisationnelles naissent des stratégies de négociation complexes voire, dans certains cas, ambivalentes. Les acteurs, firmes et institutions, se trouvent donc dans une situation de double incertitude : incertitude sur le comportement stratégique des partenaires à court, moyen et long termes ; incertitude sur la capacité du cluster à se régénérer.

Il en résulte que ces analyses, si elles contribuent largement à l'explicitation des conflits firmes-institutions, n'offrent cependant qu'une « photographie » des situations les plus probables sans pour autant évoquer leurs évolutions dans le temps et leurs impacts sur la performance du cluster. Il s'agit donc de saisir les liens entre l'adaptation des comportements opportunistes en situation d'incertitude et la vulnérabilité du biocluster. Dans cette perspective, l'approche par la co-évolution peut contribuer à une analyse dynamique des adaptations stratégiques mutuelles au sein des bioclusters.

pour une approche des bioclusters fondée sur la co-évolution stratégique

La co-évolution, dans son sens large, désigne les transformations et les adaptations réciproques entre deux espèces vivantes au cours de leur évolution. Le biocluster est appréhendé dans cette perspective comme un système complexe en évolution (Nicolis et Prigogine, 1994 ; Janszen et Degenaars, 1998). L'intérêt de cette approche réside dans la prise en compte des mécanismes internes de prise de décision et d'adaptation, tant pour ce qui concerne leur émergence que leur renversement. En effet, fondée sur une grande variété de partenariats et de stratégies liant des acteurs privés et publics, la trajectoire d'évolution du cluster peut s'avérer instable voire, dans certains cas, chaotique (Luukkonen,

2005 ; Mangematin et al., 2003 ; Stuart et Sorenson, 2003). Dès lors, dans la lignée des questionnements sur les trajectoires d'évolution (Mangematin et al., 2003) et sur la dimension stratégique des coordinations (Chataway *et al.*, 2004 ; Rausser *et al.*, 2000 ; Etzkowitz et Leydesdorff, 2000), cette approche permet l'analyse dynamique des stratégies d'acteurs en situation d'incertitude.

Les approches centrées sur la co-évolution stratégique au sein des bioclusters sont dans la littérature fondées sur des modèles de comportements s'inscrivant dans une posture évolutionnaire (Arthur *et al.*, 1997 ; Kirman, 1997) étroitement liée au paradigme cognitif (Simon, 1955 ; Walliser, 2000). Cinq grands principes régissent les coordinations dans de tels modèles : 1) le principe d'hétérogénéité des agents ; 2) le principe de variabilité, qui correspond à la capacité endogène du système à produire de nouvelles trajectoires dépendant des mutations comportementales internes ; 3) le principe de path dependency ou dépendance de sentier, qui renvoie aux effets d'apprentissage et aux mécanismes d'auto-renforcement menant à des irréversibilités de la dynamique d'évolution ; 4) le principe d'apprentissage inductif, selon lequel les agents sont individuellement inscrits dans un processus cognitif de résolution de problèmes. Ils apprennent et adaptent leurs comportements en fonction de l'expérience acquise ; 5) le principe de rationalité située, selon lequel la rationalité des agents se construit au travers de l'interaction et en fait des agents adaptatifs. Les agents sont donc inscrits dans des relations au sein desquelles la formalisation de la connaissance est « imprégnée de la singularité du contexte » (Ponsard, 1994, p. 171). Chaque agent est appréhendé comme un sujet « agissant » au sens où il construit ses propres objectifs de manière intentionnelle et contingente. L'approche évolutionnaire s'émancipe donc de la fiction de l'agent représentatif en substituant la notion de rationalité située à la notion de rationalité limitée (Vriend, 2000).

Dans cette perspective évolutionnaire, le biocluster est appréhendé comme un système complexe en évolution (Nicolis et Prigogine, 1994 ; Janszen et Degenars, 1998). L'intérêt de cette approche réside dans la prise en compte des mécanismes internes de prise de décision et d'adaptation, tant pour ce qui concerne leur émergence que leur renversement. Toutefois, les modèles relevant de cette approche par la co-évolution, même s'ils ont connu de nombreux raffinements, traitent assez peu des stratégies d'appropriation des acteurs publics et privés. On retrouve dans la littérature de nombreux modèles d'externalités de réseaux comme celui de David et al. (1998), qui mobilise les voisinages d'interaction pour montrer l'émergence de niches technologiques, ou bien encore les travaux de Steyer et Zimmermann (2004) qui modélisent une structure relationnelle et montrent comment les agents « leaders » influencent les trajectoires d'évolution du cluster. D'autres modélisations montrent les capacités d'émergence de comportements altruistes dans un cluster. Mitteldorf et Wilson (2000) mettent, à ce titre, en évidence l'importance de la densité des liens dans l'émergence de l'altruisme.

Néanmoins, ces modèles, s'ils contribuent largement à l'analyse des clusters, rencontrent des difficultés à traiter de manière liée la pro-

blématique de l'adaptation mutuelle des stratégies et la problématique de viabilité du cluster en situation d'incertitude comportementale. Une voie reste donc à explorer. En distinguant les motivations des firmes, satisfaisant leurs intérêts privés, et les motivations des collectivités territoriales qui satisfont l'intérêt général, nous posons ici la question de la co-évolution des stratégies d'appropriation des ressources. Quelles sont les stratégies opportunistes mises en place par les acteurs publics et privés en situation d'incertitude ? Comment ces stratégies co-évoluent-elles dans le temps en fonction de leurs impacts sur la performance du cluster ? Il s'agit ici d'ouvrir une voie de recherche nouvelle sur la dynamique stratégique des bioclusters et d'apporter des éléments d'analyse aux décideurs publics qui font l'objet d'influences de la part des firmes.

METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

3. La vie artificielle a été définie par Langton en 1989 comme étant l'étude de systèmes construits par l'homme qui présentent des comportements caractéristiques des systèmes vivants naturels. Un système de vie artificielle peut se reproduire lui-même ; un système de vie artificielle possède une capacité d'adaptation.

Les simulations en vie artificielle³ rencontrent une popularité croissante en science des organisations, comme en témoignent les numéros spéciaux de l'*American Journal of Sociology* en 2005 ou de l'*Academy of Management Review* en 2007 (Cartier et Forgues, 2006 ; Brabazon et O'Neill, 2006; Davis *et al.*, 2007). L'intérêt d'une simulation réside dans la capacité conférée aux agents de rechercher de manière systématique des cohérences comportementales qu'ils vont intégrer dans leur « modèle du monde » de manière adaptative (Marney et Tarber, 2000 ; Vriend, 2000). Il s'agit d'une représentation simplifiée de la réalité visant à établir des liens entre des variables d'entrée et de sortie, et qui peut être mobilisée en vue d'expliquer une réalité ou bien en prédire les issues (Gilbert et Troitzsch, 1999). L'apport de la simulation est triple (Cartier et Forgues, 2006 ; Davis *et al.*, 2007) : elle permet la formalisation simple d'une réalité complexe et est un outil puissant de développement théorique ; elle permet d'approcher les conditions de l'expérimentation et d'étudier les différentes relations de cause et effet en faisant varier les conditions de départ du modèle ; il s'agit d'une heuristique, elle aide à la découverte par la production d'artefacts. L'heuristique de la vie artificielle met en scène des agents qui interagissent entre eux sur la base de règles de comportement autonomes. La sélection naturelle agit ensuite sur les caractéristiques de ces agents. La notion d'émergence est au cœur de l'analyse, entendue comme l'apparition spontanée d'une micro-régularité émergeant de l'interaction (Arthur *et al.*, 1997). La vie artificielle donne une place centrale à la dimension cognitive de l'interaction et plus particulièrement à l'apprentissage inductif. Les agents sont inscrits individuellement dans un processus de résolution de problèmes. Ils apprennent et s'adaptent par une variété de processus cognitifs visant à convertir l'information – résultant de l'expérience en environnement complexe et changeant – en action.

Les simulations sont construites sur la base de différentes méthodes. Les plus utilisées sont les automates cellulaires, les systèmes multi-agents et les algorithmes génétiques. Les automates cellulaires prennent naissance dans les travaux de Von Neumann (1966) sur les

systèmes auto-réplicatifs. Ils sont largement utilisés aujourd'hui dans les recherches sur les interactions de voisinage et particulièrement adaptés à l'étude des phénomènes locaux ou aux situations concurrentielles sur un marché (Roehrich, 2006). Les systèmes multi-agents sont des entités physiques ou virtuelles qui agissent en communiquant avec d'autres agents. Chaque agent optimise des objectifs individuels en fonction des ressources à disposition et de sa perception de l'environnement (Ferber, 1995 ; Wilensky, 2000). Ce type de méthode est appliqué à des problèmes concrets tels que les moteurs de recherche en commerce électronique (Cartier et Forgues, 2006). Les algorithmes génétiques (Holland, 1975) sont également très utilisés en sciences de gestion pour la modélisation des phénomènes complexes émergents. Considérés comme les outils les plus « standards », ils consistent en l'instrumentalisation d'une fonction optimisatrice (Goldberg, 1989) et sont fondés sur des opérateurs de mutation et de croisement. D'un point de vue technique, le principe de l'algorithme génétique est de mettre en scène une population initiale d'individus, ces derniers étant conduits à évoluer et se reproduire selon un processus de sélection naturelle débouchant sur des individus de plus en plus adaptés. En management, ils sont mobilisés pour représenter l'organisation, chaque gène figurant une caractéristique de l'organisation ou des agents qui la constituent. La validité interne des résultats issus de ces différentes méthodes a été testée dans de nombreux travaux. Selon Masuch et Lapotin (1989), la simulation permet d'identifier avec certitude les relations causales. La validité externe est plus difficile à déterminer dans le cadre de ce type de méthode. Selon Cartier et Forgues (2006), il est nécessaire de s'assurer préalablement que les résultats ne sont pas dépendants des principaux paramètres du modèle. Par ailleurs, il est aussi nécessaire de s'assurer de la représentativité de la réalité simulée en s'alignant de manière significative sur les observations réalisées sur le terrain (Cartier et Forgues, 2006).

design du modele de simulation

Le modèle de simulation présenté ici est la métaphore simplifiée d'un biocluster. Il s'agit d'un modèle schématique (Thietart, 2003) en ce sens que la notion de relation est ici restreinte aux seules stratégies des firmes et des collectivités territoriales. Il n'ambitionne pas de rendre compte de la totalité de l'objet de recherche qu'est le cluster mais simplement des interactions stratégiques public/privé et de leur co-évolution. La méthode privilégiée dans le cadre de cette recherche est une simulation en vie artificielle fondée sur un algorithme génétique impliquant des opérateurs de mutation et de croisement (Holland, 1975 ; Goldberg, 1989). L'intérêt de l'algorithme réside dans la capacité conférée aux agents de rechercher de manière systématique des cohérences comportementales qu'ils vont intégrer dans leur « modèle du monde » de manière adaptative afin d'en saisir les micro-régularités émergentes (Marney et Tarber, 2000 ; Vriend, 2000).

Nous mobilisons ici la théorie des jeux pour la formalisation des comportements des firmes et des institutions. L'intérêt de mobiliser cet outil

théorique est double. Tout d'abord, la validité interne des modèles de théorie des jeux a largement été testée (Ellingsen, 1997). Elle constitue une approche mathématique robuste de problèmes de stratégie en recherche opérationnelle et en économie. Ensuite, elle contribue à l'étude des comportements d'individus face à des situations antagonistes. Elle met plus précisément en évidence la variété des stratégies rationnelles possibles dans des situations où les gains d'un acteur dépendent non seulement de son comportement et des règles du jeu, mais aussi de celui des autres intervenants, lesquels peuvent poursuivre des objectifs différents ou contradictoires (Schelling, 1960). Le modèle est décrit ici selon la méthode dite narrative, qui consiste à décomposer chaque action des agents et à resituer chacune d'elles dans le processus adaptatif global. Selon Goldspink (2002), il s'agit de la méthode la plus appropriée pour présenter le design des modèles de simulation et spécifier de manière rigoureuse la nature des interactions entre les agents.

Les interactions stratégiques au sein du biocluster ou « modèle du monde »

Dans le modèle proposé ici, les acteurs négocient pour le partage d'une quasi-rente, représentée par un gâteau. Il s'agit de la modélisation en vie artificielle d'un jeu de demande sous ultimatum faisant interagir des joueurs qui négocient deux à deux (Ellingsen, 1997). Ainsi, quand les joueurs veulent s'approprier respectivement une part très importante du gâteau, par des moyens plus ou moins opportunistes, la négociation échoue. Dans le cas contraire, chacun repart avec la portion demandée.

Les firmes sont modélisées sous la forme d'agents « obstinés » (Obs), dont les demandes sont indépendantes de celles de leurs adversaires. Comme elles participent à la performance du cluster, elles cherchent à s'approprier une part de gâteau qu'elles fixent elles-mêmes en fonction de leurs objectifs de profitabilité et de leur tendance à l'opportunisme. Certaines d'entre elles demandent une part majeure de gâteau (plus de 50 %) alors que d'autres demandent une part inférieure ou égale à 50 %.

Les collectivités territoriales sont modélisées sous la forme d'agents « sophistiqués » (Soph), qui adaptent leur demande aux demandes espérées de leurs adversaires plutôt que de rencontrer un échec. En tant que garantes de l'intérêt général elles choisissent de s'adapter aux demandes des firmes en situation d'incertitude sur le comportement futur de ces dernières. Elles ont donc une tendance à faire « concession », leur objectif étant de favoriser l'ancrage de ces firmes au sein du territoire, de stimuler les partenariats de recherche locaux et, ainsi, d'accompagner la performance territoriale. Mais elles demeurent néanmoins sous l'ultimatum des firmes qui, lorsqu'elles souhaitent influencer sur les collectivités, les menacent de désengagement. Par ailleurs, lorsque deux collectivités territoriales négocient ensemble, elles partagent le gâteau selon une proportion 50-50. Ce partage égalitaire tient à leur volonté de préserver l'intérêt général et d'éviter tout conflit.

La détermination de la demande

La demande d_i de chaque firme est fondée sur deux composantes, la taille espérée du gâteau et la portion demandée :

$$d_i = \text{taille espérée du gâteau (teg)} * \text{portion demandée (i)}$$

avec

T : la taille réelle du gâteau

$\text{teg} \in [0, TG]$, valeur minimale et valeur maximale de teg

$i \in I \subset [0, 1]$, I ensemble des portions demandées

donc

$d_i \in D \subset [0, TG]$, D ensemble fini des demandes possibles

La stratégie consistant à demander d_i avec $i = 0.5$ est appelée « stratégie juste ». Toute stratégie pour laquelle la portion demandée est telle que $i > 0.5$ est appelée « stratégie avide ». Les autres stratégies, telles que $i < 0.5$, sont quant à elles appelées « stratégies modestes ».

Les institutions locales, dont la stratégie est notée r , sont capables d'observer la stratégie de demande de l'adversaire et d'adapter leur demande à la demande espérée de cet adversaire plutôt que d'essayer un échec. Par conséquent, quand une institution rencontre une firme qui demande d_i , elle fait la demande d_r suivante :

$$d_r = \text{teg}_r - d_i \text{ avec } d_r \geq 0$$

Tout comme les firmes, les institutions peuvent aussi être menées à l'échec si elles surestiment la taille du gâteau.

La fonction de paiement

Si la firme i demande d_i et la firme j demande d_j , alors le joueur i reçoit le paiement suivant :

$$\Pi_{ij} = d_i \text{ si } d_i + d_j \leq T, 0 \text{ sinon}$$

Si la somme de d_i et d_j excède la taille réelle du gâteau T , alors il y a échec de la négociation, et les deux joueurs n'obtiennent aucun gain. Dans le cas inverse, les surplus sont perdus, une négociation mal calibrée participant ainsi au gaspillage des gains collectifs au sein du cluster.

Lorsqu'une institution négocie avec une firme elle obtient :

$$\Pi_{ri} = \text{teg}_r - d_i \text{ si } \text{teg}_r \leq T \text{ et } d_i \leq T$$

Et quand deux institutions négocient ensemble, elles obtiennent :

$$\Pi_{r1r2} = \text{teg}_{r1}/2 \text{ si } (\text{teg}_{r1} + \text{teg}_{r2})/2 \leq T$$

La matrice des paiements est présentée ci-dessous.

Tableau 1. Matrice des paiements

	Obstiné d_i	Sophistiqué r_1	
Obstiné d_j	d_j	d_i	$teg_{r_1-d_j}$
Sophistiqué r_2	$teg_{r_2-d_i}$	d_i	$teg_{r_1/2}$
		d_j	$teg_{r_2/2}$

Implémentation de l'algorithme génétique et validité du modèle

La validité interne du modèle est recherchée à travers une triple démarche : le choix de l'algorithme et sa séquentialité ; la robustesse des paramètres choisis ; la structure comportementale du jeu. L'algorithme génétique, dont la séquentialité est décrite en **annexe 1**, consiste en une fonction optimisatrice (Goldberg, 1989) dans laquelle sont introduits trois opérateurs d'évolution, sélection / croisement / mutation. Ces opérateurs ont une double fonction (Schoenauer *et al.*, 1996) : le processus génétique exploite les zones de voisinage déjà connues et explore simultanément toutes les zones inconnues au-delà de ce voisinage (dilemme EVE – Exploitation versus Exploration). Le choix d'un algorithme génétique tient à l'objectif de ce travail de recherche, à savoir analyser la dynamique d'adaptation de différentes populations d'agents et identifier les mécanismes affectant ce processus d'adaptation et l'émergence de micro-régularités (Bruderer et Singh, 1996 ; Davis *et al.*, 2007)⁴. Ainsi, chaque agent est déterminé par son « génotype » (**annexe 1**), qui est composé d'une part de la taille espérée du gâteau et d'autre part de sa stratégie de partage.

La population de firmes et d'institutions s'élève dans le modèle à 1 000 agents, ce qui correspond aux réalités d'un cluster de taille moyenne⁵. La taille initiale du gâteau est $T=1$ et l'intervalle de variation est $[0.1 ; 2.0]$. Cet intervalle borné vise à renforcer le réalisme du modèle, un cluster ne pouvant croître de manière exponentielle. La population de firmes ou agents obstinés (Obs) est divisée en sept profils représentés par des intervalles discrets (**tableau 2**) compris entre 0 et 100. Le choix de sept profils est suffisamment large pour assurer techniquement la représentativité des demandes possibles tout en garantissant la lisibilité des résultats sur un histogramme. Des tests de robustesse effectués sur quinze profils apportent des résultats identiques (**figure 6, annexe 3**) mais réduisent la lisibilité des graphes. Chaque profil est fixé arbitrairement et correspond à la portion de gâteau demandée.

Tableau 2. Les sept profils de firmes

Nom du profil	Explication	Type du profil
Obs 7	Firmes dont la demande est de 7 %	Modeste
Obs 21	Firmes dont la demande est de 21 %	
Obs 35	Firmes dont la demande est de 35 %	
Obs 50	Firmes dont la demande est de 50 %	Juste
Obs 64	Firmes dont la demande est de 64 %	
Obs 78	Firmes dont la demande est de 78 %	Avide
Obs 92	Firmes dont la demande est de 92 %	

Les simulations sont fondées sur les paramètres d'évolution suivants : le taux de mutation est de 10 % ; le taux de croisement est de 50 % ; la distribution initiale de chaque profil (Obs et Soph) est de 12,5 % à l'ini-

4. Nous invitons le lecteur à se référer à ces deux articles fondamentaux présentant des analyses approfondies de validité des différents outils utilisés en vie artificielle.

5. Le tableau 3 en annexe 2 propose une synthèse des paramètres utilisés dans les différentes simulations.

tialisation du jeu. Selon les tests de validité interne de Schoenauer *et al.* (1996), le choix de ces paramètres permet de maintenir d'une part une pression sélective sur la population afin d'assurer la convergence de l'algorithme, d'autre part la diversité génétique de la population afin d'éviter une convergence trop rapide. En effet, tout algorithme risque de générer une duplication excessive de certains individus générateurs de gains élevés. La perte de diversité génétique peut ainsi biaiser le processus d'évolution. La solution technique consiste alors à introduire de manière exogène un taux de mutation continue. Le taux de mutation idéal est fixé à 10 % pour cette raison technique bien identifiée en recherche informatique (Schoenauer *et al.*, 1996). En matière de robustesse, différents taux de mutation ont été testés de 5 % à 12,5 % et n'apportent aucun changement à ces résultats (**figure 7 annexe 3**). À 2,5 %, les résultats sont faussés par des convergences trop précoces; à partir de 15 %, le taux de mutation perturbe la convergence de l'algorithme et rend par ailleurs les graphes illisibles (**figure 7, annexe 3**). Le taux de croisement est quant à lui fixé à 50 % conformément aux références classiques de robustesse (Schoenauer *et al.*, 1996). Il correspond à une reproduction dite sexuée de la population d'agents : des couples d'individus « parents » génèrent des individus « enfants » selon un processus génétique portant sur *teg*. Le taux de 50 % est le taux usuellement choisi pour maintenir la diversité de la population tout en permettant la convergence de l'algorithme : une trop faible reproduction des agents empêche le processus d'apprentissage de se dérouler ; a contrario un paramètre de croisement supérieur à 50 % contribue à une convergence trop précoce de l'algorithme.

Si les interconnexions sont nombreuses, les agents ne négocient cependant pas systématiquement avec l'ensemble de la population mais seulement avec certains partenaires lorsque cela apparaît nécessaire. Par conséquent, à chaque tour de négociation, les agents négocient avec un échantillon représentatif de 10 % de la population totale. Chaque agent fait ensuite l'objet d'une évaluation en fonction des gains qu'il est capable de générer.

Dans ce monde artificiel, certains agents sont liés par une proximité dite relationnelle (Grossetti, 1998). Tout comme le montre Porter (1998), le cluster est fondé sur des réseaux de firmes et d'institutions interconnectés. Afin d'intégrer cette caractéristique dans le modèle de simulation, nous faisons l'hypothèse que certains agents entretiennent entre eux des liens plus étroits. Ainsi, bien que les firmes et les institutions négocient avec tous les membres du cluster (phase de *notation*), elles n'échangent une information sur la taille du gâteau qu'avec des partenaires dont elles ont noté qu'ils avaient adopté la même stratégie qu'elles durant la phase de négociation (phase de *croisement*). Par conséquent, si certains agents ne sont pas capables de reconnaître au départ la stratégie de leur adversaire, ils peuvent néanmoins la découvrir par apprentissage durant le processus de négociation par essai-erreur. Cette proximité relationnelle établie entre les agents qui optent pour des stratégies similaires leur confère une capacité à effectuer un échange sélectif d'information et les place dans une même approche stratégique.

La validité interne du modèle est également renforcée par la structure de jeu sous ultimatum. Cette dernière permet d'identifier clairement et de manière systématique les liens entre le comportement des agents et les gains qu'ils génèrent, à savoir les relations de causalité lors d'une séquence algorithmique (Goldspink, 2002). Dans ce jeu sous ultimatum, chaque cas d'interaction stratégique et chaque gain généré par des agents qui négocient deux à deux sont explicites et aisément repérables dans la matrice des paiements (**tableau 1**).

En termes de validité externe, une importance majeure est accordée à la représentativité du modèle qui s'appuie sur les faits stylisés précédemment décrits (Rausser et al., 2000 ; Chataway *et al.*, 2004 ; Leroux, 2004) et vise à être le plus proche possible de la réalité. Toutefois, il est bien évident que ce type de modèle, et c'est bien l'enjeu des débats actuels, ne saurait constituer une reproduction identique de cette réalité puisque, comme nous l'annonçons au début de cette section, il s'agit d'un modèle schématique. Il n'en demeure pas moins que sa force est de pouvoir restreindre l'analyse aux modes d'interaction que l'on peut ainsi isoler pour mieux en identifier les évolutions et pour observer les artefacts générés de manière endogène.

Dans la lignée des travaux d'Axelrod (1997), toute simulation intégrant des processus d'évolution non linéaires pose le problème de la path dependency. Ainsi, une simulation se trouve conditionnée par une sensibilité aux conditions initiales, la réponse du système à une perturbation endogène étant dépendante de la structure du modèle et du processus séquentiel d'adaptation. Aucune simulation ne sera donc identique à une autre. En cela, un travail de recherche fondé sur cette méthodologie revêt un caractère généralisable plus faible qu'une analyse statistique classique (Goldspink, 2002). Sa validité externe est donc à nuancer en fonction de cette sensibilité. Toutefois, et c'est un élément important de débat en sciences sociales, il faut souligner avec Axelrod (1997) que l'intérêt d'une simulation ne réside pas dans une capacité à développer des prédictions exactes valables en toutes circonstances. La force d'une simulation telle que nous la développons ici est qu'elle permet d'identifier des modes de comportements typiques dans un système d'agents qui reste une métaphore du monde et dont les résultats sont un exemple précieux d'analyse comportementale. Il s'agit d'apporter des éléments d'identification des conditions d'émergence de régularités micro-comportementales dans un système d'acteurs en co-évolution, ces dernières constituant ainsi des éléments d'analyse que le chercheur pourra mobiliser dans la réalité d'un cluster. Il n'en demeure pas moins qu'il est possible d'améliorer la validité externe d'une simulation. Suivant Axelrod (1997) et Goldspink (2002), il est impératif de relancer les simulations et de développer des analyses statistiques des résultats pour une identification la plus précise possible des différentes micro-régularités émergentes. Dans cette perspective, chaque simulation est systématiquement relancée mille fois, de manière à s'assurer des résultats émergents. Pour chaque simulation, les jeux d'équilibre entre les différentes populations d'agents sont identifiés grâce à une technique de reconnaissance statistique (décrite en **annexe 1**), ce qui évite toute erreur d'interprétation des résultats.

RESULTATS

Comme le soulignent Cartier et Forgues (2006), l'intérêt d'une simulation est de pouvoir faire varier les conditions de départ, ou règles exogènes du jeu, pour en analyser l'effet sur le résultat final. Aussi, nous présentons les résultats émergents de trois simulations complexifiées de manière graduelle. Conformément à la problématique, ces trois simulations visent à saisir les mécanismes de co-évolution stratégique firmes-institutions en situation d'incertitude : (1) la première simulation (S1) vise à étudier la co-évolution stratégique des firmes et des institutions en l'absence d'incertitude sur la taille du gâteau, de manière à pouvoir comparer cette situation sans incertitude avec des situations caractérisées par une incertitude ; (2) la deuxième simulation vise à étudier la co-évolution stratégique des firmes et des institutions lorsqu'on introduit de l'incertitude sur la taille du gâteau ; (3) la troisième simulation vise à étudier la co-évolution stratégique des firmes et des institutions lorsqu'il y a incertitude sur la taille du gâteau et lorsque les comportements opportunistes contribuent à réduire la performance du cluster.

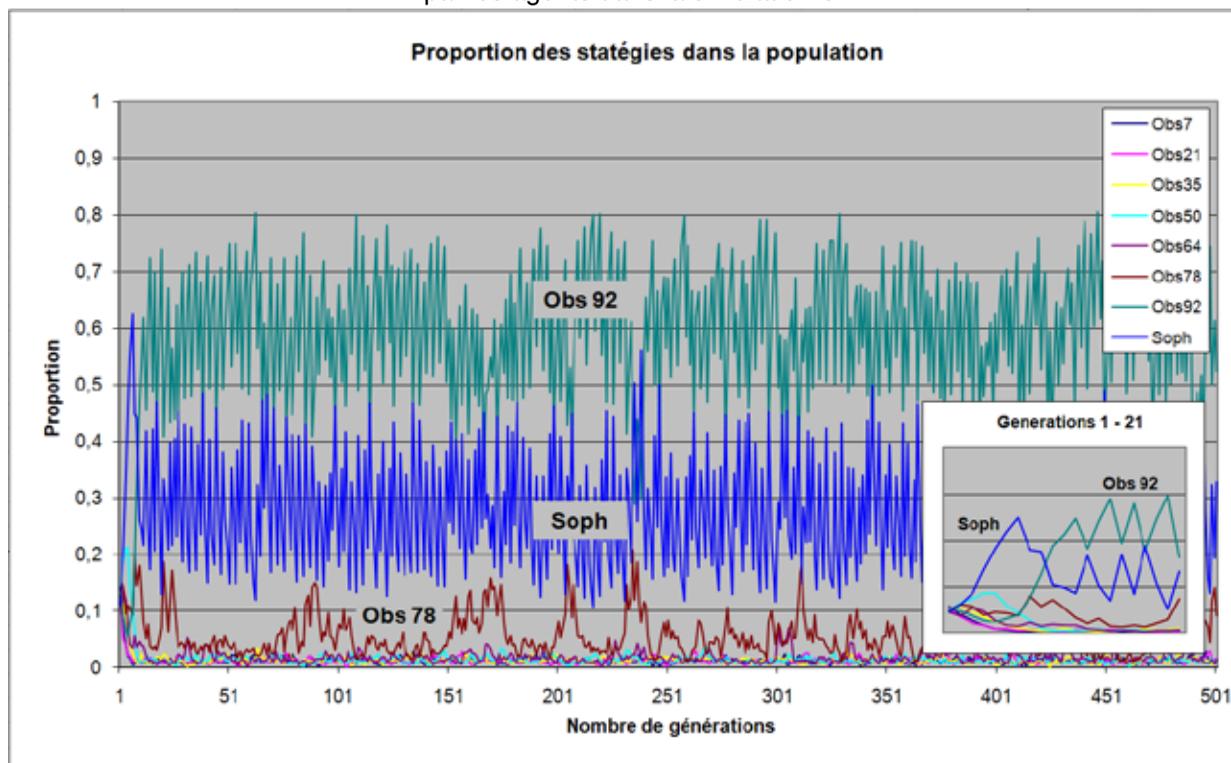
simulation s1 : la taille du gâteau est connue et ne varie pas

La taille du gâteau est $T=1$, elle ne change pas pendant le processus de négociation. La simulation contribue ici à observer étape après étape les stratégies adoptées par les agents, leur co-évolution et leur renversements possibles sur 500 périodes ou générations. Les simulations ont été relancées mille fois et débouchent dans 100 % des cas sur les mêmes issues. Les résultats montrent que les stratégies de négociation évoluent en deux phases distinctes (**figure 1**). Tout d'abord, les institutions locales constituent la majorité de la population totale durant les vingt premières périodes. Les négociations aboutissent alors à un partage égalitaire du gâteau, à savoir 50/50. Ensuite, cette très large présence d'institutions qui font concession contribue à l'émergence des stratégies les plus avides (92 % du gâteau) qui constituent in fine la majorité de la population représentée aux côtés d'une petite proportion de firmes dont la demande est de 78 %.

En l'absence d'incertitude sur la taille du gâteau, on observe donc que les stratégies les plus opportunistes prennent l'avantage dans la négociation. Les institutions locales n'y sont pas étrangères et jouent « involontairement » un rôle « distributif » : en faisant concession elles contribuent à la multiplication des stratégies les plus opportunistes au détriment des stratégies justes ou modestes.

Résultats émergents S1 : Lorsque les quasi-rentes sont connues et stables dans le temps, les firmes ont une tendance à opter pour des stratégies très opportunistes. Elles s'appuient pour cela sur les institutions concessionnaires qui jouent, de manière involontaire, un rôle distributif.

Figure 1. Exemple d'évolution des stratégies de négociation adoptées par les agents dans la simulation S1



simulation s2 : la taille du gâteau est inconnue ce qui induit une incertitude

La taille du gâteau n'est pas connue et les agents vont devoir l'estimer. Toute surestimation leur sera préjudiciable, le jeu étant sous ultimatum. Les firmes et les institutions sont ici dotées d'une capacité endogène à modifier leur demande respective d . Elles estiment la taille du gâteau selon un processus d'apprentissage portant sur τ_{eg} et rendu possible par le recours aux opérateurs de mutation et de croisement. Chaque agent a donc la capacité à évaluer τ_{eg} , et chaque nouvelle évaluation conduit à une modification de la demande d . La possibilité d'échec est donc élevée, les agents pouvant surestimer ou bien sous-estimer la taille du gâteau. Celle-ci est par ailleurs fixée à $T=1$.

Le lancement de 1 000 simulations débouche sur les différents résultats suivants (**figure 2**) :

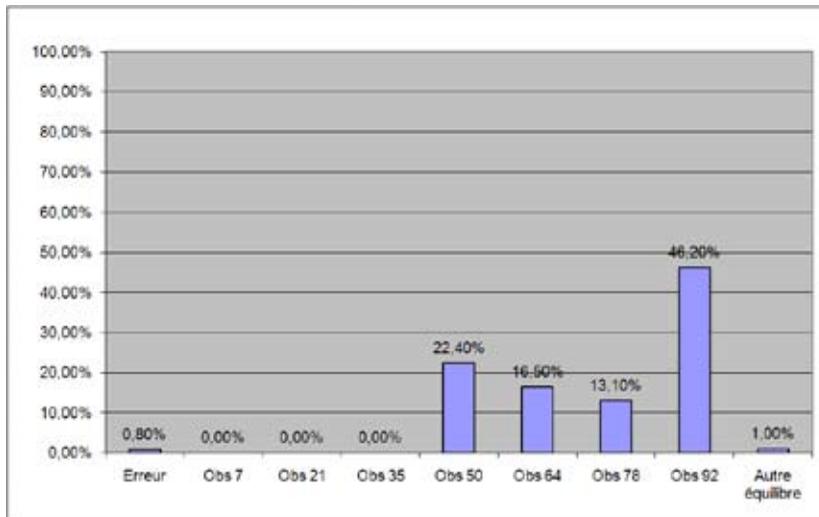
- i) Dans 46,20 % des cas, le processus de négociation se stabilise autour des firmes les plus opportunistes, dont la demande est de 92 %, et les institutions locales. Tout comme dans la simulation 1, les stratégies les plus opportunistes sont rendues possibles grâce à la forte présence des institutions locales durant les premières phases du processus.
- ii) Dans 29,6 % des cas, le processus de négociation se stabilise autour des firmes dont les demandes s'élèvent soit à 78 %, soit à 64 % d'une part, et des institutions locales d'autre part.
- iii) Dans 22,4 % des cas, la négociation se stabilise autour des

firmes qui font des demandes qualifiées de « justes », à savoir 50 % du gâteau, et les institutions locales.

iv) Dans 1 % des cas, le processus de négociation se stabilise autour des firmes dont la demande s'élève à 35 % du gâteau. Dans de très rares cas, les institutions locales disparaissent au profit des firmes les plus modestes ou des firmes dites justes.

v) Dans 0.8 % des cas, on observe un accident du processus évolutionnaire qui rend impossible l'interprétation des résultats de la simulation et qui constitue une marge d'erreurs incompréhensible.

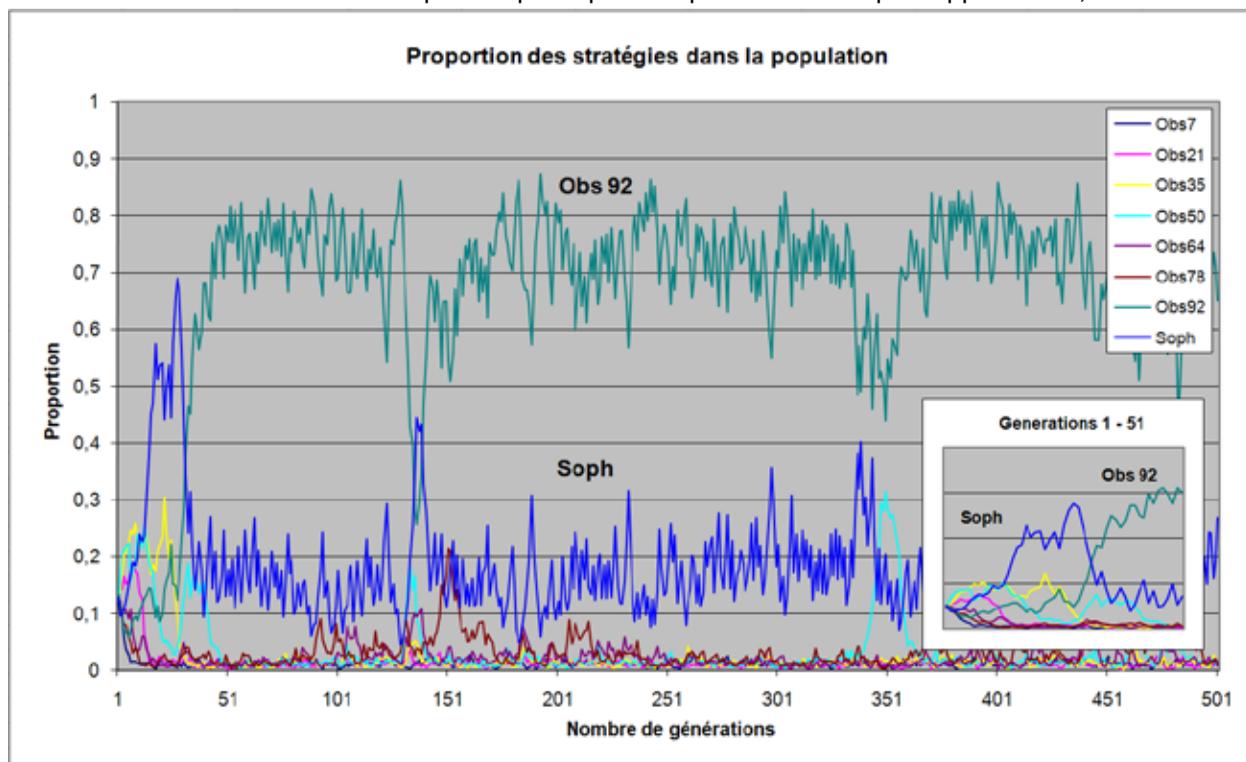
Figure 2. Pourcentage d'équilibres obtenus entre sophistiqués et obs-
tinés sur 1 000 simulations S2



Quand la taille du gâteau n'est pas connue et que les agents doivent l'estimer, les résultats diffèrent et dépendent de la capacité endogène de ces agents à la trouver le plus rapidement possible. Les « gagnants » sont ceux qui en font le plus rapidement possible l'évaluation la plus juste, tout en échangeant des informations avec les partenaires qui rencontrent le moins d'échecs dans le processus d'évaluation. Dans 46,20 % des cas, les firmes les plus opportunistes tirent très rapidement bénéfice d'une large présence d'institutions locales dans les 40 premières périodes (**figure 3**). Dans les autres cas, majoritaires, on observe l'émergence et le développement de stratégies beaucoup plus prudentes. En l'absence d'une connaissance précise de ce qu'est réellement la taille du gâteau, les firmes font donc des demandes moins opportunistes. Le rôle des institutions locales demeure tout aussi important dans cette simulation car elles réduisent la possibilité d'échec dans la phase d'évaluation de la taille du gâteau. Ainsi, quand la taille du gâteau est inconnue, les institutions jouent également un rôle distributif. Dans de très rares cas (1 %), les firmes dont les stratégies sont les plus modestes peuvent « survivre » sans les institutions locales car elles jouent elles-mêmes un rôle distributif.

Résultats émergents S2 : Les firmes développent globalement des stratégies moins opportunistes en situation d'incertitude sur les futurs bénéfiques collectifs, tout en « tirant parti » des institutions concessionnaires.

Figure 3. Exemple d'un processus de négociation se stabilisant sur le profil sophistiqué et le profil obstiné le plus opportuniste, simulation S2



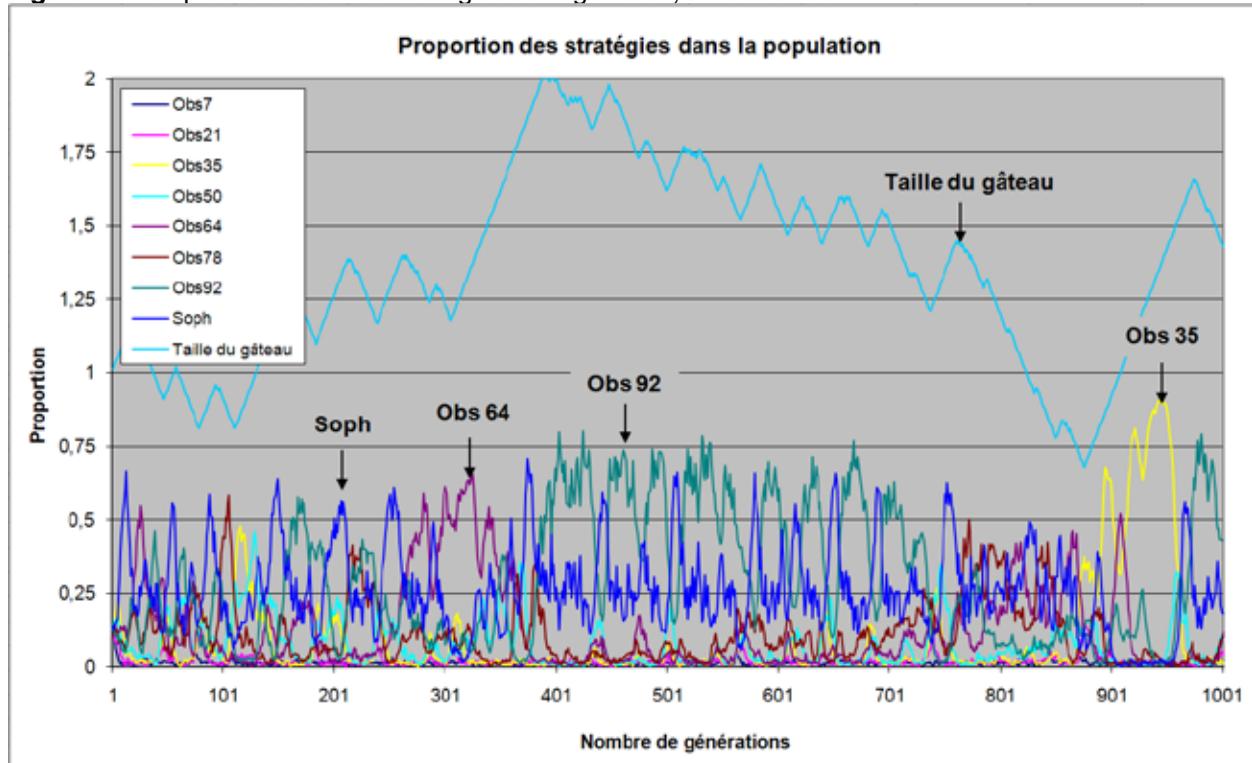
simulation s3 : la taille du gâteau varie en fonction des stratégies adoptées

La taille du gâteau, qui représente ici par analogie la performance du cluster, devient variable. Nous faisons l'hypothèse que lorsqu'une firme opte pour des stratégies opportunistes menant à l'échec de la négociation, cela contribue à la réduction de la taille de ce gâteau. À l'inverse, lorsque les agents choisissent des stratégies moins ou peu opportunistes, cela contribue à l'augmentation de la taille du gâteau. Il s'agit donc d'observer comment vont co-évoluer les stratégies sous ces conditions, lesquelles de ces stratégies vont se développer, et quel va être le rôle des institutions. Techniquement, un paramètre dit « d'influence » k est affecté à T . Si au tour précédent ($n-1$) le nombre de négociations réussies est supérieur au nombre d'échecs, alors T s'accroît de 0,01. Dans le cas opposé, il décroît de 0,01. Le choix de ce paramètre $k=0,01$ est arbitrairement fixé à un niveau faible. L'objectif est d'établir un lien causal entre le comportement des agents et la modification de la taille du gâteau sans pour autant engendrer un effondrement radical du sys-

tème. L'hypothèse sous-jacente est celle selon laquelle les défauts de coordination peuvent engendrer des perturbations du système, mais ne peuvent provoquer son effondrement total comme cela pourrait être le cas en présence d'une crise économique majeure (désengagement d'un donneur d'ordres...).

Les résultats montrent que les agents adaptent leur comportement en fonction de l'impact de ce dernier sur la taille du gâteau. Dans ce cas, le processus de négociation ne se stabilise pas dans le temps et évolue selon différentes phases (**figure 4**). Les firmes modifient leur comportement de manière à maintenir la taille du gâteau ou à le faire croître. Elles optent pour des comportements prudents, justes ou modestes quand celui-ci est menacé (lorsqu'il décroît fortement) et optent pour les stratégies les plus opportunistes lorsque ce dernier a atteint une taille proche du seuil maximal.

Figure 4. Exemple d'évolution des stratégies de négociation, simulation S3

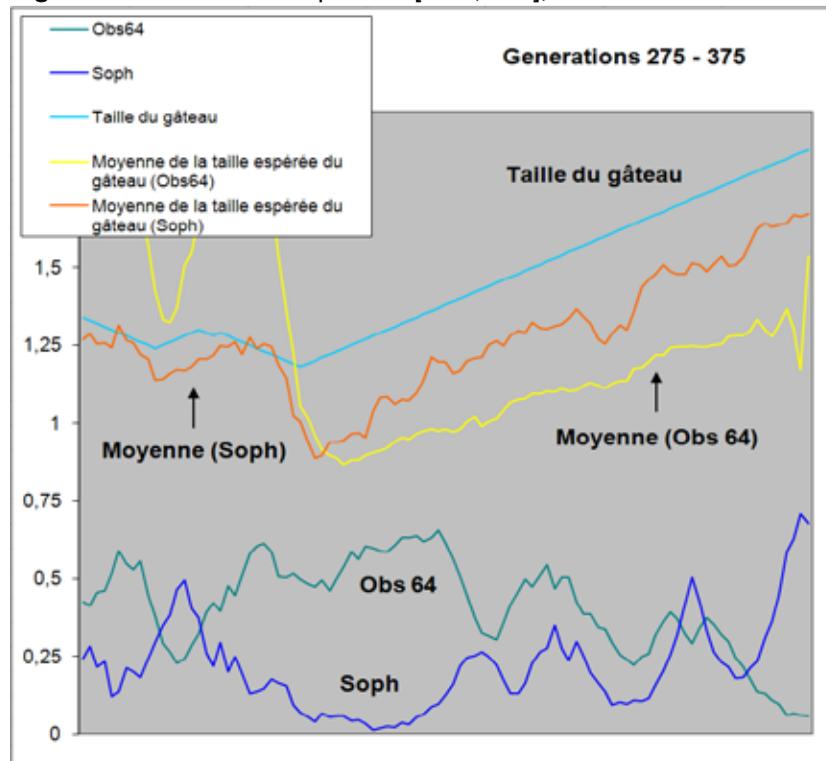


Par exemple, la période [275 ; 375] est marquée par une forte présence de firmes prudentes dont la demande est 64 % (**figure 5**). Ces comportements prudents contribuent de manière significative à faire croître le gâteau jusqu'à ce qu'il atteigne le seuil maximal. Une fois ce seuil maximal atteint, on observe le passage de stratégies prudentes (64 %) à des stratégies très opportunistes (92 %). Cela est cependant rendu possible par la présence des institutions locales qui contribuent à réduire les échecs de négociation et qui évitent par conséquent toute réduction radicale de la performance du cluster. Ainsi, lorsque ce dernier est menacé par des comportements globalement trop opportu-

nistes, les institutions locales émergent et jouent un rôle régulateur, permettant au gâteau de croître à nouveau. La performance du cluster est, dans cette simulation, maintenue grâce aux institutions locales.

Résultats émergents S3 : Quand il y a incertitude sur les gains susceptibles d'être générés et que la performance du cluster est menacée, les autorités locales contribuent à pallier les effets des comportements les plus opportunistes.

Figure 5. Evolution sur la période [275 ; 375], simulation S3



DISCUSSION

Ces simulations apportent des éléments de réflexion sur la co-évolution stratégique firmes-institutions au sein d'un biocluster. De manière générale, l'approche par la co-évolution contribue à une toute première réflexion sur les dynamiques de phasage des stratégies de négociation au sein d'un biocluster. Les agents modulent leurs stratégies en fonction des effets de leur propre comportement sur la performance du système. Ce type de modèle de simulation peut être très utile pour explorer plus avant les relations de coordination intrinsèques aux bioclusters et jusqu'alors difficiles à saisir (Chataway *et al.*, 2004 ; Saviotti, 1998). Alors que la validité interne du modèle tient à la mobilisation d'éléments de validation croisés, la validité externe du modèle est à traiter de manière spécifique en raison du phénomène de path dependency inhérent à toute simulation non linéaire. La représentativité du modèle a plus précisément été appréhendée à deux niveaux. Au niveau des micro-

comportements, on s'est assuré que le comportement modélisé des firmes et des institutions est bien conforme à la réalité en s'inspirant des faits stylisés développés par Chataway *et al.* (2004), Leroux (2004) et Rausser *et al.* (2000). Au niveau des régularités émergentes, les résultats correspondent à la réalité des comportements résultant de l'interaction au sein d'un cluster : dynamiques de phasage comportemental des acteurs et revirement des stratégies ; gestion collective de l'incertitude et instrumentalisation possible de cette dernière. Suivant Axelrod (1997), l'analyse statistique systématique des résultats contribue à identifier de manière très précise les micro-régularités comportementales situées. Ces dernières constituent tout autant d'éléments d'analyse inédits que le chercheur en gestion pourra mobiliser dans la réalité d'un cluster.

Les résultats nuancent l'hypothèse selon laquelle le principe de coopération-compétition produit systématiquement de l'émulation (Teece, 1989) et soulèvent la question de la vulnérabilité des clusters. Le paradigme de la vie artificielle permet ainsi d'observer, étape par étape, comment les agents « instrumentalisent » leurs relations (Owen-Smith et Powell, 2003) et modifient leurs stratégies dans un environnement complexe et changeant. À tout moment, un accident du système, vu comme un artefact, peut considérablement remettre en question la dynamique d'évolution du cluster. On ouvre donc ici la voie à une réflexion portant sur le lien entre la nature des relations stratégiques inter-organisationnelles et la vulnérabilité potentielle du cluster.

Ces simulations permettent également d'explorer les relations très complexes liant les firmes et les acteurs publics locaux tout en apportant un éclairage sur leur rôle régulateur. Il apparaît implicitement que ces derniers sont porteurs d'un pouvoir que l'on pourrait affilier au « pouvoir du faible » mis en exergue par Schelling (1960) et souligné par Dockès (1999). En effet, sans les institutions, la pérennité du cluster ne pourrait être assurée dans la simulation S3. Elles sont les acteurs - clés des coordinations stratégiques, même si la situation (menaces de désengagement et concessions) ne leur est pas favorable au départ. Plus loin, le modèle vient confirmer l'une des ambiguïtés majeures que l'on retrouve dans les faits stylisés et qui concerne les rapports public/privé dans un biocluster (Leroux, 2004). D'une part, les institutions locales apportent leur concours, tout particulièrement financier, aux firmes de manière à favoriser leur ancrage territorial. D'autre part, ce soutien contribue fréquemment à l'émergence de stratégies opportunistes, les firmes bénéficiant le plus d'avantages étant celles qui sont porteuses d'un fort pouvoir de négociation s'appuyant sur des stratégies de menaces crédibles. On ouvre donc ici une voie de recherche consacrée aux questions de gouvernance territoriale et de pilotage stratégique en situation d'incertitude (Powell *et al.*, 2005 ; Gulati *et al.*, 2000). D'un point de vue managérial, notamment en management public, il s'agit ici d'engager une réflexion sur la nature des risques systémiques visant à apporter aux collectivités territoriales une meilleure lisibilité des relations stratégiques dans les clusters.

Cependant, si les recherches menées jusqu'alors soulignent l'importance de l'incertitude sur le comportement des firmes en contexte de

coopération-compétition (Argyres et Liebeskind, 2002) et d'hétérogénéité (Saviotti, 1998 ; Powell *et al.*, 2005 ; Roijackers *et al.*, 2005), les simulations contribuent à affiner le rôle qu'elle joue dans les coordinations. Les firmes, lorsqu'elles sont en situation d'incertitude sur les gains susceptibles d'être générés, ont tendance à opter pour des comportements d'appropriation moins opportunistes. S'il ne souhaite pas faire l'objet de pressions de la part des groupes les plus puissants (Bonardi *et al.*, 2005), l'acteur public pourrait alors avoir intérêt à ne pas diffuser certaines informations sur les gains susceptibles d'être produits collectivement et redistribués. Une piste de réflexion s'ouvre alors. L'acteur public doit-il maintenir un certain niveau d'incertitude pour réduire le risque de voir émerger des comportements opportunistes ?

Toutefois, ces simulations peuvent techniquement faire l'objet de raffinements. Le premier raffinement réside dans la prise en compte d'un plus grand nombre d'agents hétérogènes (laboratoires de recherche...) et de relations d'échanges afin de renforcer le réalisme du modèle. Le deuxième raffinement réside quant à lui dans l'intégration de la proximité géographique qui permettrait d'étudier l'impact de la distance sur les stratégies d'acteurs. Ce modèle de simulation ouvre par ailleurs la voie à de nouvelles explorations portant sur la nature des conflits public/privé au sein des bioclusters. Il conviendrait de développer des analyses empiriques longitudinales à partir d'un échantillon de plusieurs clusters de manière à approfondir l'analyse de ces conflits, des processus de résolution adoptés et des impacts sur l'évolution du système.

CONCLUSION

À partir des résultats de simulations en vie artificielle, l'objectif de cet article était de comprendre la co-évolution stratégique des firmes et des institutions dans un biocluster, ce en présence d'une incertitude comportementale. Compte tenu des pistes de recherche développées et des raffinements possibles, l'analyse et la discussion des résultats comportent trois principales implications d'ordre théorique, méthodologique et pratique. Du point de vue théorique, cette recherche apporte une contribution aux réflexions sur la vulnérabilité des clusters en abordant ce thème non pas dans une perspective structurelle centrée sur les phénomènes de diffusion technologique mais dans le cadre du paradigme stratégique. Les simulations permettent de mieux comprendre les jeux d'acteurs publics/privés en traitant de manière novatrice le rôle de l'incertitude comportementale dans les décisions stratégiques. Par ailleurs, elles apportent des éléments d'analyse du conflit, du pouvoir et de la définition des règles du jeu stratégiques au sein des clusters. En effet, dans le modèle de simulation, les règles du jeu sont à la fois une contrainte pour l'action collective et le produit de cette même action collective. Ce type de méthode se révèle puissante pour l'analyse de l'émergence et de la diffusion des règles du jeu endogènes dans un système complexe en évolution. Cette approche laisse par exemple entrevoir de nouvelles possibilités d'appréhension des alliances,

notamment pour expliciter les phénomènes de coopétition ou encore apporter un éclairage supplémentaire sur les alliances asymétriques et leur coévolution.

Du point de vue méthodologique, la simulation apparaît comme une méthode de recherche puissante et originale bien qu'encore sous-exploitée en sciences de gestion. Les algorithmes génétiques sont particulièrement adaptés à l'analyse des phénomènes stratégiques émergents, comme en témoignent les travaux de Lee *et al.* (2002) sur le maintien des groupes stratégiques ou bien les travaux relevant du marketing (Roehrich, 2006) évoqués précédemment. Une voie de recherche prometteuse s'ouvre aux chercheurs en gestion qui souhaitent investir plus avant la piste des stratégies d'acteurs au sein des clusters en général. Du point de vue pratique, cette simulation prolonge les travaux menés sur les relations firmes-institutions et sur les stratégies de partage des gains. De ce fait, elle permet de mieux comprendre les modalités de gestion des ressources par les collectivités territoriales et la manière dont il peut être possible d'instrumentaliser l'incertitude pour réduire les risques d'opportunisme. Les pistes de réflexion qui en découlent s'inscrivent très naturellement dans la problématique actuelle du management des pôles de compétitivité (Synthèse OCDE, 2007), à savoir le rôle des acteurs publics dans la création des conditions favorables à la coopération et à l'innovation.

Alain Berro est maître de conférences en informatique à l'Université de Toulouse Capitole. Il travaille sur l'optimisation multi-objectif et sur l'optimisation en environnement dynamique. Ses analyses sont centrées sur les tests de robustesse et l'amélioration des différents outils méthodologiques existants. Ses recherches mènent à de nouvelles heuristiques issues de techniques évolutionnaires appliquées à des problèmes économiques et managériaux.

Isabelle Leroux, maître de conférences à l'Université d'Angers, est économiste industriel. Ses travaux, à l'intersection de l'économie et de la gestion, portent sur la gouvernance des territoires et sur l'analyse stratégique des comportements des firmes et des collectivités territoriales. Elle étudie plus particulièrement les stratégies d'alliance, de coalition et les jeux de négociation dans les réseaux d'acteurs territoriaux. Si son champ empirique est principalement l'analyse des Pôles de compétitivité, elle s'intéresse aussi à l'analyse stratégique des réseaux de l'Economie sociale.

Remerciements : Nos remerciements s'adressent tout d'abord à Alain Desreumaux, ainsi qu'aux évaluateurs et aux rédacteurs de la revue M@n@gement qui nous ont permis d'apporter de nombreuses améliorations au manuscrit et au modèle de simulation initiaux. Nous tenons ensuite à remercier Frédérique Chédotel de l'Université de Tours, Paul Muller de l'Université de Haute Alsace, Camille Baulant de l'Université d'Angers et Eric Rigamonti de l'ESSCA d'Angers pour leurs précieux conseils durant les différentes phases d'écriture et de révision de cet article.

REFERENCES

- Argyres, N., et Liebeskind J. (2002).
Governance inseparability and the evolution of US biotechnology industry, *Journal of Economic Behavior and Organization*, 47, 197-219.
- Arthur, B. (1994).
Increasing returns and path dependence in the economy. Ann Arbor; University of Michigan Press.
- Arthur, W. B., Durlauf, S. N., et Lane, D. (1997).
The economy as an evolving complex system II, SFI Studies in the Sciences of Complexity, 27, Addison-Westley.
- Axelrod, R. M. (1997).
The complexity of cooperation : agent-based models of competition and collaboration, Princeton University Press.
- Berro, A., et Leroux I. (2005).
A simulation of strategic bargainings within industrial clusters : towards the « power of the weak » emergence ?, 45th congress of the European Regional Science Association, 23-27 august, Amsterdam.
- Bonardi, J. P., Hillman, A. J., et Keim, G.D. (2005).
The attractiveness of political markets : implications for firm strategy, *Academy of Management Review*, 30(2), 397-413.
- Bourguin, G., et Derycke, A. (2005).
Systèmes interactifs en co-évolution. Réflexions sur les apports de la Théorie de l'Activité au support des pratiques collectives distribuées, *Revue d'Interaction Homme-Machine*, 6(1), 1-31.
- Brabazon, A., et O'Neill, M. (2006).
Biologically inspired algorithms for financial modelling. Berlin: Springer.
- Brenner, T. (2001).
Simulating the evolution of localised industrial clusters. An identification of the basic mechanisms, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 4(3).
- Brezis, E. S., Krugman, P., et Tsiddon, D. (1993).
Leapfrogging in international competition : a theory of cycles in national technological leadership, *American Economic Review*, 83(5), 1211-1219.
- Bruderer, E., et Singh, J.S. (1996).
Organizational evolution, learning and selection : a genetic-algorithm-based model, *Academy of Management Journal*, 39, 1322-1349.
- Cartier, M., et Forgues, B. (2006).
Intérêt de la simulation pour les sciences de gestion, *Revue Française de Gestion*, 6(165), 125-137.
- Chataway, J., Tait, J., et Wield, D. (2004).
Understanding company R&D strategies in agro-biotechnology : trajectories and blind spots, *Research Policy*, 33, 1041-1057.
- Dasgupta, P., et David, P. (1994).
Toward a new economics of science, *Research Policy*, 23, 487-521.
- David, P. A., Foray, D., et Dalle, J. M. (1998).
Marshallian externalities and the emergence and spatial stability of technological enclaves, *Economics of Innovation and New Technology*, 6(2 & 3), 147-182.
- Davis, J. P., Eisenhardt, K. M., et Bingham, C. B. (2007).
Developing theory through simulation methods, *Academy of Management Review*, 32(2), 480-499.
- Dockès, P. (1999).
Pouvoir et autorité en économie, Economica, Paris.
- Dollinger, M. J., Golden P. A., et Saxton, T. (1997).
The effect of reputation on the decision to joint venture, *Strategic Management Journal*, 18(2), 127-140.
- Doz, Y. L. (1996).
The evolution of cooperation in strategic alliances : initial conditions or learning processes, *Strategic Management Journal*, 17, 55-83.
- Dyer, J., et Singh, H. (1998).
The relational view : cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage, *Academy of Management Review*, 23, 660-679.
- Ellingsen, T. (1997).
The evolution of bargaining behavior, *Quarterly Journal of Economics*, 112(2), 581-602.

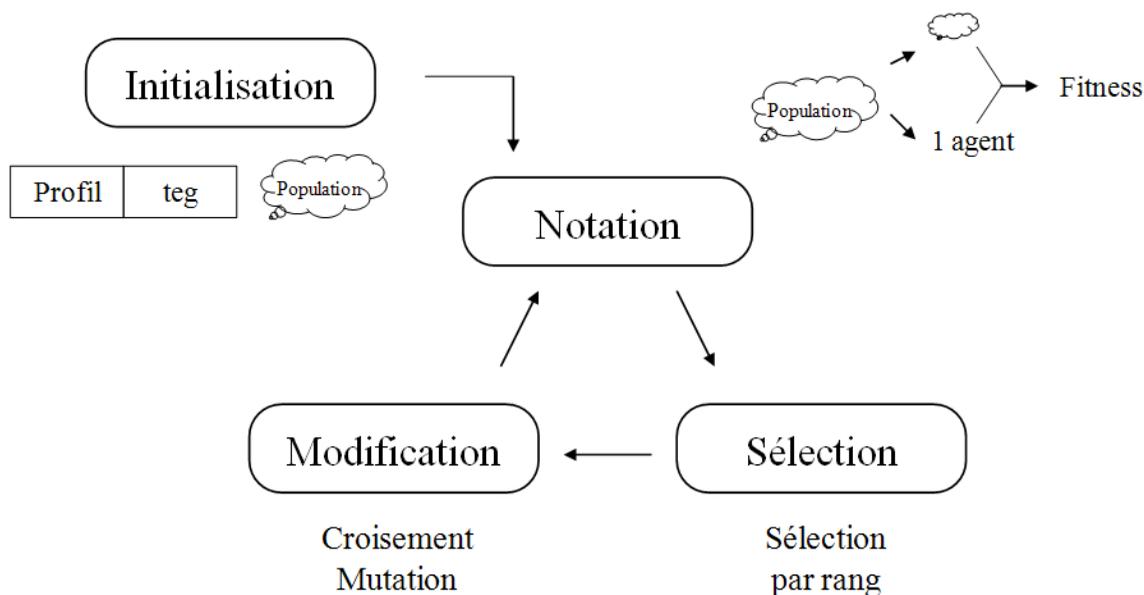
- Etzkowitz, H., et Leydesdorff, L. (2000).
The dynamics of innovation : from national systems and mode 2 to a triple helix of university-industry-government relations, *Research Policy*, 29, 109-123.
- Feldman, M. P., et Massard, N. (2002).
Institutions and systems in the geography of innovation, Berlin: Springer.
- Ferber, J. (1995).
Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective. Paris: InterEditions.
- Gaffard, J. L. (1990).
Economie industrielle et de l'innovation, Paris: Précis Dalloz
- Gilbert, N., et Troitzsch, K. (1999).
Simulation for the social scientist. Philadelphia; Open University Press.
- Goldberg, D. E. (1989).
Genetic algorithms in search, optimization and machine learning, reading, MA : Addison-Wesley.
- Goldspink, C. (2002).
Methodological implications of complex systems approaches to sociality : simulation as a foundation for knowledge, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 5(1).
- Grossetti, M. (1998).
La proximité en sociologie : une réflexion à partir des systèmes sociaux d'innovation. In M. Bellet, T. Kirat & C. Llargeronleteno (Eds), *Proximités : approches multifformes* (pp.83-100). Lyon: Editions Hermès.
- Gulati, R. (1995).
Does familiarity breed trust ? The implications of repeated ties on contractual choice in alliances, *Academy of Management Journal*, 38, 85-112.
- Gulati, R., Nohria, N., et Zaheer, A. (2000).
Strategic networks, *Strategic Management Journal*, 21(3), 203-215.
- Hamdouch, A., et Depret, M.H. (2001).
La nouvelle économie industrielle de la pharmacie. Structures industrielles, dynamiques d'innovation et stratégies commerciales, BioCampus, Elsevier, Paris.
- Holland, J. H. (1975).
Adaptation in natural and artificial systems : an introduction with application to biology, control and artificial intelligence, Ann Arbor; University of Michigan Press.
- Janszen, F., et Degenaar, G. (1998).
A dynamic analysis of the relations between the structure and the process of National Systems of Innovation using computer simulation; the case of Dutch biotechnological sector, *Research Policy*, 27, 37-54.
- Kale, P., Singh H., et Perlmutter, H. (2000).
Learning and protection of proprietary assets in strategic alliances : building relational capital, *Strategic Management Journal*, 21, 217-237.
- Kirman, A. P. (1997).
The economy as an interactive system. In W. B. Arthur, S. N. Durlauf & D. Lane (Eds), *The Economy as an evolving complex system II*, SFI Studies in the Sciences of Complexity, 27 (pp. 491-531). Santa Fe: Addison-Wesley.
- Klein, B., Crawford, G., et Alchian, A. (1978).
Vertical integration, appropriable rents and the competitive contracting process, *Journal of Law and Economics*, 21, 297-326.
- Knuth, D. (1998).
The art of computer programming, 3, Addison-Wesley, United-States.
- Koza, M. P., et Lewin, A. Y. (1998).
The co-evolution of strategic alliances, *Organization Science*, 9(3), 255-264.
- Krugman, P., (1991).
History and industry location. The case of manufacturing belt, *American Economic Review*, 81, 80-83.
- Langton, C. G. (1989).
Artificial life, the proceedings of an interdisciplinary workshop on the synthesis and simulation of living systems held. Santa Fe Institute in the Sciences of Complexity : Addison-Wesley
- Lawson, C. (2004).
Patenting genetic materials' unresolved issues and promoting competition in biotechnology, *Information Economics and Policy*, 16, 92-112.
- Lee, J., Lee, K., et Rho, S. (2002).
An evolutionary perspective on strategic group emergence : a genetic algorithm-based model, *Strategic Management Journal*, 23, 727-746.
- Lehrer, M., et Asakawa, K. (2004).
Rethinking the public sector : idiosyncrasies of biotechnology commercialization, *Research Policy*, 33, 921-938.

- Leroux, I. (2004).
Les ambivalences des coordinations locales entre négociation, conflits et enjeux de pouvoir. Le cas des partenariats constitutifs d'une gènopole à Toulouse, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 4, 513-538.
- Lewin, A. Y., et Volberda, H. W. (1999).
Prolegomena on coevolution : a framework for research on strategy and new organizational forms», *Organization Science*, 10(5), 519-534.
- Luukkonen, T. (2005).
Variability in organisational forms of biotechnology firms, *Research Policy*, 34, 555-570.
- Mangematin, V., Lemarié, S., Boissin, JP., Catherine, D., Corolleur, F., Coronini, R., et Trommetter, M. (2003).
Development of SMEs and heterogeneity of trajectories : the case of biotechnology in France, *Research Policy*, 32, 621-638.
- Masuch M., et Lapotin, P. (1989).
Beyond garbage cans : an AI model of organizational choice, *Administrative Science Quarterly*, 34(1), 38-67.
- Marney, J. P., et Tarber, F. E. (2000).
Why do simulation? Towards a working epistemology for practitioners of the dark arts, *Journal of Artificial Societies and Social simulations*, 4(3), October.
- Mitteldorf, J., et Wilson, D.S. (2000).
Population viscosity and the evolution of altruism, *Journal of Theoretical Biology*, 204, 481-496.
- Nooteboom, B. (1999).
The dynamic efficiency of networks, in Grandori (Ed), *Interfirm networks : organization and industrial competitiveness*, London Routhledge, 91-119.
- Nicolis, G., et Prigogine, I. (1994).
The fourth european framework program and research on complex systems, The university facing up its european responsibilities, Pisa, 23-26, November.
- OCDE (2007).
Vers des pôles d'activités dynamiques : politiques nationales, Synthèse, Juin.
- Owen-Smith, J., et Powell, W. (2003).
The expanding role of university patenting in the life sciences : assessing the importance of experience and connectivity, *Research Policy*, 32, 1695-1711.
- Ponsard, J. P. (1994).
Formalisation des connaissances, apprentissage organisationnel et rationalité interactive, in Orléans A. (sous la direction de), *Analyse économique des conventions*, PUF Economie, Paris, 169-187.
- Porter, M. (1998).
Clusters and the new economics of competition, *Harvard Business Review*, 76, 77-90.
- Powell, W., White, D., Koput, K., et Owen-Smith, J. (2005).
Network dynamics and field evolution : the growth of interorganizational collaboration in the life sciences, *American Journal of Sociology*, 110(4), 1132-1205.
- Prévot, F. (2007).
Coopetition et management des compétences, *Revue Française de Gestion*, 176, 183-202.
- Rausser, G., Simon, L., et Ameden, H. (2000).
Public-private alliances in biotechnology. Can they narrow the knowledge gaps between rich and poor ?, *Food Policy*, 25, 499-513.
- Roehrich, G. (2006).
Simulation du marché et de la concurrence par les automates cellulaires, International Congress « Marketing trends », Venice, 20th-21st January.
- Roijackers, N., Hagedoorn, J., et Van Kranenburg, H. (2005).
Dual market structures and the likelihood of repeated ties – evidence from pharmaceutical biotechnology, *Research Policy*, 34, 235-245.
- Saviotti, P. (1998).
Industrial structure and the dynamics of knowledge generation in biotechnology, in Senker (ed), *Biotechnology and competitive advantage*, Edward Elgar, Cheltenham, 9-43.
- Schelling, T. (1960).
The strategy of conflict, Harvard college: Harvard University Press.
- Schoenauer, M., Sebag, M., Jouve, F., Lamy, B., et Maitournam, H. (1996).
Evolutionary identification of macro-mechanical models. In P.-J. Angeline & K.-E. Kinnear Jr. (Eds), *Advances in genetic programming II* (pp.467-488). Cambridge, MA: MIT Press.

- Sherry, E., et Teece, D. (2004).
Royalties, evolving patent rights, and the value of innovation, *Research Policy*, 33, 179-191.
- Simon, H. (1955).
A behavioral model of rational choice, *Quarterly Journal of Economics*, 69, 99-118.
- Simonin, B. L. (1999).
Ambiguity and the process of knowledge transfer in strategic alliances, *Strategic Management Journal*, 20, 595-623.
- Steyer, A., et Zimmermann, J.B. (2004).
Influence sociale et diffusion de l'innovation, *Mathematics and Social Sciences*, 4(168), 43-57.
- Stuart, T., et Sorenson, O. (2003).
The geography of opportunity : spatial heterogeneity in founding rates and the performance of biotechnology firms, *Research Policy*, 32, 229-253.
- Suire, R., et Vicente, J. (2004).
Les dynamiques de proximité de la net-économie : formation et stabilité des clusters TIC, 4èmes Journées de la Proximité, juin, Marseille, France.
- Teece, D. J. (1989).
Competition and co-operation : Striking the right balance, *California Management Review*, 31(3), 25-37.
- Thietart, R-A (2003).
Méthodes de recherche en management, 2ème édition, Paris: Dunod.
- Von Neumann, J. (1966).
Theory of automata : construction, reproduction, homogeneity, in *The theory of self reproducing automata*, Champaign: University of Illinois Press.
- Vriend, N. J. (2000).
An illustration of the essential difference between individual and social learning and its consequences for computational analyses, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 24, 1-19.
- Walliser, B. (2000).
L'économie cognitive. Paris: Odile Jacob
- Wilensky, U. (2000).
Modeling emergent phenomena with StarLogo, working paper, Northwestern University.
- Williamson, OE. (1999).
Strategy research : governance and competence perspectives, *Strategic Management Journal*, 20, 1087-1108.
- Yan, A., et Gray, B. (1994).
«Bargaining power, management control, and performance in United States – China joint venture: a comparative case study», *Academy of Management Journal*, 37(6), 1478-1517.
- Zucker, L. G., et Darby, M. R. (1997).
Present at the biotechnology revolution : transformation of technological identity for a large incumbent pharmaceutical firm, *Research Policy*, 26, 429-446.

ANNEXE 1 : ALGORITHME DU PROCESSUS DE SIMULATION

Le schéma ci-dessous montre le fonctionnement de l'algorithme génétique implémenté.



1. La phase d'initialisation attribue à chaque agent de la population, de manière aléatoire ou guidée, une valeur portant sur ses caractéristiques génétiques, c'est-à-dire son profil (sa stratégie de négociation) et la taille espérée du gâteau.

2. La phase de notation détermine la note de chaque agent. Celle-ci représente l'espérance de gain de l'agent lors d'une négociation. Cette phase permet d'évaluer la qualité de la stratégie de chaque agent. Pour cela :

- On sélectionne aléatoirement un échantillon de 10 % de la population.
- Puis un par un, chaque agent de la population négocie avec chaque agent de l'échantillon et obtient ainsi des gains (voir le paragraphe « La fonction de paiement »).
- En divisant la somme des gains d'un agent par le nombre de négociations qu'il a effectuées, on calcule son espérance de gain.

3. La phase de sélection a pour but de choisir les agents les plus performants, c'est-à-dire ceux qui ont une espérance de gain importante, donc une bonne stratégie. Nous utilisons une sélection par rang ou ranking selection car elle assure que la probabilité de sélection d'un agent est proche du ratio de sa note et de la somme totale des notes de tous les agents de la population. La sélection par rang trie d'abord la population par fitness ; ensuite

chaque agent se voit associer un rang en fonction de sa position par rapport aux autres. Tous les agents ont ainsi une chance d'être sélectionnés.

4. La phase de modification effectue un brassage génétique des agents sélectionnés grâce à l'opérateur de croisement et maintient la diversité génétique grâce à l'opérateur de mutation.

a. Le croisement ne s'effectue qu'entre deux agents de même profil. Les « enfants » obtenus obtiennent le profil des « parents ». La valeur de la taille espérée du gâteau est alors égale soit à l'une des valeurs des tailles espérées du gâteau des parents, soit à une valeur différente. Pour calculer cette valeur différente, on tire aléatoirement un nombre x compris entre $-0,25$ et $1,25$ puis on calcule $\text{tegenfant} = x * \text{tegparent1} + (1-x) * \text{tegparent2}$.

b. La mutation modifie aléatoirement un ou plusieurs caractères génétiques d'un agent. Donc, suite à une mutation, un agent peut changer de stratégie ou de taille espérée du gâteau. Il s'agit dans ce cas d'une mutation exogène.

5. Retour à la phase 2.

Langage utilisé

L'implémentation du modèle a été réalisée en langage Java. La spécification de la fonction `Math.Random` [spécification `java.util.random`], qui permet de générer un nombre aléatoirement entre $[0 ; 1[$ garantit que la graine du générateur de nombres pseudo-aléatoires est nouvelle et unique à chaque lancement de programme (Knuth, 1998).

Technique de détection de l'équilibre

Dans le cas des simulations S1 et S2 nous observons l'évolution des proportions de chaque stratégie à chaque génération durant 500 générations. Afin de détecter un équilibre, nous calculons pour chaque stratégie la moyenne et l'écart-type de sa proportion dans la population sur les 100 dernières générations. Nous recherchons ensuite les deux moyennes les plus élevées afin de révéler l'équilibre établi. Mais nous ne validons définitivement cet équilibre que si les deux conditions suivantes sont vérifiées : 1) les écarts-types associés aux deux stratégies participant à l'équilibre sont inférieurs à $0,25$; 2) la proportion la plus petite des stratégies participant à l'équilibre est supérieure à 5% . En effet, concernant la première condition, un écart-type trop grand peut laisser supposer qu'un changement d'équilibre a eu lieu dans les 100 dernières générations. Cela ne nous permet alors pas de valider l'équilibre, celui-ci n'étant pas resté stable suffisamment longtemps. La deuxième condition a été établie afin de supprimer les cas de convergence très précoce liés à la perte de diversité génétique.

ANNEXE 2 : LES PARAMETRES DE SIMULATION

Tableau 3. Paramètres communs, taux de mutation et de croisement

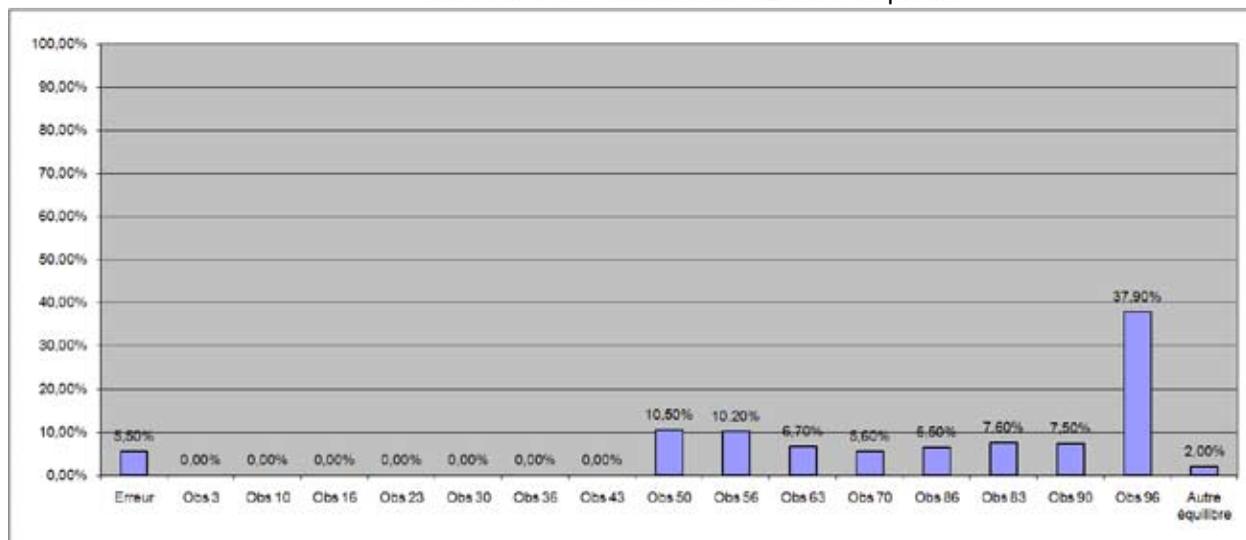
	Simulation S1	Simulation S2	Simulation S3
Paramètres communs	Taille initiale du gâteau : 1 Intervalle de variation de la taille du gâteau : [0 . 1 ; 2 . 0] Nombre d'agents dans la population : 1000 La distribution initiale de chaque profil est de 12.5 % Méthode de sélection par rang.		
Taux de mutation	10 % Modification du profil de l'agent.		10 % Modification du profil de l'agent ou de la taille espérée du gâteau.
Taux de croisement	0 % Tous les individus connaissent la taille du gâteau donc ils ne recherchent pas la taille espérée du gâteau.		50 % Le croisement ne s'effectue qu'entre deux "parents" de même profil. Les "enfants" héritent de celui-ci. La valeur de la taille espérée du gâteau est alors égale soit à l'une des valeurs des tailles espérées du gâteau des "parents" soit à une valeur différente.

ANNEXE 3 : TESTS DE ROBUSTESSE

1 – Nombre de profils

Le choix de 7 profils est suffisamment large pour assurer la représentativité des demandes possibles tout en garantissant la lisibilité des résultats sur un histogramme. Nous avons testé la simulation avec 15 profils, les résultats sont identiques ; la partition en 15 profils n'apporte pas d'éléments complémentaires d'analyse et rend les graphes peu lisibles.

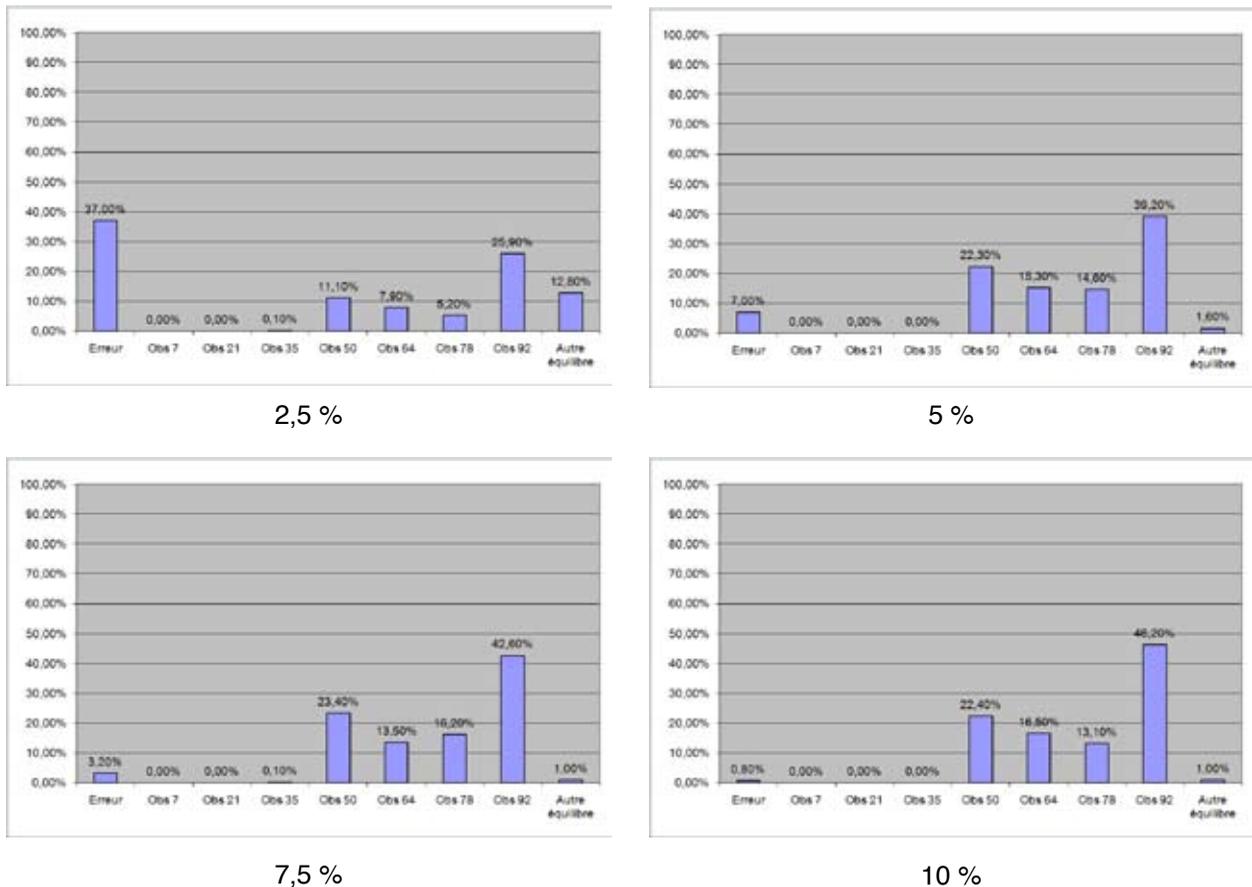
Figure 6. Pourcentage d'équilibres obtenus entre sophistiqués et obstinés sur 1 000 simulations S2 avec 15 profils

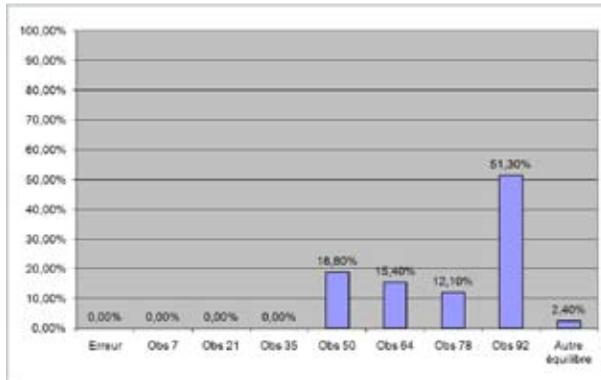


2 – Taux de mutation

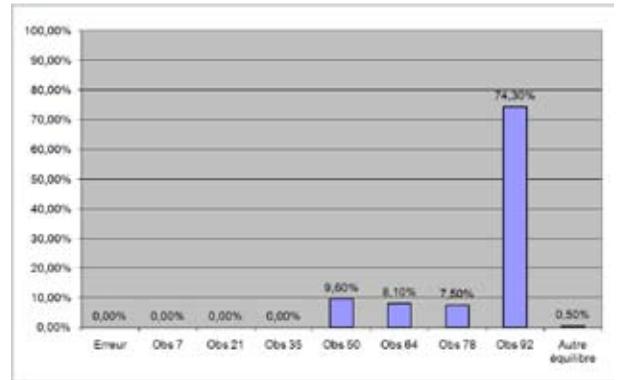
Les graphiques ci-après présentent les pourcentages d'équilibres entre sophistiqués et obstinés obtenus sur 1 000 simulations S2. Pour chacun des graphiques nous indiquons le taux de mutation utilisé. Comme nous pouvons le constater, de 5 % à 12,5 %, les graphiques donnent des résultats semblables. Lorsque le taux de mutation est de 2,5 %, les erreurs (barre de gauche) sont essentiellement dues à des cas de convergence précoce. Avec un taux de mutation de 15 %, nous voyons que le pourcentage d'équilibres entre la population Obs 92 % et la population Soph devient très élevé. Un taux de mutation trop élevé perturbe la co-évolution en modifiant les caractéristiques génétiques d'un trop grand nombre d'individus et en favorisant artificiellement les individus ayant une espérance de gain élevée. En-deçà de 5 % et à partir de 15 %, les résultats ne peuvent donc pas être exploités pour ces raisons purement techniques.

Figure 7. Graphiques obtenus avec modification des taux de mutation





12,5 %



15 %