

**Université de Montréal**

**Analyse bibliométrique de la contribution des postdoctorants canadiens à l'avancement des  
connaissances**

**Par Held Barbosa de Souza**

**École de bibliothéconomie et des sciences de l'information**

**Faculté des arts et des sciences**

Mémoire présenté à la Faculté des arts et des sciences en vue de l'obtention du grade de maitre en  
Sciences de l'information.

Juin, 2014

©Held Barbosa de Souza, 2014

## **Résumé**

Au Canada, les chercheurs postdoctoraux font face à de nombreux défis qui découlent d'une carence dans leur prise en charge par le système d'éducation supérieure. Puisque leurs données ne sont pas gérées de façon centralisée, leur population et leur contribution au système de recherche demeurent imprécises. Cette étude présente une analyse bibliométrique sur la production scientifique des stagiaires postdoctoraux financés par les organismes subventionnaires fédéraux canadiens et de la province de Québec de 2004 à 2008 (N = 3 454). Les résultats montrent que ces postdoctorants ont en moyenne une productivité égale ou supérieure à celle des doctorants et des membres du corps professoral québécois et que leur impact scientifique est supérieur à celui des deux autres groupes. On observe aussi que les postdoctorants ayant réalisé leur stage aux États-Unis présentent des indicateurs de productivité et d'impact plus élevés.

Mots-clés : bibliométrie, postdoctorants, éducation supérieure, Canada.

## **Abstract**

Canadian postdoc fellows represent an increasingly important group of researchers that faces various problems resulting from deficiencies on the higher education system. Additionally, their contribution to the research system remains largely unknown. This study presents a bibliometric analysis of the scientific production of postdoctoral fellows funded by the Canadian and Quebec granting agencies, whose grant application was submitted between 2004 and 2008 (N = 3,454). The results show that the scientific impact, as well as the number of papers authored by postdocs is equal or higher than the ones of PhD students and of faculty members from Québec. We also observe that postdocs who completed their training in the United States obtain higher productivity and impact indicators. This study is the first of its kind in Canada and helps identify the contribution of postdocs to the advancement of knowledge.

Keywords: Postdoctoral fellows, Bibliometrics, Higher Education, Canada.

## Table des matières

Introduction et questions de recherche .....	1
1 Revue des écrits .....	5
1.1 Qui sont les postdoctorants? .....	5
1.2 Les postdoctorants au Canada .....	6
1.3 Les postdocs aux États-Unis .....	9
1.4 Les postdoctorants ailleurs dans le monde .....	12
1.4.1 Australie .....	12
1.4.2 Europe .....	13
1.4.3 Japon .....	14
1.5 Débats autour du stage postdoctoral .....	15
1.5.1 Salaire et bénéfices .....	15
1.5.2 Un probable surplus de postdoctorants ou de doctorants? .....	17
1.5.3 Passage obligé vers un poste permanent .....	18
1.6 Études bibliométriques .....	19
1.7 L'âge et la production scientifique .....	22
2 Méthodologie .....	26
2.1 La bibliométrie .....	26
2.1.1 Limites de la bibliométrie .....	28
2.2 Les sources des données .....	29
2.2.1 Identification des stagiaires postdoctoraux .....	29
2.2.2 Données bibliographiques .....	30
2.3 Le traitement des données .....	31
2.3.1 Harmonisation des listes des postdoctorants .....	31
2.3.2 Constitution des dossiers des chercheurs .....	33
2.4 Les indicateurs .....	37
2.4.1 Nombre de publications .....	38
2.4.2 Moyenne des citations relatives .....	38
2.4.3 Collaboration .....	39

2.5	Les limites de l'étude .....	40
3	Résultats.....	43
3.1	Participation des postdoctorants dans la recherche canadienne .....	45
3.2	Productivité .....	48
3.3	Impact scientifique .....	53
3.4	Collaboration .....	56
3.5	Évolution de la productivité et de l'impact scientifique dans les années suivant le stage postdoctoral .....	63
4	Conclusion.....	66
5	Bibliographie .....	72

## Liste des figures

Figure 1. Étapes du traitement des listes des postdoctorants financés par les conseils subventionnaires fédéraux et provinciaux du Québec .....	32
Figure 2. Étapes de la constitution des dossiers des postdoctorants .....	34
Figure 3. Cas de figure d'un chercheur avec des liens institutionnels à l'étranger, et le repérage de ses articles dans le cadre de cette étude .....	40
Figure 4. Proportion des postdoctorants dont les dossiers ne compte aucun article pendant la période de stage selon l'organisme subventionnaire .....	44
Figure 5. Proportion des articles canadiens signés par au moins un postdoctorant, selon la discipline de la revue de publication, entre 2003 et 2012 .....	46
Figure 6. Nombre moyen d'articles par postdoctorant et moyenne des citations relatives des postdoctorants attachés à des institutions canadiennes, selon la province .....	48
Figure 7. Nombre de postdoctorants et nombre moyen d'articles par organisme de financement .....	49
Figure 8. Nombre moyen d'articles par année de l'échantillon de postdoctorants, des professeurs québécois et des doctorants québécois .....	50
Figure 9. Distribution des postdoctorants selon le lieu de stage et leur respectif nombre moyen d'articles publiés .....	51
Figure 10. Distribution des postdoctorants selon le lieu de stage et leur respectif nombre moyen d'articles publiés, retranché par organisme de financement .....	52
Figure 11. Moyenne des citations relatives des articles des postdoctorants, selon l'organisme de financement .....	53
Figure 12. Moyenne des citations relatives pour l'échantillon de postdoctorants, pour les articles québécois et pour les doctorants québécois .....	54

Figure 13. Moyenne des citations relatives des articles des postdoctorants et des articles canadiens, selon la discipline de la revue, entre 2003-2012 .....	55
Figure 14. Moyenne des citations relatives des articles des postdoctorants, selon le lieu de stage .....	56
Figure 15. Taux de collaboration des articles des postdoctorants, selon la discipline de la revue de publication .....	58
Figure 16. Taux d'articles en collaboration, selon l'organisme de financement .....	59
Figure 17. Nombre moyen d'auteurs par article, selon l'organisme de financement .....	60
Figure 18. Taux d'articles en collaboration internationale des postdoctorants attachés à des institutions canadiennes, selon l'organisme de financement .....	61
Figure 19. Proportion des articles des postdoctorants avec un postdoctorant comme premier auteur .....	63
Figure 20. Évolution du nombre moyen d'articles et des MCR par année, depuis l'année précédente à l'année de concours de bourse d'études .....	65

## Liste des tableaux

Tableau 1. Ventilation de l'échantillon final de postdoctorants en fonction des fonds de financement .....	37
--	----



## Liste des sigles

AAU – Association of American Universities

ACSP – Association canadienne des stagiaires postdoctoraux

CRSH – Conseil de recherches en sciences humaines

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et génie

FRQ-NT – Fonds de recherche du Québec - Nature et technologies

FRQ-S – Fonds de recherche du Québec - Santé

FRQ-SC – Fonds de recherche du Québec - Société et culture

IBID – Institute for Business and Industry Development

IRSC – Institut national de recherches en santé

MCR – Moyenne des citations relatives

MCR – Moyenne des citations relatives

MFIR – Moyenne des facteurs d'impact relatif

NIH – National Institutes of Health

NPA – National Postdoctoral Association

NSB – National Science Board

NSF – National Science Foundation

OST – Observatoire des sciences et des technologies

WoS – Web of Science

## Remerciements

S'achève une étape extrêmement importante de ma vie professionnelle et personnelle, marquée par mes apprentissages aux cycles supérieurs et mon adaptation à un nouveau pays et sa nouvelle culture. Naturellement, plusieurs défis se sont posés à travers ce chemin et plusieurs personnes ont contribué de façon fondamentale dans la réussite de mes études.

Premièrement, je tiens à remercier mon directeur de recherche, Vincent Larivière, dont l'enthousiasme et la créativité remarquable m'ont motivée à diriger mes études sans hésitation vers la bibliométrie. Je le remercie aussi pour les opportunités de développement professionnel et pour son soutien financier pendant mon chemin académique. Ce fut un honneur d'être sous sa direction.

J'ai aussi eu la chance de me joindre à l'équipe de l'Observatoire des sciences et des technologies (OST) à l'Université du Québec à Montréal. J'ai eu l'occasion d'appliquer mes compétences acquises en bibliométrie, et ce entourée d'admirables professionnels et d'une ambiance de travail accueillante et plaisante. Je tiens à remercier spécialement Marie-Claude Laframboise, pour ses conversations motivantes et constructives, ainsi que Benoît Macaluso pour son aide toujours efficace et gentille dans la programmation et la construction de ma base de données. Aussi, mes remerciements ne seront jamais suffisants pour exprimer ma reconnaissance envers la motivation professionnelle et le support technique et moral dans le développement de mon projet de recherche offert par mon coordonnateur à l'OST, Jean-Pierre Robitaille. En plus de multiples lectures soigneuses de mon mémoire, ses commentaires et sa rigueur y ont apporté des améliorations substantielles.

Finalement, je remercie mon mari Gustavo Balduino Leite pour sa patience, son appui indéfectible, son réconfort dans les moments difficiles et ses constants encouragements dans

mes démarches. Ses mots sincères et raisonnables ont été très importants pour me rassurer dans mon chemin professionnel.

Enfin, je remercie le CIRST pour son soutien financier et les opportunités de perfectionnement professionnel.

## **Introduction et questions de recherche**

Les stagiaires postdoctoraux constituent une catégorie de chercheurs très importante pour le système de la recherche scientifique. Ils sont pour la plupart des jeunes chercheurs, récemment titulaires d'un doctorat, qui sont en formation afin de développer davantage leurs compétences, augmenter leur production scientifique, et développer leur carrière vers un poste de chercheur permanent. Leurs contributions apportent de nombreux bénéfices à la science en termes d'innovation et d'avancement des connaissances, mais elles requièrent un investissement structuré à long terme.

Les chiffres concernant la population de postdoctorants sont imprécis, puisque la gestion des dossiers de ces chercheurs, spécialement ceux en provenance de l'étranger, n'est pas faite de façon systématique. Au Canada, l'Association canadienne des stagiaires postdoctoraux (ACSP) a estimé qu'en 2012 il y avait environ 9 000 postdoctorants au Canada (Mitchell et al. 2013, 15). Aux États-Unis, ce nombre serait entre 43 000 et 89 000 à l'automne 2005 (National Science Board NSB 2010, 45-46). D'autres études à moindre échelle rapportent une augmentation très importante du nombre de postdoctorants au cours des dernières années, comme celle de Jones (2013), qui constate que le nombre de postdoctorants dans les sciences informatiques augmente d'un facteur de trois entre 1998 et 2011, et le rapport des National Institutes of Health (NIH 2012) qui indique que le nombre de postdoctorants en sciences biomédicales financés par le gouvernement américain double entre 1989 et 2009.

Or, bien que les postdoctorants représentent une partie importante de la main-d'œuvre du système de la recherche, ils se trouvent souvent dans une situation professionnelle très vulnérable. D'une part, les décisions dans les politiques de financement de la recherche à l'échelle gouvernementale ont souvent un impact direct dans leur choix de carrière et leur

avenir professionnel. D'autre part, leurs conditions d'emploi sont nettement inférieures à celles offertes aux docteurs récemment diplômés embauchés dans d'autres postes, tandis que la réalisation d'un stage postdoctoral ne leur garantit plus dans certains domaines l'obtention d'un poste de professeur.

En Amérique du Nord, les associations des stagiaires postdoctoraux canadienne et américaine jouent un rôle extrêmement important dans la promotion de ces chercheurs et dans la mise en évidence des problèmes auxquels ils font face. Ces associations entreprennent régulièrement des enquêtes auprès des postdoctorants, et encouragent les institutions et agences gouvernementales à mettre en place de meilleures pratiques dans la gestion et la formation des postdoctorants (ACSP 2009; National Postdoctoral Association (NPA) 2012).

Malgré leur statut précaire, les attentes concernant les résultats de recherche des postdoctorants sont grandes. Une hypothèse implicite qui prévaut dans la communauté scientifique est que les chercheurs ayant suivi un stage postdoctoral sont plus productifs que leurs pairs dépourvus d'une telle expérience. La productivité des chercheurs postdoctoraux serait donc un indicateur de l'efficacité de l'investissement social dans les programmes postdoctoraux (Su 2011, 276).

Dans cette veine, quelques études ont été conduites dans le but d'analyser la production scientifique de jeunes chercheurs. Larivière (2010; 2012) a ainsi analysé la participation des doctorants québécois à la réalisation de publications scientifiques et a constaté son effet positif sur la probabilité de réussite du programme par l'étudiant. En ce qui concerne les postdoctorants, les études de Hornbostel et al. (2009), et de Su (2011) constatent que la réalisation d'un postdoctorat apporte des bénéfices à la carrière des chercheurs, qui accroissent ainsi leurs chances d'être embauchés dans des institutions prestigieuses. D'ailleurs, des études

montrent que les jeunes chercheurs, parmi lesquels on trouve les postdoctorants, se trouvent dans la période de leur vie où la créativité est plus intense, ce qui est reflété par un impact scientifique plus important de leurs publications (Gingras et al. 2008; Bernauer et Gilardi 2010).

Étant donné que les postdoctorants accomplissent vraisemblablement une partie importante de la recherche scientifique et qu'ils constituent un groupe de chercheurs qui subit de nombreux problèmes récurrents partout dans le monde découlant de la carence de politiques de gestion de financement et de leur dossier de stage (ACSP 2009, 3), ce travail propose une analyse de la productivité scientifique des postdoctorants canadiens financés par les agences gouvernementales. Puisque la publication d'articles est le principal résultat de la recherche dans la plupart des sciences médicales, naturelles et sociales (Larivière, Gingras, Archambault et Vignola-Gagné 2006), et que les données sur la productivité et l'impact scientifique sont très importantes pour la mise en place des politiques d'appui à la recherche (Gauthier 1998, 19), les résultats de cette étude contribueront à tracer un portrait plus complet de la population des postdoctorants canadiens, et à mettre en valeur les efforts et l'engagement de ces derniers dans l'avancement des connaissances.

Ainsi, ce projet de recherche propose une analyse de la productivité et de l'impact scientifique des postdoctorants canadiens financés par les trois conseils fédéraux et les trois fonds de recherche québécois. Nous devons nous rabattre sur cet échantillon puisqu'il n'existe pas de liste exhaustive de postdoctorants ni au Canada, ni au Québec. Pour cette raison, l'étude d'un ensemble plus large de la population des postdoctorants canadiens n'est pas encore possible.

Pour simplifier la description de la présente étude, l'expression « postdoctorants canadiens » est utilisée comme référence à l'échantillon des postdoctorants financés par les trois conseils fédéraux et les trois fonds de recherche québécois.

La présente étude a pour but de répondre à quatre questions de recherche :

1. Quelle est la contribution des postdoctorants canadiens dans le système de recherche canadien?
  - 1.1. À combien de publications ont-ils contribué?
  - 1.2. Quel est le pourcentage des publications canadiennes auxquelles ils ont participé?
2. Quelle est leur productivité moyenne?
  - 2.1. Quelles sont les différences entre les domaines et les pays de stage?
3. Quel est l'impact scientifique des articles auxquels ils ont contribué?
  - 3.1. L'impact scientifique de leurs articles est-il influencé par l'ordre du postdoctorant sur la liste d'auteurs?
  - 3.2. Quelles sont les différences entre les domaines et les pays de stage?
4. Quels sont les types de collaboration auxquels ils participent?
  - 4.1. Quelles sont les différences entre les domaines?

Ce mémoire est divisé en quatre chapitres. Le premier présente la littérature pertinente pour cette étude, telles que les enquêtes entreprises par les associations postdoctorales américaine et canadienne, des études concernant l'évolution de la carrière des chercheurs et les problèmes auxquels les postdoctorants font face, ainsi que quelques études quantitatives sur la productivité des nouveaux chercheurs. Le chapitre 2 décrit la méthodologie utilisée, de même que les sources et le traitement des données. Les résultats sont présentés au chapitre 3. En conclusion, nous revenons sur les principaux constats de notre étude tout en mentionnant leurs limites et en suggérant des pistes pour aller plus loin.

# 1 Revue des écrits

## 1.1 Qui sont les postdoctorants?

Les premiers stages postdoctoraux ont été créés aux États-Unis en 1876, à partir d'une initiative du président de l'université Johns Hopkins, Daniel Gilman, qui visait à rendre son université plus compétitive vis-à-vis des grandes institutions de recherche scientifique européennes. Gilman offrait alors une bourse à un groupe de 20 diplômés intéressés à poursuivre des études supplémentaires en lettres ou en sciences. Puisque quatre d'entre eux possédaient déjà un doctorat, ils sont ainsi devenus les premiers boursiers postdoctoraux (Mervis 1999, 1513).

Près d'un siècle et demi plus tard, plusieurs débats se tiennent encore autour de la définition et de la nature du stage postdoctoral. Selon Åkerlind (2005, 25), un fort indice de l'absence d'une définition claire pour cette période de formation en recherche serait l'utilisation de plusieurs titres attribués aux chercheurs au sein de leurs institutions. On peut trouver, entre autres, les titres d'auxiliaire de recherche, d'assistant de recherche et de stagiaire postdoctoral. Dans plusieurs cas, on ne les distingue pas des autres employés en recherche.

À la fin des années 90, l'ACSP et la NPA entament un ensemble de démarches afin de clarifier et d'uniformiser la définition du stage postdoctoral, et ainsi favoriser la mise sur pied de politiques de gestion de dossiers précises et l'amélioration des conditions de formation de cette catégorie de personnel hautement qualifié.

Selon ces deux associations, les stagiaires postdoctoraux, en anglais *postdoctoral fellows* ou tout simplement *postdocs*, sont des chercheurs nouvellement diplômés, titulaires d'un diplôme de doctorat ou l'équivalent, engagés temporairement pour apprendre de nouvelles techniques de travail, améliorer leurs compétences professionnelles et développer leur



indépendance en recherche, dans le but de poursuivre ultérieurement une carrière de leur choix (ACSP 2009; NPA 2012). Ils jouent un rôle fondamental dans la dynamique des groupes de recherche, puisqu'ils occupent une position intermédiaire dans la hiérarchie entre les chercheurs et les étudiants, et peuvent ainsi favoriser une meilleure communication au sein des équipes ( Association of American Universities (AAU) 1998, 1).

## **1.2 Les postdoctorants au Canada**

Au Canada, les postdoctorants sont représentés par l'ACSP, qui met en évidence et discute les problèmes concernant cette catégorie de chercheurs. Selon l'ACSP, l'organisation actuelle de la formation postdoctorale révèle des problèmes majeurs qui laissent ces chercheurs hautement qualifiés dans une « position particulièrement vulnérable » et suscitent chez eux un haut niveau d'insatisfaction (ACSP 2009). L'un des grands problèmes soulevés par l'ACSP est le manque de systématisation dans les procédures d'enregistrement et de contrôle des postdoctorants auprès de leurs institutions de recherche, ce qui d'ailleurs rend difficile l'estimation de leur nombre. Pour pallier cette lacune, l'ACSP a conduit en 2009 une première enquête auprès des stagiaires postdoctoraux qui a permis de tracer le portrait de ces chercheurs le plus complet jusqu'alors (ACSP 2009). Basée sur la participation volontaire de 1 192 répondants à travers le Canada, l'enquête présente des données démographiques, les échelles salariales ainsi que les principales sources de financement, leur distribution parmi les domaines, de même que le niveau de satisfaction des stagiaires face à leur formation postdoctorale.

On constate ainsi que la grande majorité des répondants se situe dans les provinces de l'Ontario (38%) et du Québec (33%), et que 45% de la population totale des postdoctorants ont obtenu leur diplôme de doctorat au Canada. L'enquête révèle également que 70% des

répondants en étaient à leur premier stage postdoctoral, 24% en étaient à leur deuxième stage et 4%, à leur troisième stage. Les domaines où les répondants étaient les plus nombreux sont la biologie (38%), et la médecine (25%), suivis par les sciences sociales et humaines (11%). En ce qui concerne la distribution selon le sexe, 56% des répondants étaient des hommes et 44% des femmes et, pour ce qui est de l'âge, la majorité des individus se concentrait dans la tranche des 30-35 ans (58%), alors que les moins de 30 ans comptaient pour 19% de la population et les 36-40 ans, pour 16%.

En ce qui concerne les revenus salariaux, cette étude montre que 79% des stagiaires postdoctoraux reçoivent moins de 45 000\$ par année, que 50% d'entre eux affirment que leur principale source de revenu provient des subventions de recherche, que 18% sont principalement financés par des bourses d'études des conseils fédéraux et 8%, par les gouvernements provinciaux. En comparant les échelles salariales des professionnels diplômés des 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles, l'étude montre que les chercheurs postdoctoraux sont sous-valorisés, et que leurs revenus sont moindre que ceux des professionnels de 1<sup>er</sup> cycle, notamment depuis que l'annonce du budget 2010 a précisé qu'au niveau du gouvernement fédéral les stagiaires postdoctoraux ne sont pas éligibles à l'exemption d'impôts accordée aux étudiants aux cycles supérieurs et aux personnes en formation<sup>1</sup>. En effet, le paiement des impôts est identifié comme l'un des problèmes les plus importants vécus par les postdoctorants. L'ACSP souligne que la formalisation du statut de chercheur postdoctoral contribuerait à éclaircir les débats sur l'imposition des revenus (ACSP 2009, 10).

L'étude de l'ACSP a aussi mesuré la satisfaction des chercheurs postdoctoraux vis-à-vis leur stage. Ainsi, 55% des répondants ont indiqué qu'ils étaient satisfaits, tandis que 19%

---

<sup>1</sup> Pour davantage de détails, voir : <http://www.cra-arc.gc.ca/tx/tchncl/ncmtx/fls/s1/f2/s1-f2-c3-fra.html#N10FC0>.

étaient insatisfaits (26% n'ont pas répondu). Plus des deux tiers des répondants ont fourni des commentaires à ce sujet, dont le plus récurrent réclamait une meilleure reconnaissance de leur contribution à la recherche et à l'enseignement de la part des directeurs de recherche ainsi que des institutions et des agences gouvernementales (ACSP 2009, 10-11).

Une deuxième enquête a été entreprise en 2013 par l'ACSP et Mitacs<sup>2</sup> afin de suivre l'évolution de l'éducation postdoctorale canadienne (Mitchell et al. 2013). L'enquête compte sur la participation volontaire de 20%<sup>3</sup> des postdoctorants canadiens, distribués en 130 institutions. Comparée à l'enquête de 2009, cette étude a pu approfondir l'analyse des principaux problèmes relevés précédemment, comme le niveau de satisfaction concernant plusieurs aspects du stage postdoctoral. On constate un niveau de satisfaction autour des 70% concernant la supervision/indépendance, les ressources/services, et l'environnement de travail. Par contre, moins de la moitié est satisfaite du salaire (44%), du développement de la carrière (43%), de la formation professionnelle (37%), et des bénéfices (29%) offerts par leurs institutions d'attache. L'étude attire l'attention de la communauté scientifique sur deux questions principales. Premièrement, les postdoctorants souhaiteraient être traités comme des employés et avoir des bénéfices équivalents à leur expérience et formation. Deuxièmement, ils devraient être supportés durant la période de stage postdoctoral avec des opportunités de développement de carrière adéquates. Malgré l'incertitude associée à leur statut et leur avenir professionnel, les postdoctorants sont généralement motivés par leur environnement de recherche. Un autre point positif que révèle l'étude est la gestion de plus en plus rigoureuse des dossiers des chercheurs de la part des institutions d'accueil, ce qui a d'ailleurs permis la

---

<sup>2</sup> Mitacs est un organisme à but non-lucratif de soutien à l'innovation scientifique qui coordonne des projets de recherche de collaboration entre les universités et l'industrie.

<sup>3</sup> Basé sur une estimation de 9 000 postdoctorants en 2012 au Canada (Mitchell et al. 2013, 9).

dernière estimation de la population de chercheurs postdoctoraux canadiens à 9 000 individus en 2012 (Mitchell et al. 2013, 15).

### **1.3 Les postdocs aux États-Unis**

En 1994 l'AAU a créé un comité pour évaluer et suivre l'état de l'éducation postdoctorale aux États-Unis. On a ainsi obtenu les premiers chiffres concernant cette catégorie de chercheurs, ce qui a permis de constater son augmentation très rapide, soit de 16 000 à 35 000 entre 1975 et 1995 dans les sciences, le génie et la santé. On a également constaté dans ces disciplines que la proportion de docteurs récemment diplômés à la recherche d'un stage postdoctoral avait augmenté de 25% à 37% pendant la même période (AAU 1998, 1). Plus récemment, la National Science Foundation (NSF) a estimé entre 43 000 et 89 000 la population des postdoctorants à l'automne 2005 (NSB 2010, 45-46). L'écart entre ces chiffres s'explique principalement par le fait qu'une part importante de postdoctorants, estimée à 60% aujourd'hui, est constituée de chercheurs internationaux qui ne sont pas enregistrés auprès de leur institution d'accueil américaine.

Outre l'augmentation importante du nombre de ces chercheurs, l'AAU constate un manque de normalisation et de contrôle parmi les types de stage postdoctoral et compare cette situation à l'état anarchique des programmes de doctorat de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (AAU 1998, 2). À cet effet, l'AAU formulait dans son rapport de 1998 un ensemble de recommandations adressées aux universités, aux agences gouvernementales et aux institutions privées nord-américaines, concernant l'établissement de politiques et de pratiques visant la standardisation de l'éducation postdoctorale. Entre autres, ce rapport visait à sensibiliser les institutions au nombre croissant de postdoctorants, à l'augmentation de leur nombre en provenance de l'étranger, à la réalité des chercheurs qui suivent deux stages ou même plus, au haut niveau

d'insatisfaction parmi les postdoctorants et aussi à la perception de plus en plus répandue chez les diplômés que le stage postdoctoral représente au fond une façon d'échapper au chômage.

Sept ans plus tard, en 2005, l'AAU entreprend une enquête auprès de ses institutions membres dans le but de réévaluer l'état de l'éducation postdoctorale et de mesurer le niveau d'adoption des recommandations publiées en 1998. Les informations récoltées concernent surtout la définition de ce qu'est un stage postdoctoral au sein de l'institution, le nombre de stages réalisés au cours de l'année précédente, les avantages sociaux accordés au stagiaires, et les politiques de gestion de l'éducation postdoctorale. Les résultats montrent que plusieurs aspects ont été clarifiés depuis 1998, mais qu'il en reste encore beaucoup à améliorer. L'enquête montre en effet que les institutions font face à des difficultés importantes pour trouver un modèle de gestion et d'organisation de l'éducation postdoctorale, puisque plusieurs d'entre elles ont été amenées à modifier à quelques reprises au cours des récentes années leurs procédures de gestion et leurs structures administratives. L'enquête révèle aussi que les institutions étaient en majorité en accord avec la définition de stage postdoctoral recommandée en 1998 par l'AAU, et qu'elles ont mis en œuvre diverses améliorations dans les conditions de travail des stagiaires, comme l'établissement d'un salaire minimum et l'amélioration des avantages sociaux (AAU 2005).

Récemment, dans un rapport technique concernant l'état de la main-d'œuvre en recherche biomédicale aux États-Unis, un comité consultatif a présenté aux NIH (NIH 2012) une étude concernant les étudiants financés par cet organisme, accompagnée de recommandations plus pointues concernant les politiques d'investissement des NIH durant le parcours d'étude et de développement de carrière des chercheurs, tant au niveau du doctorat que du postdoctorat. Le rapport soulève un problème majeur identifié auparavant dans les

rapports de l'AAU (1998; 2005), soit le manque d'information pour estimer la taille de la population des postdoctorants. Les quelques facteurs qui pourraient expliquer ce problème sont principalement les failles dans la gestion des dossiers des chercheurs étrangers, et l'utilisation d'appellations différentes afin de désigner les postes de postdoctorants au sein des institutions (par exemple un titre de chercheur associé ou d'auxiliaire de recherche).

Ce rapport fournit également un aperçu de l'état du financement de la recherche et de l'appui au développement de carrière des chercheurs du domaine biomédical. L'étude collecte des données provenant de différentes sources couvrant la période 1979-2009 qui montrent, entre autres, les principaux moyens de financement et le nombre d'années consacrées par les diplômés à la réalisation d'un ou de plusieurs stages postdoctoraux. On remarque la prédominance du financement fédéral reçu sous forme de subventions accordées aux directeurs de stage, qui représente un montant dix fois plus élevé que celui des bourses de recherche fédérales octroyées directement aux stagiaires. En ce qui concerne la durée des stages postdoctoraux, les données montrent que la plupart des docteurs diplômés restent moins de cinq ans en stage postdoctoral, mais qu'une tranche assez importante du groupe (environ 22%) y demeure cinq ans et plus. Le rapport ajoute « qu'il y a des preuves que ceux qui restent plus longtemps dans des postes de postdoctorat sont ceux qui ont plus de chance d'obtenir un poste permanent dans une université » (NIH 2012, 37, notre traduction). Par contre, comparativement à d'autres domaines comme la chimie et la physique, le temps moyen de formation des chercheurs en sciences biomédicales est plus long, en considérant la durée cumulative totale du doctorat et du stage postdoctoral.

De plus, l'étude révèle qu'entre les années 1993 et 2008, environ 45 à 50% des docteurs occupaient des postes académiques non permanents, fort probablement des postes de

postdoctorat, dans les cinq ans suivant l'obtention de leur diplôme de doctorat. Environ 25% des individus ont déclaré être engagés dans la recherche non académique, 12% occupaient des postes non liés au monde académique ou à la recherche, 9% occupaient des postes académiques permanents, et environ 6% occupaient des postes en dehors du domaine biomédical ou étaient au chômage.

S'appuyant sur le portrait de la formation des chercheurs en biomédecine, ce rapport énonce également des recommandations concernant la structuration de la carrière des chercheurs et préconise certaines stratégies pour guider les postdoctorants vers des postes permanents. Il recommande également des changements dans les politiques afin de réduire le temps de la formation postdoctorale à trois ans idéalement, de même que la mise en place de types de stages différents en fonction du choix de carrière et, enfin, un ajustement des revenus.

## **1.4 Les postdoctorants ailleurs dans le monde**

### **1.4.1 Australie**

Åkerlind (2005) a conduit une étude à l'échelle nationale auprès des postdoctorants de divers domaines d'études concernant leur perception de la nature de leur formation et de leur avenir professionnel. À la lumière d'études précédentes indiquant une grande insatisfaction des chercheurs face à leur stage postdoctoral, Åkerlind présente les résultats d'une enquête par questionnaire réalisée auprès de 1 010 postdoctorants, dont certains ont aussi été rencontrés en entrevue. L'étude a recueilli, entre autres, les impressions des postdoctorants concernant le stage en tant qu'opportunité d'être engagé dans un poste permanent et de développer leur carrière, et de recevoir un appui général pour les guider vers d'autres opportunités et construire un réseau de contacts.

L'étude révèle également des problèmes fondamentaux dans la structure et dans la culture de formation des nouveaux chercheurs. Premièrement, on constate une variation importante dans la perception de ce qu'est un stage postdoctoral et de la formation qu'il devrait permettre aux chercheurs d'acquérir. Tout comme aux États-Unis, il note ensuite le manque de politiques et de structures institutionnelles fournissant au postdoctorant une formation et un appui plus solide. Les postdoctorants ont aussi signalé un biais dans l'orientation en faveur de la poursuite d'une carrière en milieu académique, et une perception générale qu'une carrière alternative serait équivalente à un échec professionnel. Enfin, on constate qu'une durée de cinq ou six ans de stage postdoctoral est perçue comme normale pour la transition vers un poste permanent.

Outre une réorganisation majeure des politiques concernant le stage postdoctoral, l'auteur du rapport et une part importante des répondants de l'enquête ont suggéré la mise en œuvre d'un service de conseils de carrière pour les chercheurs dès leurs études doctorales.

#### **1.4.2 Europe**

Dans une analyse de l'état de l'éducation doctorale et postdoctorale en Europe, Moguérou (2005) mentionne d'emblée que les opportunités de développement de carrière en sciences ne semblent pas attirantes en Europe. En effet, constate-t-il, plus de chercheurs quittent le continent que de chercheurs y entrent pour suivre des études doctorales ou postdoctorales. De plus, le nombre d'inscriptions au doctorat s'est stabilisé ou a même décliné dans plusieurs spécialités des sciences naturelles et du génie, à l'exception du Royaume-Uni, où les chiffres continuent à augmenter en grande partie à cause des étudiants étrangers. Pour les postdoctorants, l'étude constate le même problème trouvé dans d'autres pays : le manque d'un système de suivi des stages postdoctoraux qui nuit, entre autres, à la compilation de



données démographiques. L'auteur constate le besoin de politiques concernant la mobilité internationale, tant pour attirer des étrangers que pour renforcer les liens avec les pays d'origine des nouveaux chercheurs Européens qui quittent leur pays.

### **1.4.3 Japon**

L'éducation postdoctorale japonaise a reçu de grands investissements dans les années 90, faisant augmenter le nombre de postes de postdoctorat offerts par des programmes gouvernementaux de 3 775 à 10 000 entre 1995 et 2000. Les chercheurs seniors étaient satisfaits des fruits de cette injection de nouveaux chercheurs, puisque cela a permis la réalisation de nouveaux projets et a augmenté la production scientifique des groupes de recherche.

Cette hausse a également mis en évidence certains problèmes associés au stage postdoctoral, comme leur salaire vis-à-vis le coût de vie dans de grands centres métropolitains et le surplus de chercheurs par rapport aux postes permanents académiques disponibles. De plus, l'étude souligne la tendance qui s'est accentuée chez les postdoctorants à demeurer dans les mêmes unités où ils ont obtenu leur diplôme de doctorat, au lieu de se déplacer vers d'autres institutions (Normile 1999).

Par rapport au surplus de postdoctorants – un autre aspect qui éveille certaines inquiétudes dans la communauté scientifique – le dirigeant du comité responsable de l'évaluation de ces programmes de financement à l'Agence japonaise de science et technologie, exprime son optimisme. Selon lui, l'augmentation des postdoctorants aurait créé un environnement plus compétitif et cela augmenterait la qualité de la recherche entreprise dans les institutions, qui pourraient ainsi choisir les « candidats les plus talentueux » (Normile 1999).

## 1.5 Débats autour du stage postdoctoral

Il est donc convenu que le stage postdoctoral est une étape importante dans la transition des individus vers le statut de chercheurs « indépendants ». Par contre, plusieurs études et rapports, dont quelques-uns mentionnés précédemment, soulignent des problèmes concernant les politiques de gestion et leurs répercussions sur le parcours de carrière des chercheurs en formation. Le rapport NIH (2012, 35) mentionne par exemple que :

La longue période de formation entre le début du doctorat et la fin du postdoctorat, l'augmentation de l'âge à laquelle les chercheurs obtiennent un poste de professeur, les disparités de revenus en début de carrière et les gains potentiels par rapport à d'autres disciplines scientifiques, peuvent rendre la carrière dans la recherche biomédicale moins attirante que celle dans d'autres disciplines scientifiques ou d'autres carrières professionnelles. (notre traduction)

À ce sujet, Mervis (1999, 1513) mentionne que les postdoctorants sont comme « dans les limbes », entre le statut d'étudiant et celui de chercheur indépendant, et n'y disposent que d'une paie et d'une stabilité insuffisantes.

Les problèmes les plus communément cités dans les rapports et études concernant les stages postdoctoraux sont énumérés ci-après.

### 1.5.1 Salaire et bénéfices

Il est devenu évident pour certains auteurs que le sacrifice financier est inévitable lors de la poursuite d'un stage postdoctoral (ACSP 2009; Jones 2013). Ainsi, en 2012, la NSF aux États-Unis a rendu public le salaire moyen d'un stagiaire postdoctoral, soit 42 000\$ par année, ce qui représente 44% moins que le salaire moyen de leurs collègues récemment docteurs qui ont suivi une carrière non académique (NSF 2012).

Au Canada, l'ACSP révèle que les deux tiers des postdoctorants gagnent moins de 45 000\$ par année (Mitchell et al. 2013). Les bourses octroyées par les organismes gouvernementaux constituent la principale source de financement d'environ 25% des

postdoctorants canadiens en 2013 (Mitchell et al. 2013, 19). Elles sont de 40 000\$ pour les programmes offerts par les trois conseils de recherche fédéraux et de 30 000\$ pour les fonds de recherche du Québec, pour une période maximale de 24 mois de stage. Les concours ont lieu annuellement à l'automne pour le début du stage prévu pour le mois d'avril suivant, mais des demandes de bourses pour un stage en cours sont également acceptées et les paiements peuvent ainsi être anticipés. Les chercheurs de tous les domaines peuvent également participer à un processus de sélection national dans le cadre du Programme de bourses postdoctorales Banting, qui octroie 70 nouvelles bourses de 70 000\$ à chaque année.

Donc, la grande majorité des postdoctorants financés par les gouvernements fédéral et provinciaux ont des revenus annuels autour de 30 000\$ à 40 000\$, qui sont en plus imposables par le gouvernement fédéral et québécois. Le Québec reconnaît l'exemption d'impôt pour les bourses d'études postdoctorales seulement pour les stagiaires internationaux (non-résidents) des domaines des sciences pures ou des sciences appliquées.<sup>4</sup>

On ajoute à cela le fait que les stagiaires postdoctoraux se trouvent souvent dans la trentaine, âge moyen où les gens fondent une famille. D'ailleurs, une enquête entreprise par l'Institute for Business and Industry Development (IBID) a constaté que 68% des postdoctorants américains repoussent l'idée d'avoir des enfants pour des questions financières (NPA 2012). Au Canada, 69% des postdoctorants sont mariés ou vivent en union de fait, et 35% ont des enfants à charge (Mitchell et al. 2013, 4).

Les bénéfices offerts aux stagiaires postdoctoraux canadiens sont le point d'insatisfaction le plus important relevé par l'enquête de l'ACSP (Mitchell et al. 2013). Les

---

<sup>4</sup> Pour davantage de détails, voir : <http://www4.gouv.qc.ca/fr/Portail/citoyens/programme-service/Pages/Info.aspx?sqctype=sujet&sqcid=414>.

bénéfices sont très variables selon l'institution d'attache, et souvent les postdoctorants ne sont pas éligibles aux mêmes bénéfices que les autres employés.

### **1.5.2 Un probable surplus de postdoctorants ou de doctorants?**

Jones (2013) souligne l'augmentation du nombre de postdoctorants en sciences informatiques et les problèmes que cela cause aux États-Unis. L'auteure présente l'évolution du nombre de postes de professeurs-chercheurs disponibles pour les nouveaux docteurs versus le nombre de postdoctorants. Les deux suivent un rythme similaire de 1998 à 2004, quand le nombre de postes de professeurs commence alors à décliner tandis que le nombre de postdoctorants subit une hausse importante. En 2011 les postdoctorants représentent le double des postes de professeurs disponibles. L'auteure remet en question les raisons pour lesquelles on engage de plus en plus des postdoctorants, en mentionnant que des chercheurs sont souvent engagés pour couvrir à court terme le besoin de main-d'œuvre spécialisée. Jones recommande à la communauté scientifique que des études sur les postdoctorants soient conduites, pour rendre ainsi la gestion du financement et la formation fournie aux chercheurs plus adéquates.

D'ailleurs, le rapport publié par les NIH (2012, 7) à propos de l'état de la formation des nouveaux chercheurs en sciences biomédicales reconnaît que le nombre d'étudiants de postdoctorat est en majorité déterminé par son budget, en renforçant l'argument de Jones (2013, 39) sur le manque de planification et d'évaluation du réel besoin de main-d'œuvre spécialisée dans certains domaines.

Le surplus de nouveaux chercheurs dans certains domaines est aussi présent plus tôt dans le parcours académique, au niveau du doctorat. Cela augmente la compétition entre les candidats potentiels à des postes permanents et force les chercheurs à rester dans des postes transitoires, tels que le postdoctorat, jusqu'à ce qu'ils obtiennent des postes permanents. Au

Québec, par exemple, seulement le tiers des docteurs diplômés sont intégrés dans le corps professoral des universités (Conseil supérieur de l'éducation 2003, 85).

### **1.5.3 Passage obligé vers un poste permanent**

Le stage postdoctoral peut avoir plusieurs fonctions selon le domaine d'étude. En biochimie, par exemple, le stage postdoctoral représente une étape cruciale, quelle que soit la carrière choisie par le chercheur, académique ou industrielle. En mathématiques par contre, il y a peu des postes de postdoctorat disponibles, et ceux qui les suivent ont plus de chance d'être engagés dans un poste permanent à l'université. Ces constats ont été réalisés par Nerad et Cerny (1999) lors d'une enquête qui relève des informations concernant les dix ans de carrière suivant l'obtention du diplôme de doctorat d'environ 6 000 chercheurs aux États-Unis dans six disciplines : biochimie, sciences informatiques, génie électrique, mathématiques, anglais, et sciences politiques. On constate également que 86% des répondants en biochimie avaient déjà suivi au moins un stage postdoctoral, contre 31% en mathématiques, et 10% en génie électrique. Les données concernant le temps écoulé entre l'obtention du diplôme de doctorat et l'obtention d'un premier poste non postdoctoral montrent aussi des différences entre les domaines. On compte ainsi en moyenne quatre ans en biochimie contre environ deux ans dans les autres domaines d'étude. Donc, les biochimistes passent plus de temps dans des positions postdoctorales, alors que c'est dans cette discipline où la proportion des chercheurs ayant obtenus un poste permanent dans les treize ans suivant la conclusion de leur doctorat est la plus petite, soit seulement 54%. En mathématiques, ce chiffre est de 78%, mais le plus étonnant est que 61% de ceux qui n'ont suivi aucun stage postdoctoral sont également arrivés à une position de professeur. Enfin, dans les disciplines où le nombre de stagiaires postdoctoraux n'est pas en surplus par rapport au nombre de postes disponibles, les auteurs

remarquent l'effet positif du stage postdoctoral sur la carrière des chercheurs. Ils remettent toutefois en question la longueur du stage postdoctoral et le fait que ce dernier soit une étape incontournable à l'obtention d'un poste permanent de professeur dans les domaines où les postdoctorants seraient en surplus. Les chiffres présentés par les auteurs nous permettent de conclure que la disponibilité des postes permanents dans chaque domaine est un facteur majeur permettant d'expliquer le temps passé dans des postes de postdoctorat. Autrement dit, s'il n'y a pas d'offre de postes permanents, les chercheurs n'auront pas d'autre choix que de passer d'un postdoctorat à l'autre en attendant d'être embauchés dans un poste de professeur.

Au Canada, l'ACSP révèle qu'à peu près la moitié des postdoctorants envisagent de suivre au moins deux stages, et qu'ils perçoivent aussi de moins en moins le stage postdoctoral comme une garantie d'accéder à un poste académique permanent. Dans l'enquête de 2013, 80% des postdoctorants canadiens ont déclaré que leur but initial était de devenir professeur d'université, mais le rapport souligne qu'en réalité, seule une minorité d'entre eux décrochera un tel poste (Mitchell et al. 2013, 4). En plus, la moitié des répondants ont déclaré ne pas avoir été informés des possibilités de carrières non-académiques et 87% d'entre eux ne pas avoir eu accès ou ne pas avoir été mis au courant de l'existence de services d'orientation professionnelle qui auraient pu les guider vers des opportunités de carrière alternatives.

## **1.6 Études bibliométriques**

Il existe peu d'études bibliométriques sur la place des postdoctorants dans le système de la recherche. Parmi celles-ci, on trouve l'étude entreprise par Hornbostel et al. (2009) dans le cadre des programmes de bourses d'études postdoctorales Emmy Noether qui nous renseigne sur la situation en Allemagne. Utilisant une approche mixte qualitative et quantitative, l'auteur a analysé et comparé la carrière et les publications des candidats en physique et en médecine

financés de 2000 à 2006 par l'entremise d'une enquête en ligne et par la sélection d'un échantillon pour des entrevues plus approfondies. Pour l'analyse des publications des candidats, une période de dix ans a été couverte, soit quatre ans avant et six ans après la demande de bourse. Cependant, pour les mesures de citation, seulement les articles publiés jusqu'à 2004 ont été sélectionnés, afin de respecter une fenêtre de trois ans. Afin de valider l'attribution des articles à leurs auteurs, l'étude a offert la possibilité aux chercheurs de vérifier leur dossier de publication en ligne.

En général, les résultats ont indiqué une tendance du comité d'attribution des bourses à favoriser les candidats les plus productifs et les plus cités. L'étude souligne d'ailleurs que les critères de sélection des chercheurs sont très élevés, de sorte que tous les candidats ont d'excellents dossiers académiques. L'impact de la bourse sur la carrière des chercheurs en physique est mesurable et positif, puisque les boursiers augmentent légèrement leur nombre de publications tandis que le groupe refusé enregistre une baisse importante. Par contre, l'impact scientifique des chercheurs de ces deux groupes présente une baisse après la décision de financement. En médecine, au moment de la décision de financement, les candidats refusés avaient une production plus importante que les candidats financés, mais un impact scientifique moins grand. Par la suite, le groupe financé augmente sa production de publications qui se stabilise à un niveau similaire à celui du groupe refusé, tandis que son impact scientifique baisse pour rejoindre celui du groupe refusé.

Hornbostel et al. (2009) constatent en plus qu'un nombre important parmi les chercheurs sélectionnés dans le programme de bourses se trouvent ultérieurement un poste de professeur ou un autre poste également satisfaisant, mais qu'il est toujours difficile à évaluer dans quelle

mesure cette bourse influence la carrière et le succès des chercheurs, puisque les candidats refusés ont une production scientifique comparable à celle des candidats financés.

Dans les sciences politiques, l'étude de Bernauer et Gilardi (2010) présente la productivité et l'impact scientifique de professeurs et postdoctorants suisses. Outre la comparaison entre les corps professoraux des unités départementales, l'étude a mis en évidence quelques caractéristiques de la population de postdoctorants. L'analyse croisée de la production scientifique et des facteurs d'impact des revues dans lesquelles les postdoctorants publient révèle que les deux mesures sont fortement corrélées, c'est-à-dire que les chercheurs qui publient plus d'articles ont aussi plus tendance à publier dans des revues à haut facteur d'impact. Aussi, les 10% de postdoctorants les plus productifs sont aussi performants que les professeurs qui ont terminé leur doctorat dans les dix dernières années précédant l'étude.

Su (2011) a conduit une étude sur l'effet du stage postdoctoral sur la carrière des chercheurs en sciences et génie des *Research extensive universities* aux États-Unis. Par l'entremise d'un questionnaire et de l'analyse des références des publications présentes dans les CVs des professeurs, il a constaté que les chercheurs qui ont suivi au moins un stage postdoctoral, soit la moitié de l'échantillon de 860 individus, affichaient une productivité de 17% plus importante que les autres chercheurs dans les trois premières années après l'obtention de leur diplôme de doctorat. Passée cette période, l'auteur présente des preuves que l'effet du postdoctorat sur la production scientifique des chercheurs disparaît et est plus tard remplacé par l'effet du prestige des départements universitaires où les chercheurs ont obtenu leurs postes. D'ailleurs, l'auteur mentionne que les chercheurs avec postdoctorat ont plus tendance à être engagés dans des départements plus prestigieux, ainsi les variables postdoctorat et placement dans des départements de prestige viendraient confirmer l'effet



d'avantage cumulatif décrit auparavant par Merton (Su 2011, 288). En plus, l'étude constate que la productivité scientifique en début de carrière est un fort prédicteur de la productivité individuelle ultérieure, c'est-à-dire qu'un chercheur qui a une bonne production pendant son doctorat, aura également une bonne production scientifique plus tard dans sa carrière.

Au Canada, Larivière (2010; 2012) a analysé l'activité de publication des doctorants au Québec entre 2000 et 2007. L'auteur constate le rôle important de ces étudiants dans la recherche scientifique québécoise, avec des taux de participation aux publications d'environ 30% du total des articles, tant pour les sciences biomédicales que pour les sciences naturelles et le génie, suivis par 19% pour les sciences sociales et 13% pour les arts et humanités. La comparaison de la productivité moyenne des étudiants qui complètent leur programme avec celle des étudiants qui ne le terminent pas permet de conclure qu'il existe un lien positif entre la productivité des étudiants et leur réussite académique.

L'étude met également en évidence l'aspect collaboratif dans les publications des doctorants, qui est fortement relié aux caractéristiques de recherche de chaque domaine. Dans les sciences médicales par exemple, le travail de groupe est très important et par conséquent les doctorants ont une productivité plus élevée. Cependant, dans les sciences sociales et humaines, le travail est fait plutôt individuellement, ce qui se traduit par une productivité moins importante. L'auteur conclut qu'une meilleure intégration des étudiants dans la dynamique de recherche collective pourrait amener à des meilleurs résultats pour la communauté scientifique et pour l'individu.

## **1.7 L'âge et la production scientifique**

Les diplômés de doctorat s'engagent dans un programme postdoctoral principalement dans l'objectif d'augmenter leur production scientifique (Su 2011, 276). Compte tenu que les

postdoctorants sont pour la plupart des nouveaux chercheurs dont l'âge moyen est de 35 ans (ACSP 2009), qu'ils sont généralement dans la période de leur vie où leur créativité est plus élevée (Simonton 1997), et qu'ils s'investissent à temps complet dans la recherche, on pourrait donc espérer des postdoctorants une production importante de nouvelles connaissances dans leurs domaines d'expertise. Ainsi, l'âge est sans doute un aspect à ne pas négliger dans l'analyse de la production scientifique de ces chercheurs.

Afin d'évaluer les effets de l'âge sur la production et l'impact scientifique des chercheurs, l'étude de Gingras et al. (2008) analyse les articles publiés entre 2000 et 2007 par la population des professeurs d'universités québécoises. En considérant qu'un chercheur actif en est un qui a publié au moins un article dans la tranche d'âge en question, on constate que les tranches d'âge où la proportion de chercheurs actifs est la plus importante, soit entre 60% et 70%, est celle des 40 à 50 ans. C'est d'ailleurs à l'âge de 50 ans que la moyenne d'articles par année est la plus élevée, ce qui confirme que les chercheurs plus âgés sont plus productifs que les jeunes, puisqu'à cet âge ils sont généralement à la tête d'une équipe. Par contre, pour ce qui est des citations, les chiffres favorisent les jeunes. Les indicateurs MFIR (moyenne des facteurs d'impact relatif) et MCR (moyenne des citations relatives) subissent une chute importante entre l'âge de 28 et 50 ans, en remontant étonnamment par la suite jusqu'à l'âge de 70 ans. Donc, les plus jeunes chercheurs auraient un impact scientifique plus élevé que les chercheurs en mi-carrière. En plus, l'étude constate que les plus jeunes chercheurs sont plus actifs dans leur recherche documentaire et plus attentifs à ce qu'il y a de plus nouveau dans leur domaine. En effet, après 40 ans, les chercheurs auraient tendance à se limiter à un ensemble restreint de références et à ne pas suivre les nouvelles publications autant que les jeunes (Gingras et al. 2008, 4).

Gingras et al. (2008, 6-7) expliquent leurs résultats par certaines théories en sociologie des sciences. D'abord, la productivité plus élevée des chercheurs plus âgés pourrait s'expliquer par la théorie de Robert Merton, où au fil des années, les chercheurs acquièrent de l'expérience, montent dans la hiérarchie de la communauté scientifique et ont accès à des ressources importantes, ce qui augmente conséquemment leur productivité (Merton 1968; 1973). Pour ce qui est de l'impact scientifique, cela pourrait s'expliquer par l'hypothèse de Simonton (1997), qui suggère que les plus jeunes chercheurs auraient un potentiel de créativité élevé, et que cette dernière tendrait à diminuer au fil du temps.

Enfin, Bernauer et Gilardi (2010), dans leur étude quantitative sur la production scientifique des chercheurs suisses en sciences politiques, soulignent un comportement similaire dans le rapport entre la productivité et l'âge des individus. Ils ont en effet constaté que les professeurs en mi-carrière avaient une productivité plus importante que les plus jeunes, et même que les plus âgés.

En somme, la littérature scientifique à propos des chercheurs postdoctorants souligne de nombreuses lacunes dans le système d'éducation postdoctorale, présentes partout au monde. Deux problèmes majeurs relevés dans la plupart des études sont l'absence d'information sur le profil démographique des postdoctorants et le manque d'une définition claire et formelle de ce qu'est un stage postdoctoral, les distinguant d'un poste étudiant ou d'un poste d'employé. En plus, ils font face à de mauvaises conditions d'emploi, et à un surplus de chercheurs qualifiés dans certains domaines, ce qui augmente la compétition pour les postes et occasionne un niveau d'insatisfaction et de frustration assez élevé. Malgré ces problèmes, le stage postdoctoral est considéré comme une période d'intense activité avec des résultats de

recherche importants, souvent présentés à la communauté scientifique sous forme d'articles scientifiques. En outre, des études bibliométriques à propos de la production scientifique de petits groupes disciplinaires de chercheurs ont montré que le stage postdoctoral est associé au succès de la carrière ultérieure des chercheurs.

Il est évident que des politiques de financement et d'appui au développement de la carrière des chercheurs doivent être mises en place pour améliorer les conditions générales de leur stage afin de garantir les fruits de l'investissement collectif dans leur formation. Pour dresser de nouveaux plans de gestion de façon adéquate, il faut tracer le profil des postdoctorants canadiens. Grâce aux efforts entrepris par ACSP, une partie du profil de ces chercheurs est effectuée, par contre aucune étude n'a analysé leurs résultats de recherche et leur contribution à l'avancement des connaissances. Ainsi, la présente étude propose une analyse bibliométrique de la production et de l'impact scientifique des postdoctorants canadiens financés par les conseils subventionnaires du Québec et du Canada.

## **2 Méthodologie**

Certaines études mentionnées dans la section précédente soulignent de nombreuses carences dans le système d'éducation postdoctorale, dont les faiblesses dans la gestion des dossiers étudiants, tant au Canada qu'ailleurs dans le monde. Ainsi, pour accomplir la présente étude, nous n'avons pas pu obtenir des informations sur l'ensemble de la population des postdoctorants au Canada et il nous a donc fallu considérer un échantillon pour lequel les données étaient disponibles. Cet échantillon comprend les postdoctorants financés par les trois conseils subventionnaires fédéraux et par les trois fonds de recherche québécois (N = 3 462) de 2004 à 2008. Suite à plusieurs étapes de traitement et d'harmonisation des données, celles-ci ont été liées à une base de données bibliométriques et ont ainsi permis la compilation d'indicateurs de production et d'impact scientifique des postdoctorants canadiens. Cette section décrit chacune de ces étapes ainsi que les méthodes quantitatives utilisées.

### **2.1 La bibliométrie**

Le sociologue Robert Merton a observé dans les années 40 que les chercheurs sont éthiquement engagés à publier leurs découvertes scientifiques en y conférant de la fiabilité et de l'originalité et à critiquer les travaux de leurs pairs. La révision par des pairs joue un rôle très important dans la diffusion des résultats de recherche et, pour cette raison, les publications qui subissent une telle révision sont considérées comme la mesure la plus importante de l'avancement des sciences et de la productivité des chercheurs (Daniel 2005, 143).

Le progrès scientifique peut ainsi être mesuré par la croissance de la littérature scientifique (Daniel 2005, 143). Dans les années 60, Price (1963) publie la première étude quantitative à ce propos couvrant 60 000 revues scientifiques de 1650 à 1950 et constate un taux d'augmentation de 5,6% par année dans le nombre d'articles publiés. Larsen et Von Ins

(2010) constatent toutefois qu'actuellement ce taux est à environ 4% dans certains domaines, et qu'il n'y a pas d'indication que le taux ait diminué significativement dans les 50 dernières années. Quoiqu'il en soit, le taux de croissance de la production scientifique et, par extension, de la communauté scientifique exerce aussi une forte influence sur plusieurs variables, comme les opportunités professionnelles des chercheurs, l'offre de postes de professeur et de chercheur, l'ampleur de leurs contributions et le nombre de citations qu'ils reçoivent (De Bellis 2009, 110).

Comme le définit Diodato (1994, 13), la bibliométrie est un champ d'études qui se sert de techniques mathématiques et statistiques pour analyser les modèles de publication et de communication dans la diffusion de l'information. C'est dans ce contexte qu'elle fournit des outils quantitatifs pour mesurer l'évolution de la science, cartographier les domaines de connaissance et évaluer la performance des chercheurs (De Bellis 2009, 7).

« Les indicateurs bibliométriques sont les seuls à pouvoir fournir une vision globale de la production scientifique d'un pays » (Gauthier 1998, 11). On pourrait ajouter qu'à une plus petite échelle ils sont également centraux lorsque vient le temps d'évaluer des groupes de chercheurs et leur trajectoire. Ils ont une fonction essentielle dans la prise de décisions en contexte de politiques scientifiques et technologiques, en permettant de réorganiser des structures organisationnelles en fonction des principaux auteurs et sujets de recherche (Gauthier 1998, 11).

Présentement, deux bases de données, soit Web of Science (WOS) et Scopus, disposent d'un jeu de données indexées de façon à permettre la compilation d'indicateurs bibliométriques avancés. Contrairement à la plupart des bases de données bibliographiques, ces deux bases indexent les références citées par les documents recensés, ce qui permet la compilation de mesure d'impact scientifique et de réseaux de co-citations. Elles colligent, en

plus, les adresses de tous les auteurs des publications, ce qui permet d'identifier leur affiliation et ainsi mesurer la collaboration scientifique et compiler des données sur l'activité de recherche des pays ou des institutions.

### **2.1.1 Limites de la bibliométrie**

La couverture des bases de données bibliométriques comporte certaines limites qui affectent davantage certains domaines plus que d'autres.

Elles n'indexent premièrement que des articles scientifiques, ce qui exclut d'autres types de documents, tels que des livres, chapitres de livres, rapports de recherche, etc. Cette limite affecte principalement les disciplines où les pratiques de publications font usage d'une proportion importante de documents autres que des articles, ce qui impose dans ces cas une plus grande prudence lors de l'analyse des données bibliométriques. Larivière et al. (2006) ont analysé les types de documents cités dans les articles de toutes les disciplines publiés entre 1980 et 2000. Ils ont montré que 93% des références citées dans les sciences médicales étaient des articles, contre 68% à 87% parmi les spécialités des sciences naturelles, 50% dans les sciences sociales, et 21% à 33% parmi les spécialités des humanités.

De plus, les articles indexés sont principalement écrits en anglais. Cette deuxième limite défavorise elle aussi la couverture des sciences sociales et humaines. Dans ces domaines, les objets de recherche sont d'intérêt plus local, les résultats de recherche sont aussi diffusés au sein de communautés scientifiques plus locales et, généralement, dans la langue maternelle des auteurs locaux (Gingras 1984).

Il faut retenir que les bases de données bibliométriques ont principalement pour but de recenser la littérature scientifique internationale publiée dans le noyau des revues les plus citées de chaque domaine (Garfield 1990).

## 2.2 Les sources des données

### 2.2.1 Identification des stagiaires postdoctoraux

Il n'est pas étonnant que les lacunes liées aux informations sur les postdoctorants constatées partout dans le monde se produisent aussi au Canada. Par exemple, les postdoctorants financés directement par les subventions des directeurs de recherche, ou par des sources non-gouvernementales demeurent très difficiles à retracer, car il n'existe pas de système de gestion commun des dossiers des postdoctorants. Seuls les organismes subventionnaires gouvernementaux disposent de systèmes d'enregistrement des boursiers théoriquement accessibles au grand public. Et encore, ceux-ci ne sont ni facilement accessibles ni unifiés.

Ainsi, pour rassembler les données sur les postdoctorants de l'échantillon ciblé, soit ceux financés par les conseils subventionnaires gouvernementaux fédéral et québécois, il nous a fallu réunir quatre listes différentes, l'une pour les postdoctorants financés par les trois fonds de recherche du Québec, et les trois autres pour chacun des fonds de recherche fédéraux.<sup>5</sup> Les Fonds de recherche du Québec, de même que l'Institut de recherche en santé du Canada, nous ont fourni leurs listes pour l'étude suite à des demandes spécifiques. Les listes des deux autres conseils de recherche fédéraux ont quant à elles été récupérées directement sur leur outil de recherche d'octrois en ligne.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> Fonds de recherche du Québec - Santé (FRQ-S); Fonds de recherche du Québec - Société et culture (FRQ-SC); Fonds de recherche du Québec - Nature et technologies (FRQ-NT); Institut national de recherches en santé (INRS); Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH); Conseil de recherches en sciences naturelles et génie (CRSNG).

<sup>6</sup> Bases de données sur les subventions et bourses :

CRSH - <http://www.outil.ost.uqam.ca/CRSH/RechProj.aspx?vLangue=Anglais>

CRSNG - [http://www.nserc-crsng.gc.ca/ase-oro/index\\_fra.asp](http://www.nserc-crsng.gc.ca/ase-oro/index_fra.asp).



### 2.2.2 Données bibliographiques

L'interface d'interrogation des bases des données bibliographiques n'offre pas la possibilité de compiler des données bibliométriques avancées. De plus, même les bases de données telles que WoS de Thomson Reuters ou Scopus de Elsevier, très utilisées en bibliométrie, ne disposent pas d'une harmonisation complète des données nécessaire à la réalisation des analyses bibliométriques plus poussées. C'est là où l'Observatoire en sciences et technologies (OST) joue un rôle essentiel, en mettant sur pied un ensemble de tâches d'harmonisation des données acquises de Thomson Reuters.

L'un des apports les plus significatifs de l'OST à la base de données est la création d'une table d'autorité contenant le nom normalisé de plus de 15 000 institutions canadiennes, ce qui rend possible des analyses bibliométriques fiables en fonction des lieux de publication. L'OST a aussi développé sa propre interface de reconstitution du dossier de publications des chercheurs ce qui facilite les procédures d'attribution et de validation des articles.

Les catégories disciplinaires utilisées par l'OST dans sa base de données – et également dans cette étude – sont, pour l'essentiel, celles qu'utilise la NSF américaine dans sa série de statistiques des Science and Engineering Indicators<sup>7</sup> depuis les années 1970. L'Observatoire des sciences et des technologies (OST) complète cette taxonomie avec l'ajout de ses propres classes, puisque la classification de la NSF ne couvre pas les arts, la littérature et les humanités. La taxonomie en question est en fait une classification des revues et non de chaque article. Elle possède un important avantage par rapport à la classification originale retrouvée dans le WoS, soit de définir des classes mutuellement exclusives, ce qui signifie que chaque article n'est compté que dans une seule discipline ou spécialité qui est celle de la revue dans laquelle il est publié.

---

<sup>7</sup> Voir : <http://www.nsf.gov/statistics/seind06/>.

La base de données utilisée dans cette étude est celle de l'OST mise à jour en 2013. Elle comprend le WoS, et plus précisément les bases de données Science Citation Index Expanded (SCIE), Social Science Citation Index (SSCI) et Arts and Humanities Citation Index (AHCI). Une autre base de données permettant la compilation d'indicateurs bibliométriques est Scopus, créé par Elsevier en 2004. Par contre, le WoS offre une couverture plus étendue pour les années pré-1996, résultat d'un travail continu depuis 1963. En plus, les politiques d'indexation de Scopus ne sont pas claires et certaines des revues ne sont pas pleinement dépouillées. Ainsi, le WoS constituait un choix plus avisé dans le cadre de notre projet.

## **2.3 Le traitement des données**

### **2.3.1 Harmonisation des listes des postdoctorants**

La Figure 1 présente les étapes du traitement des données des postdoctorants. Les informations principales tirées des listes des six organismes subventionnaires ont été combinées en une seule, de sorte que chaque ligne correspond à une occurrence de bourse octroyée. Les variables conservées dans le tableau sont : l'année de concours, le nom de l'individu, sa spécialité de recherche, le titre de son projet, son institution d'accueil et son institution d'origine. Les attributs des institutions d'attache – pays et province lorsque canadienne ou état lorsqu'américaine – ont été insérés manuellement selon les institutions indiquées pour chaque boursier. Ces informations seront essentielles lors de l'étape de repérage des articles, puisqu'elles permettent d'établir un lien entre le nom du postdoctorant et son affiliation.

Il faut mentionner que plusieurs attributs demeurent vides dans le tableau, car les tableaux originaux n'utilisent pas nécessairement les mêmes variables lors de l'identification des postdoctorants. Ainsi, pour un postdoctorant donné, la spécialité, le titre du projet ou les

institutions d'attache peuvent être manquants dans la liste finale harmonisée. L'attribut de spécialité de recherche est celui qui manque plus souvent.

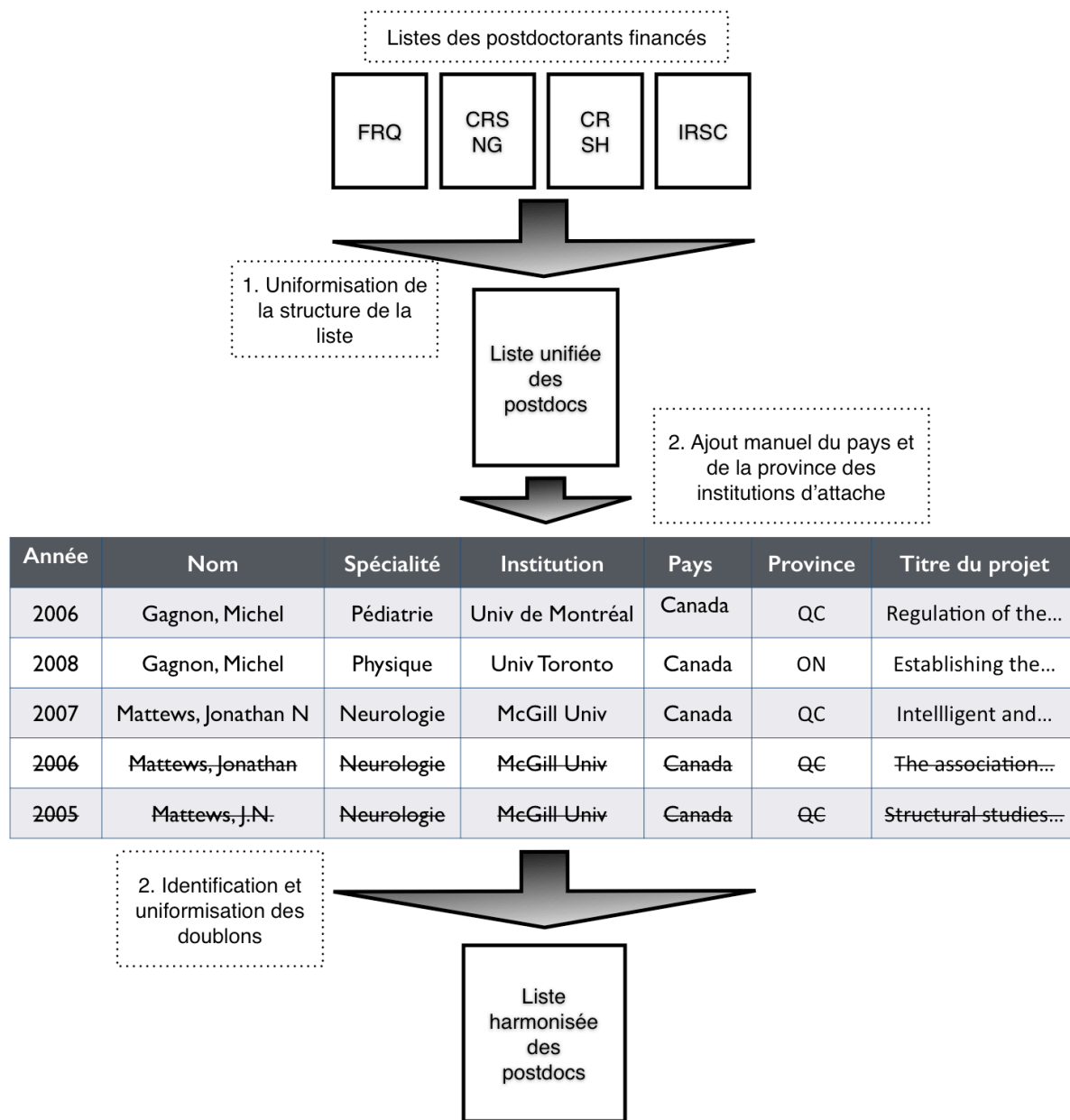


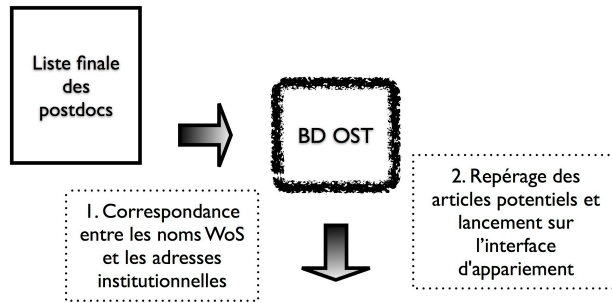
Figure 1. Étapes du traitement des listes des postdoctorants financés par les conseils subventionnaires fédéraux et provinciaux du Québec

### **2.3.2 Constitution des dossiers des chercheurs**

Une fois les données de la liste des postdoctorants harmonisées, une requête SQL a été lancée afin de la lier à la liste des auteurs de la base de données bibliométrique de l'OST (en fonction de leurs institutions d'attache et de leur nom de famille et initiales du prénom) et identifier ainsi tous les articles publiés par chacun d'entre eux. Le lien avec le pays et la province (ou l'état) des institutions d'attache est très important afin de limiter le nombre d'articles repérés en raison du bruit créé par les homonymes. Autrement des milliers d'articles pourraient être trouvés dans la base et la validation manuelle deviendrait ainsi très difficile, voire impossible. Une fois ce premier appariement automatique effectué, les articles potentiels pour un chercheur donné sont affichés sur l'interface d'appariement et le travail consiste alors à confirmer les articles qui lui appartiennent (dont il est effectivement l'auteur) et à rejeter ceux qui ne lui appartiennent pas.

C'est aussi dans la requête SQL que l'on indique la fenêtre de publication désirée, qui est pour cette étude de un an avant et les cinq ans suite à l'année de concours de la bourse, totalisant six ans de publications (voir davantage à propos des fenêtres de publication et des indicateurs bibliométriques utilisés dans la section 2.4).

Étant donné que l'OST effectue chaque année la reconstitution des dossiers de plusieurs chercheurs financés par des institutions canadiennes, une part des dossiers de postdoctorants avait déjà été validée dans la base de données. La Figure 2 donne un aperçu de ces étapes de validation.



Interface d'appariement de dossiers des chercheurs

Fichier Actions Options Aide

Module d'appariement Module de correspondance

Configuration  
Tableau: Dossiers de chercheur

Recherche  
Texte: tremblay  
Colonne: Nom\_Chercheur

Dossiers de chercheurs  
3378 de 3729  
Ouvrir (ctrl-o) Fermer (ctrl-f)

Nom_Chercheur	Id_OST	Dossier
Tremblay, Jean-Pierre	26488	1

Articles

id_art	in	ir	titre	anne	nom	nom_complet	affiliation	institution	departement	discipline	specialite
48507358	3	3	Possible Role of Efnb1 Protein...	2012	Tremblay-J	Tremblay, Johanne	UNIV-MONTREAL	CHUM	CTR RECH	Recherche biomédicale	Biochimie et biologie ...
48507358	3	3	Possible Role of Efnb1 Protein...	2012	Tremblay-J	Tremblay, Johanne	UNIV-MONTREAL	MONTREAL-HEART-L...		Recherche biomédicale	Biochimie et biologie ...
48604766	3	3	An experimental study of how v...	2012	Tremblay-JP	Tremblay, Jean-Pierre	UNIV-LAVAL	UNIV-LAVAL	DEPT BIOL	Biologie	Zoologie - général
48604766	3	3	An experimental study of how v...	2012	Tremblay-JP	Tremblay, Jean-Pierre	UNIV-LAVAL	UNIV-LAVAL	CTR ETUD NORD	Biologie	Zoologie - général
48626969	3	3	Genetic mapping of habitual su...	2012	Tremblay-J	Tremblay, Johanne	UNIV-MONTREAL	CHUM	CTR RECH	Médecine clinique	Système cardio-vasc...
48626969	3	3	Genetic mapping of habitual su...	2012	Tremblay-J	Tremblay, Johanne	UNIV-SHERBROOKE	CTR-HOSP-CHICOUTI...		Médecine clinique	Système cardio-vasc...
48673006	3	3	Testing an Emerging Paradigm ...	2012	Tremblay-J	Tremblay, Junior	MINIST-RESSOURC...	MINIST-RESSOURC...		Recherche biomédicale	Recherche biomédic...
48673006	3	3	Testing an Emerging Paradigm ...	2012	Tremblay-J	Tremblay, Junior	MINIST-RESSOURC...	MINIST-RESSOURC...		Recherche biomédicale	Recherche biomédic...
48673703	3	3	Ubiquitous [Na+]/[K+] Sens...	2012	Tremblay-J	Tremblay, Johanne	UNIV-MONTREAL	CHUM	CTR HOSP	Recherche biomédicale	Recherche biomédic...
48673703	3	3	Ubiquitous [Na+]/[K+] Sens...	2012	Tremblay-J	Tremblay, Johanne	UNIV-MONTREAL	UNIV-MONTREAL	DEPT MED	Recherche biomédicale	Recherche biomédic...
48677134	3	3	CD36-deficient congenic strain...	2012	Tremblay-J	Tremblay, J.	UNIV-MONTREAL	CHUM	CTR RECH	Recherche biomédicale	Génétique et hérédité
48679821	3	3	Respiration and bacterial carbo...	2012	Tremblay-JE	Tremblay, Jean-Eric	UNIV-LAVAL	UNIV-LAVAL	DEPT BIOL	Sciences de la terre et de...	Océanologie et limnol...
48679821	3	3	Respiration and bacterial carbo...	2012	Tremblay-JE	Tremblay, Jean-Eric	UNIV-MONTREAL	UNIV-MONTREAL	GRP RECH INTERUNI...	Sciences de la terre et de...	Océanologie et limnol...
48679821	3	3	Respiration and bacterial carbo...	2012	Tremblay-JE	Tremblay, Jean-Eric	UGAR	UGAR	INST SCI MER ISMER	Sciences de la terre et de...	Océanologie et limnol...
48691089	3	3	NKCC1 and hypertension: Role...	2012	Tremblay-J	Tremblay, Johanne	UNIV-MONTREAL	CHUM	CTR HOSP UNIV MO...	Médecine clinique	Médecine générale
48691089	3	3	NKCC1 and hypertension: Role...	2012	Tremblay-J	Tremblay, Johanne	UNIV-MONTREAL	UNIV-MONTREAL	DEPT MED	Médecine clinique	Médecine générale
48723079	3	3	Survival and growth of balsam ...	2012	Tremblay-JP	Tremblay, Jean-Pierre	UNIV-LAVAL	UNIV-LAVAL	DEPT BIOL	Biologie	Écologie
48723079	3	3	Survival and growth of balsam ...	2012	Tremblay-JP	Tremblay, Jean-Pierre	UNIV-LAVAL	UNIV-LAVAL	CTR ETUD NORD	Biologie	Écologie

Titre de l'article: \_\_\_\_\_

Revue: \_\_\_\_\_ Adresse originale: \_\_\_\_\_

Recherche sur: Google (ctrl-g) Google Scholar (ctrl-s) Bottin (ctrl-b)

Référence de dossiers de chercheurs

Id_OST	Nom_Chercheur	Institution	Departement	Date_Naissance	Genre	Embauche	Depart	Homonymie	Site Web
26488	Tremblay, Jean-Pierre	UNIV-LAVAL	DÉPARTEMENT BIOLOGIE					0	

Site Web: \_\_\_\_\_ Note prédfnrie (sélection): \_\_\_\_\_

Note personnalisée: \_\_\_\_\_ Détails chercheur Note prédfnrie: \_\_\_\_\_

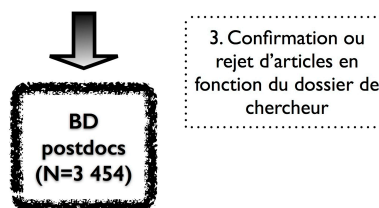


Figure 2. Étapes de la constitution des dossiers des postdoctorants

La confirmation et le rejet des articles constituent une longue étape qui mène à la base de données finale des articles des postdoctorants. Cette validation d'articles sur l'interface d'appariement est faite de façon manuelle puisque, selon le cas, plusieurs facteurs doivent être analysés et que les algorithmes existants ne peuvent pas effectuer automatiquement. Voici les principaux éléments de validation :

- Présence du nom complet de l'auteur : les articles publiés avant 2008 sont indexés dans le WoS avec le nom de famille des auteurs et seulement les initiales de leur prénom et deuxième prénom (*middle name*). Ils apparaissent donc ainsi sur l'interface. Les articles publiés à partir de 2008 qui contiennent les prénoms complets sont ainsi validés en premier. On les compare ensuite avec les attributs présents dans la liste de postdoctorants et on peut ainsi valider leurs spécialités de recherche et leurs affiliations, ce qui fournit une aide à la décision permettant de valider les articles dont le nom d'auteur ne contient seulement que les initiales.
- Attention à d'autres affiliations potentielles de l'auteur : l'affiliation est un élément essentiel pour déterminer les caractéristiques des publications d'un chercheur. Par contre, il est évident qu'un auteur peut avoir différentes affiliations au fil des années, spécialement dans le cas des postdoctorants qui sont assez mobiles. Des recherches complémentaires sur Internet ont donc été entreprises selon le besoin pour confirmer les liens entre les chercheurs et les institutions des articles à valider.
- Usage des différents types de tri disponibles par l'interface : comme on peut voir à la Figure 2, l'interface présente la liste des articles potentiels d'un auteur donné sous la forme d'un tableau, où on peut trier les articles selon différentes variables, telles que nom, institution et discipline. Certains dossiers sont plus longs que d'autres, par exemple les articles potentiels pour un chercheur Tremblay-J ou un Smith-M, puisque

ces deux noms sont très communs dans la base de données. Ainsi, l'usage des différents tris, qui permet de regrouper les articles selon différentes caractéristiques est fondamental pour valider les cas où le postdoctorant a un nom très commun et, par conséquent, beaucoup d'articles à valider.

On a constaté dans un premier temps qu'environ 4% des dossiers ne présentaient aucun article repéré dans le WoS en raison d'une divergence entre les noms de la liste de postdoctorants et le nom apparaissant dans la BD. Cela était plus fréquent parmi les noms composés et les noms étrangers. Ainsi, les noms de ces chercheurs ont été rectifiés et la requête pour repérer leurs articles a été relancée.

Il a été mentionné plus haut que plusieurs attributs (variables) du tableau d'informations sur les postdoctorants étaient absents. Dans quelques cas, les seules informations disponibles étaient l'année de concours et le nom du chercheur. Dans ces cas, des recherches plus exhaustives ont été entreprises dans le but d'identifier le profil de ces chercheurs, mais les informations disponibles sur Internet se sont avérées parfois très limitées. Donc, huit individus ont été éliminés de l'échantillon à cause de l'impossibilité de tracer leur profil de recherche. L'échantillon final comporte donc 3 454 individus et 11 327 articles publiés dans la période de trois ans de stage postdoctoral (voir section 2.4). Le Tableau 1 présente la ventilation de l'échantillon en fonction des fonds de financement. Il est à noter que plusieurs individus ont été financés par deux fonds différents, et pour cette raison la somme des nombres des postdoctorants est supérieure au nombre total de postdoctorants de l'échantillon.

Tableau 1. Ventilation de l'échantillon final de postdoctorants en fonction des fonds de financement.

Domaine	Organisme	Nombre de postdoctorants
Santé	IRSC	1313
	FRQ-S	264
Sciences et génie	CRSNG	1155
	FRQ-NT	160
Sciences sociales et humaines	CRSH	861
	FRQ-SC	242

## 2.4 Les indicateurs

Ce mémoire présente un ensemble d'indicateurs bibliométriques sur les publications des postdoctorants. La fenêtre de publication appliquée à chacun d'eux est définie en fonction de l'année d'obtention de la bourse postdoctorale. Dans le cadre de cette étude, on considère le sous-groupe de chercheurs postdoctorants dont la demande de subvention a été faite dans la période de 2004 à 2008 (N = 3 454), et on compile leurs publications parues un an avant l'année de concours et les cinq suivants, ce qui totalise six ans de publications. Ces données permettent l'analyse de l'évolution de la production scientifique des chercheurs avant, pendant et après leur postdoctorat.

Toutefois, pour les analyses portant plus spécifiquement sur la contribution des chercheurs durant le stage postdoctoral, on considère plutôt l'année de concours (ou année de demande) et les deux années subséquentes. Ce choix est basé sur les directives des concours de bourses postdoctorales qui indiquent que les postdoctorants sont censés commencer leur stage postdoctoral dans l'année suivant leur demande de bourse et qui spécifient que le financement dure un ou deux ans. Une méthode similaire a été utilisée par Campbell et al. (2010).



Donc, les indicateurs qui seront présentés dans la section Résultats fournissent une analyse en fonction de la fenêtre de trois ou de six ans de publication par rapport à l'année de concours – ou année de demande – des postdoctorants de l'échantillon. La fenêtre utilisée est clairement indiquée dans chacune des figures.

Il est à noter que des doubles comptes d'articles peuvent survenir lors de l'analyse de certaines variables. Par exemple, un même individu peut avoir été financé par des organismes différents, ou un article peut être signé par plus d'un postdoctorant présent dans l'échantillon. Donc, la somme des données par domaine, par exemple, sera généralement supérieure aux grands totaux, soit de 3 454 postdoctorants et de 25 027 articles au total des six ans.

#### **2.4.1 Nombre de publications**

Dans ce mémoire, le compte des publications des postdoctorants est établi selon le nombre d'articles auxquels au moins un postdoctorant de l'échantillon ciblé a contribué. L'indicateur comptabilise les articles en attribuant une publication complète à chacun de ses auteurs, par opposition à la méthode fractionnaire utilisée parfois en bibliométrie qui consiste à diviser chaque contribution par le nombre d'auteurs cosignataires. Donc, dans la présente étude, indépendamment du nombre d'auteurs d'un article ou de l'ordre des auteurs dans l'article, chaque article auquel le nom d'un postdoctorant est associé comme auteur ou co-auteur lui est assigné comme un article entier. Il s'agit de la méthode de comptage la plus simple à comprendre et à analyser, puisqu'elle se rapproche de ce qui se retrouve sur le CV des chercheurs.

#### **2.4.2 Moyenne des citations relatives**

Les citations reçues par les articles représentent un indicateur généralement accepté de leur impact scientifique. Toutefois, les citations se comportent différemment selon les

particularités de chaque discipline et spécialité. Dans les humanités, par exemple, seulement 15% des articles ont reçu au moins une citation dans les cinq ans suivant leur publication contre près de 90% en médecine (Larivière et al. 2009). Les comptes bruts de citations ne peuvent donc pas servir pour comparer entre elles différentes spécialités.

En divisant le nombre de citations de chaque article par le nombre moyen de citations reçues par les articles publiés la même année dans la même spécialité NSF (voir section 2.2.2) que l'article en question, la moyenne des citations relatives (MCR) permet de telles comparaisons entre spécialités. Puisque le nombre de citations de chaque article est divisé par le nombre moyen de citations des articles de la même spécialité, la MCR est centrée à 1. Si un article présente une MCR au-dessus de 1, cela veut donc dire qu'il a été plus cité que la moyenne des articles dans sa spécialité. Les données sur le nombre de citations reçues par chaque article est disponible dans le WoS; c'est ce qui permet d'obtenir à la fois le numérateur (nombre de citations) et le dénominateur (moyenne des citations reçues par les articles de la même spécialité) nécessaire au calcul de la MCR.

### **2.4.3 Collaboration**

On considère qu'un article est le produit d'une collaboration lorsqu'il est signé par au moins deux auteurs. C'est ainsi que sera mesuré dans ce mémoire la proportion d'articles publiés en collaboration par les postdoctorants dans les principales disciplines.

Une deuxième mesure de la contribution des postdoctorants repose sur l'analyse de l'ordre de la liste d'auteurs. Le premier auteur est généralement le chercheur qui s'est impliqué davantage dans la réalisation de l'étude (Pontille, 2004). Aussi, afin de mesurer le degré d'engagement des postdoctorants, nous calculerons la proportion d'articles où les postdoctorants sont les premiers auteurs et principaux responsables de la publication. À cause de la nature et but du stage postdoctoral, on pourrait s'attendre une proportion élevée.

## 2.5 Les limites de l'étude

Une première limite de l'étude se trouve dans le lien entre le nom du chercheur et son institution d'attache lors du repérage des articles dans la base de données bibliométrique.

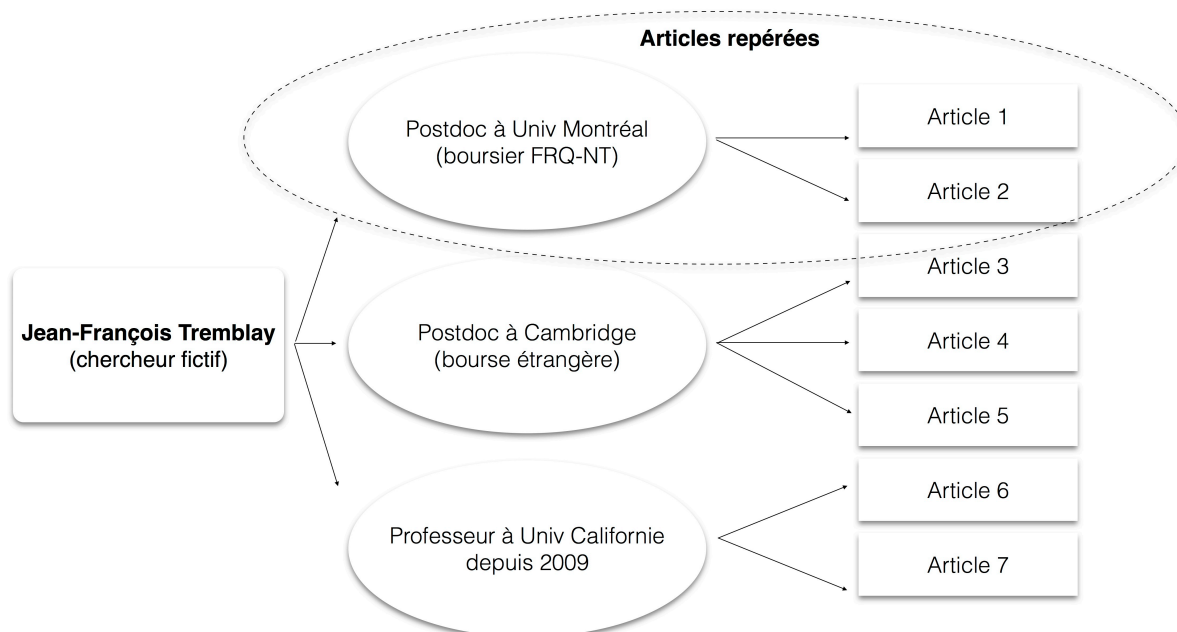


Figure 3. Cas de figure d'un chercheur avec des liens institutionnels à l'étranger, et le repérage de ses articles dans le cadre de cette étude

La Figure 3 présente le cas fictif d'un chercheur boursier de l'un des fonds de recherche québécois, qui figurerait dans notre liste avec son affiliation à l'Université de Montréal. Au cours de sa trajectoire, ce jeune chercheur a aussi eu d'autres affiliations à l'étranger, mais cette information ne nous est pas nécessairement fournie. Avec le lien qui est établi sur l'adresse dans la requête SQL, seulement les articles dont les adresses correspondent à la province de Québec sont repérés dans la base de données. Ceci représente une limite mineure pour l'analyse de la contribution du chercheur pendant la période de leur stage (puisque le lieu de stage est généralement connu), mais elle ne sera pas négligeable dans l'analyse de

l'évolution des publications couvrant six ans de carrière des chercheurs, où le nombre de publications en dehors de la période de stage est ainsi probablement sous-estimé.

Dans un premier temps, ce problème aurait pu être solutionné avec des recherches sur Internet et l'ajout des institutions d'attache successives des chercheurs dans la requête SQL. Toutefois, nous avons abandonné cette idée car, à l'usage, il s'est avéré très difficile de retracer le parcours académique de la plupart des chercheurs.

Toujours en rapport avec la gestion des adresses institutionnelles, 627 postdoctorants du Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH) n'avaient aucune affiliation mentionnée dans la liste originale. Puisque le lien entre le nom du chercheur et son affiliation est important pour l'étape de validation et d'assignation des articles (expliqué dans la section 2.3.2), nous avons décidé de leur attribuer un lien avec le Canada, ce qui exclut d'emblée les éventuelles publications que certains d'entre eux ont pu réaliser à l'étranger.

La fenêtre de publication choisie comprenant la période de stage postdoctoral représente également une limite potentielle à l'étude, car on considère trois ans de publications pour tous les chercheurs, alors que certains chercheurs peuvent n'avoir été postdoctorants que pendant une année. Toutefois, compte tenu des délais assez longs entre la soumission d'un article et sa publication, nous avons décidé de prendre une fenêtre de trois ans, qui couvre l'année de concours de la bourse et les deux années suivantes, afin de maximiser la couverture des articles susceptibles d'être publiés pendant le stage. Toutefois, il est possible que nous comptions certains articles associés à des travaux effectués en dehors de la période postdoctorale.

Rappelons enfin que la présente étude analyse la production scientifique d'un échantillon de postdoctorants canadiens dont la population totale demeure méconnue. Les estimations de Mitchell et al. (2013, 9) pour l'année 2012 sont de 9 000 postdoctorants actifs.

En considérant que notre échantillon correspond en moyenne à 700 stagiaires par année de 2004 à 2008, celui-ci ne représenterait donc qu'environ 8% de la population totale. Et en outre, il ne s'agit pas d'un échantillon représentatif, puisque les postdoctorants étudiés sont ceux qui ont obtenu une bourse d'excellence et, par conséquent, constituent l'élite de ce groupe. Les constats réalisés ici ne sauraient donc être généralisables à l'ensemble de la population des postdoctorants. Compte tenu toutefois que les informations sur les postdoctorants sont très limitées, tant pour réaliser une étude à plus grande échelle, que pour tracer leur performance académique, les résultats ici présentés sont certainement utiles et permettront éventuellement le développement d'analyses plus poussées et à une plus grande échelle.

### 3 Résultats

Dans le but de mettre en perspective les indicateurs de productivité de cet échantillon de postdoctorants canadiens, on présentera tout au long de la présente section des indicateurs similaires obtenus par Larivière (2010; 2012) dans son étude sur les doctorants et professeurs d'universités québécoises. Ces données sont comparables puisqu'obtenues avec la même source de données (le WoS) et couvrent globalement la même période chronologique.

Les analyses de la production scientifique des postdoctorants financés par les fonds de fédéraux et québécois ont été entreprises en fonction surtout du pays d'accueil et de l'organisme subventionnaire. La division par organisme permet de comparer les différences entre les sous-groupes de stagiaires financés et de visualiser les différences parmi les grands champs disciplinaires : santé (fonds IRSC et FRQ-S), sciences naturelles et génie (CRSNG et FRQ-NT), et sciences sociales et humaines (CRSH et FRQ-SC).

Une proportion de 13% de l'ensemble des dossiers des postdoctorants étudiés ne comptent pas d'articles pendant leur période de stage. La majeure proportion d'entre eux se retrouve parmi les postdoctorants financés par les fonds en sciences sociales et humaines. Comme le montre la Figure 4, environ 30% des chercheurs en sciences sociales et humaines ne comptent aucun article dans leur dossier, contre seulement 5% en moyenne pour les autres champs disciplinaires.

Larivière (2010) constate dans son étude qu'entre 2000-2007, parmi les doctorants québécois de tous les programmes, cette proportion est de 60% dans les sciences naturelles et le génie, de 40-50% en santé, de 85% en sciences sociales et de 95% dans les humanités. Il constate également que parmi les professeurs d'université, environ 30% en santé, 20% en sciences naturelles, 45% en sciences sociales et autour de 70% dans les humanités ne comptent aucune publication pendant la période étudiée. Donc, comparés aux chercheurs

étudiés par Larivière, les postdoctorants étudiés ici affichent un niveau de participation plus important dans la production de nouvelles connaissances.

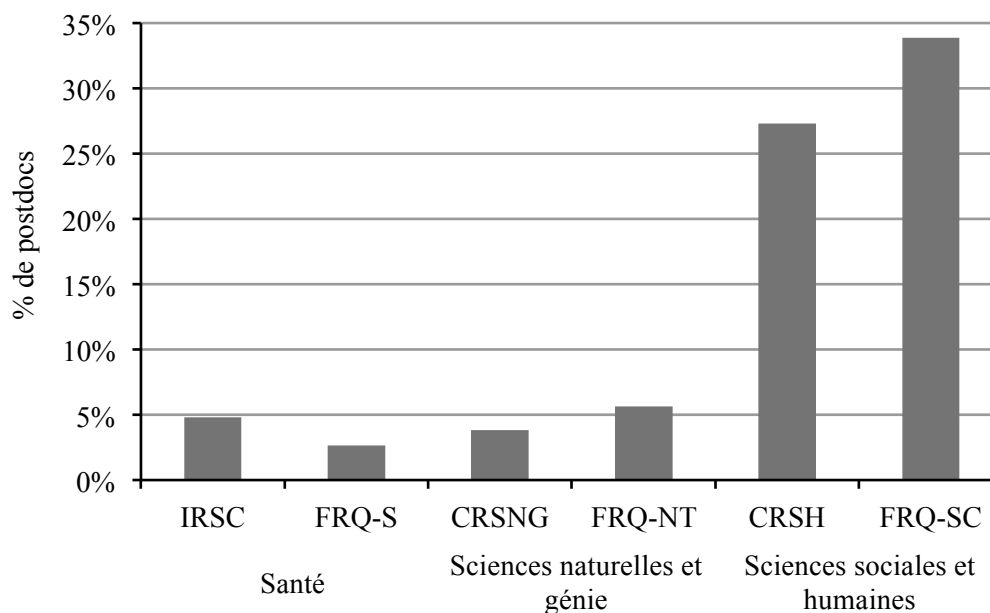


Figure 4. Proportion des postdoctorants dont les dossiers ne comptent aucun article pendant la période de stage selon l'organisme subventionnaire

Les différences trouvées dans les indicateurs bibliométriques sont généralement liées aux pratiques de recherche et de publication particulières à chacune des disciplines. Les chercheurs en sciences sociales et humaines, par exemple, publient souvent les résultats de leur recherche sous des formats autres que les articles, tels que des livres, des chapitres de livres ou des articles dans des revues locales non indexées dans les bases de données bibliographiques. Par contraste, les chercheurs des domaines des sciences de la santé et sciences naturelles concentrent davantage leurs publications dans des revues scientifiques internationales.

Outre cette caractéristique, aussi mentionnée dans la section 2.1.1 sur les limites de la bibliométrie, nous pouvons aussi souligner les différences dans la nature du travail et de

l'interaction entre les directeurs de recherche et leurs étudiants. Dans les sciences de la santé et dans les sciences de la nature, les étudiants et les chercheurs se présentent généralement à tous les jours dans le laboratoire où ils participent à plusieurs projets. Il existe ainsi une culture du travail en équipe et la responsabilité de la publication des résultats appartient à tous les membres du groupe. Au contraire, dans les sciences sociales et humaines, les projets de recherche sont généralement conduits individuellement et les étudiants ne participent généralement pas aux projets de leurs collègues. Les chercheurs dans ces domaines s'engagent donc dans un nombre plus restreint de projets de recherche et partagent la responsabilité des publications avec un nombre plus restreint de chercheurs. Souvent, leur travail demeure individuel et ils signent donc aussi leurs publications de cette façon (Larivière 2007; 2010).

En somme, les différences entre grands champs disciplinaires constatées ici peuvent s'expliquer de deux façons : par leur couverture inégale dans les bases de données bibliométriques et par les différences qui les opposent dans l'organisation du travail de recherche.

### **3.1 Participation des postdoctorants dans la recherche canadienne**

Cette section présente la proportion d'articles canadiens auxquels au moins un postdoctorant de l'échantillon a participé. Pour cette estimation, on considère l'ensemble des articles canadiens – où au moins une adresse canadienne est présente dans la liste d'affiliations – publiés de 2004 à 2010. Puisque l'on mesure ici la contribution des postdoctorants à la production scientifique canadienne, il va sans dire qu'on ne retient que les postdoctorants ayant effectué leur stage au Canada.

La Figure 5 présente la proportion des articles canadiens signés par au moins un postdoctorant. Les taux de participation indiqués ici sont sous-estimés à cause des limites de l'étude, notamment le fait que les institutions d'attache des postdoctorants ne sont pas



nécessairement bien connues (voir la section 2.5 sur les limites de l'étude). On constate, malgré cette limite, une participation assez importante des postdoctorants, surtout en recherche biomédicale, où presque 6% de tous les articles canadiens découlent de la recherche postdoctorale financée par les fonds de recherches fédéraux et québécois.

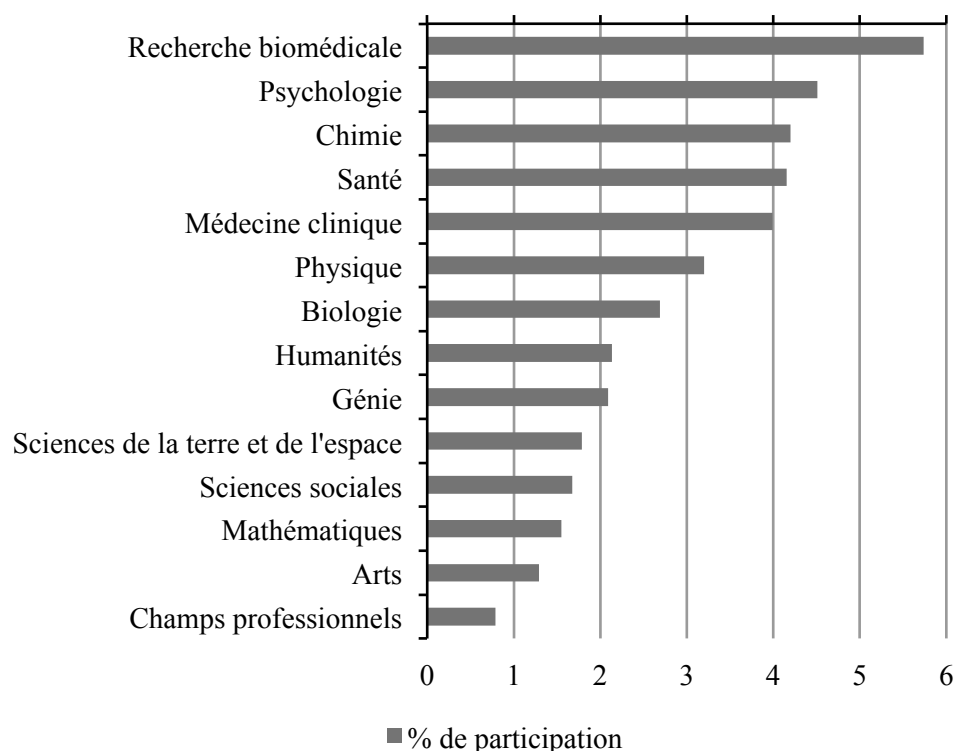


Figure 5. Proportion des articles canadiens signés par au moins un postdoctorant, selon la discipline de la revue, de 2004 à 2010

La Figure 6 présente le nombre moyen de publications et la moyenne des citations relatives (MCR) au cours de la période de trois ans de stage des postdoctorants qui ont réalisé leur stage au Canada. Les données sont présentées selon la province de l'institution d'accueil en ordre décroissant du nombre moyen de publications. La province de Québec est la deuxième province en nombre total de publications (2 263 articles). Par contre, en raison d'un nombre élevé de stagiaires sans publication (163 individus) – principalement en sciences sociales et humaines – sa moyenne d'articles est tirée vers le bas (2,4 articles par

postdoctorant). À cet égard, on peut supposer que le nombre d'articles publiés par les chercheurs des institutions québécoises et également indexés sur WoS soit affecté par le fait que les chercheurs québécois écrivent davantage en français et que ces publications ne sont pas indexées. Dans cette veine, Larivière et Macaluso (2011) comparent la couverture des articles écrits par des chercheurs canadiens d'institutions anglophones et par ceux d'institutions francophones indexés sur WoS et sur Érudit – plateforme en ligne qui contient des journaux scientifiques québécois – et constatent que la production scientifique des chercheurs dans les sciences sociales et humaines attachés à des institutions francophones est sous-estimée dans WoS par rapport à la production scientifique de leurs collègues des institutions anglophones. Quand la collection d'Érudit est ajoutée à celle de WoS, la production scientifique des chercheurs en sciences sociales et humaines des institutions francophones augmente de 29,8%, tandis que la production des chercheurs des institutions anglophones du même domaine augmente seulement de 4,8% (Larivière & Macaluso 2011, 2441).

L'Ontario est la première province en nombre total de publications, avec un total de 2 637 articles publiés par 692 postdoctorants (moyenne de 3,8 articles, montré dans la Figure 6). À l'autre extrême en nombre total de publications, on trouve le Manitoba et la Saskatchewan avec seulement 114 et 89 articles, distribués dans de petits ensembles de 28 et de 22 postdoctorants, justifiant ainsi les moyennes élevées de 4,1 et de 4,0 articles respectivement montrées dans la Figure 6. En ce qui concerne la MCR, on voit également dans la Figure 6 que la Colombie-Britannique (1,63) et l'Ontario (1,61) s'illustrent par les indices les plus élevées. Suivent le Québec (1,36), la Nouvelle-Écosse (1,35), et la Saskatchewan (1,34).

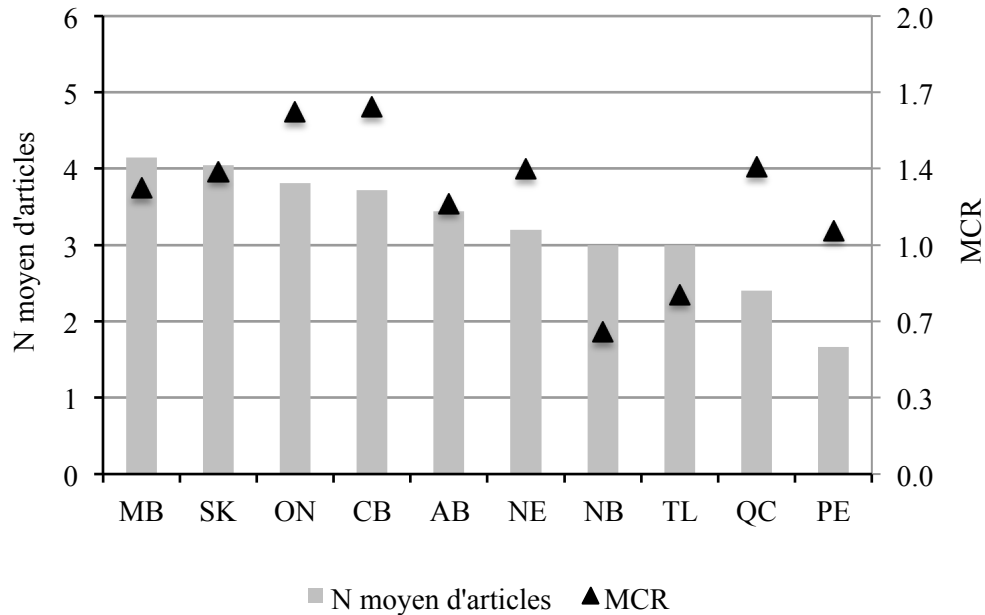


Figure 6. Nombre moyen d'articles par postdoctorant et moyenne des citations relatives des postdoctorants attachés à des institutions canadiennes, selon la province

### 3.2 Productivité

Les 3 454 stagiaires postdoctoraux financés par les organismes subventionnaires étudiés ici de 2004 à 2008 ont participé à la publication de 11 327 articles pendant la période de trois ans de stage, avec une moyenne de 3,27 articles par stagiaire. Au cours des six ans depuis l'année précédant leur concours – qui correspond probablement à la dernière année de doctorat –, les postdoctorants ont participé à la publication de 25 027 articles, avec une moyenne globale de 7,24 articles par stagiaire.

La Figure 7 présente leur distribution selon l'organisme de financement et leur productivité moyenne pendant les trois ans de stage. On y observe que les postdoctorants en santé financés par le fonds du Québec (FRQ-S) ont en moyenne plus d'articles que ceux financés par le conseil fédéral (IRSC), contrairement aux deux autres disciplines où les

stagiaires des fonds du Québec (FRQ-NT et FRQ-SC) ont moins publié que ceux des conseils fédéraux (CRSNG et CRSH).

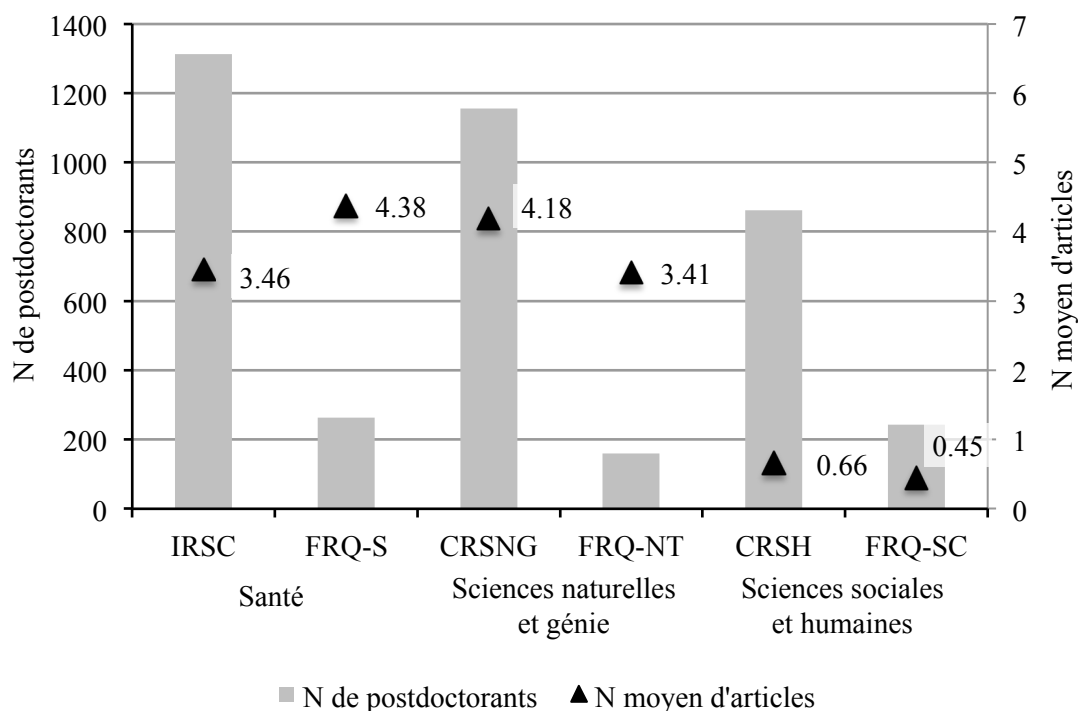
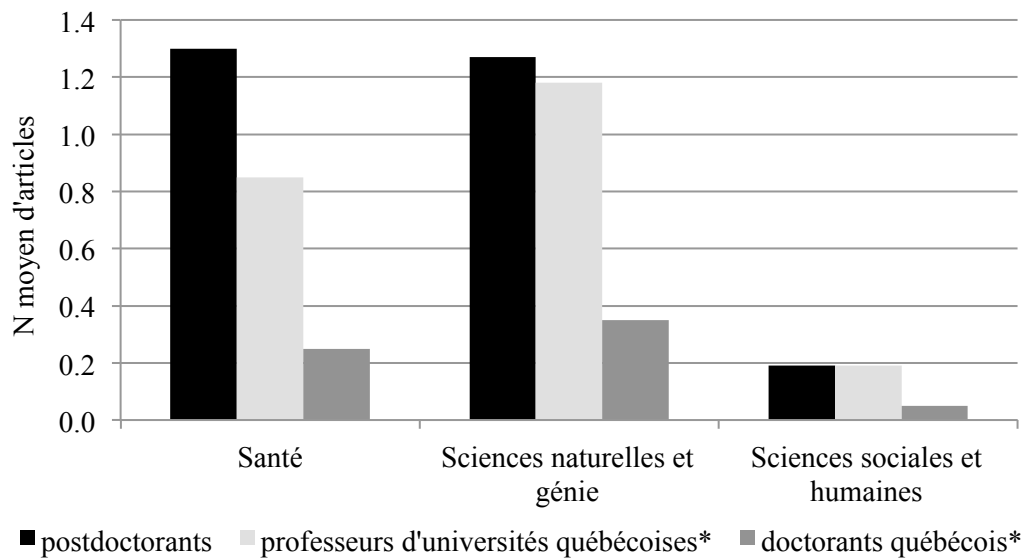


Figure 7. Nombre de postdoctorants et nombre moyen d'articles par organisme de financement

Larivière (2010) a mesuré également les nombres moyens d'articles pour son ensemble de doctorants et pour le corps professoral du Québec. En divisant ses taux et les nôtres par le nombre d'années considéré de part et d'autre, on obtient des moyennes annuelles qui permettent de comparer la productivité des deux groupes de Larivière avec celle des postdoctorants (Figure 8). On constate ainsi que les postdoctorants affichent une productivité au moins égale ou supérieure à celles des professeurs et des doctorants.



\*données extraites de l'étude de Larivière (2010) contenant les données des publications avec au moins une adresse au Québec, de 2000 à 2007

Figure 8. Nombre moyen d'articles par année de l'échantillon de postdoctorants, des professeurs d'universités québécoises et des doctorants québécois\*

Il n'est pas étonnant de constater que le nombre d'articles publiés en moyenne par les postdoctorants soit supérieur à celui des doctorants, étant donné que le but du stage postdoctoral est l'engagement à temps plein dans la recherche et que ceux-ci ont davantage d'expérience que les doctorants. Par contre, leur productivité est tout à fait comparable à celle des professeurs en sciences et génie et aussi en sciences sociales et humaines, tandis qu'elle est 45% supérieure en santé.

La Figure 9 suivante présente la répartition des postdoctorants selon leur lieu de stage et leur nombre moyen d'articles publiés. Elle montre que les stagiaires se concentrent davantage au Canada et en deuxième place aux États-Unis, et que les proportions d'individus attachés à d'autres pays sont beaucoup plus petites. On voit également que les postdoctorants qui réalisent leur stage aux États-Unis ont publié en moyenne 65% plus que les postdoctorants restés au Canada.

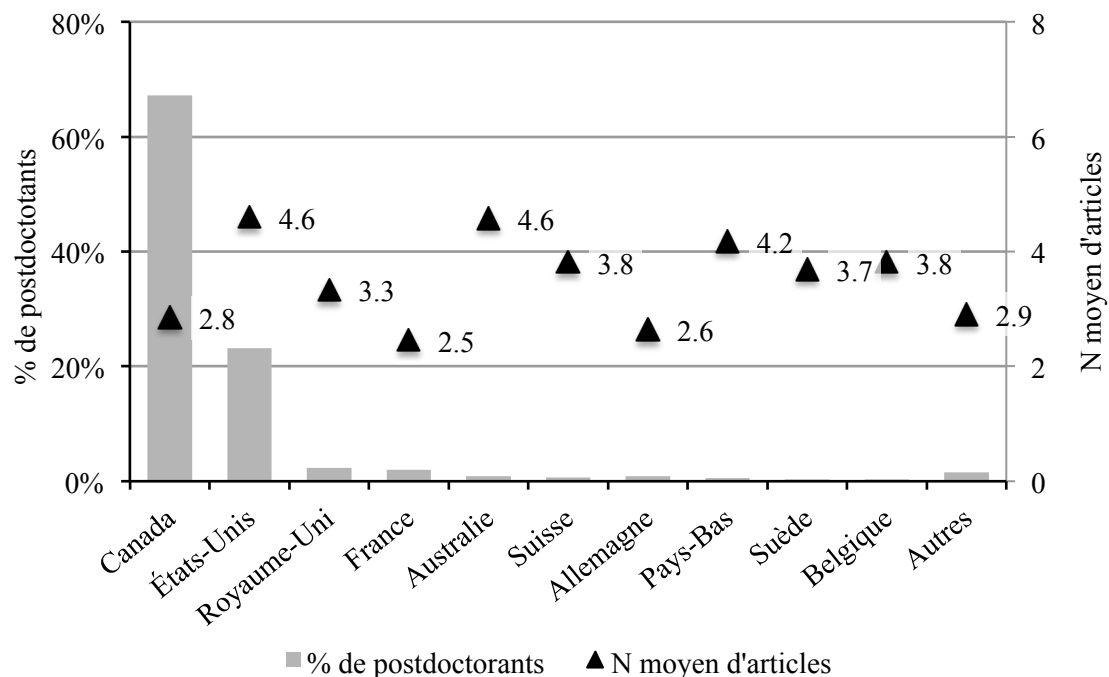


Figure 9. Distribution des postdoctorants selon le lieu de stage et leur nombre moyen d'articles publiés respectif

La Figure 10 présente la distribution des postdoctorants selon le pays du stage et leur organisme de financement. On y voit par exemple que dans les sciences de la nature et le génie les chercheurs ont réalisé leur stage à l'étranger, spécialement aux États-Unis, dans une proportion plus importante (environ 45%).

Il est à noter que les données sur les institutions d'attache des postdoctorants financés par le CRSH n'étaient pas disponibles à la source. Il n'a donc pas été possible de réaliser cette analyse pour ce sous-ensemble de stagiaires.

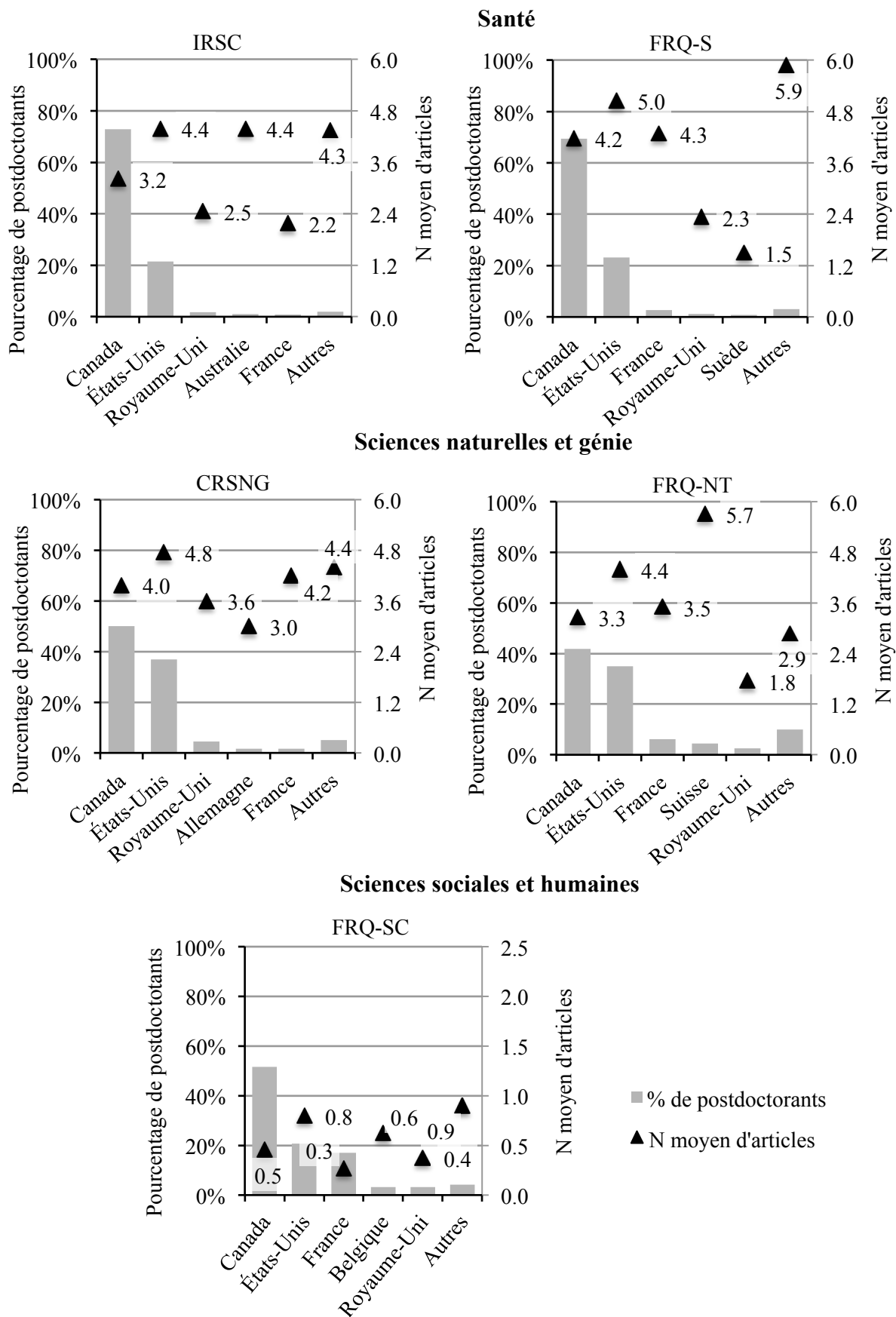


Figure 10. Distribution des postdoctorants selon le lieu de stage et leur nombre moyen d'articles publiés respectif ventilés par organisme de financement (en excluant le CRSH)

### 3.3 Impact scientifique

À l'exception des postdoctorants financés par le FRQ-SC, tous les autres groupes ont des moyennes d'impact supérieures à la moyenne mondiale dans leur discipline respective, comme le montre la Figure 11.

La Figure 12 compare les données de Larivière (2010) avec les nôtres et montre que les MCR des postdoctorants sont plus élevées que celles des doctorants québécois et que celles des articles publiés par des professeurs d'universités québécoises, de plus, on voit dans la Figure 13 que la MCR des postdoctorants est même plus élevée que la moyenne des articles canadiens. La Figure 12 présente une ventilation par grande discipline pour le groupe de postdoctorants, celui de doctorants québécois et celui des professeurs d'universités québécoises, les deux derniers analysés par Larivière (2010). On y constate un écart important entre les MCR des postdoctorants et des deux autres groupes, surtout en sciences médicales et en sciences naturelles et génie.

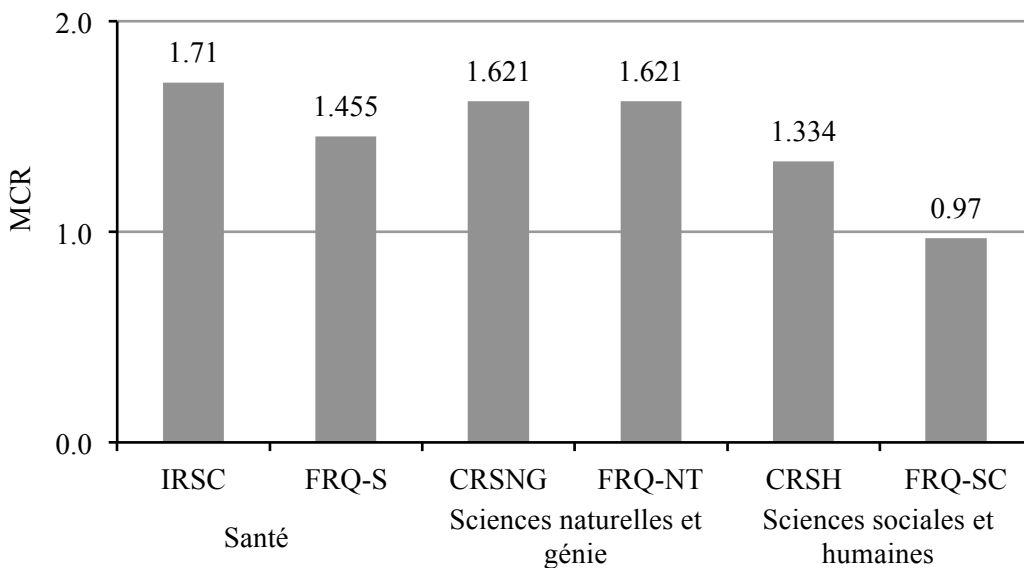
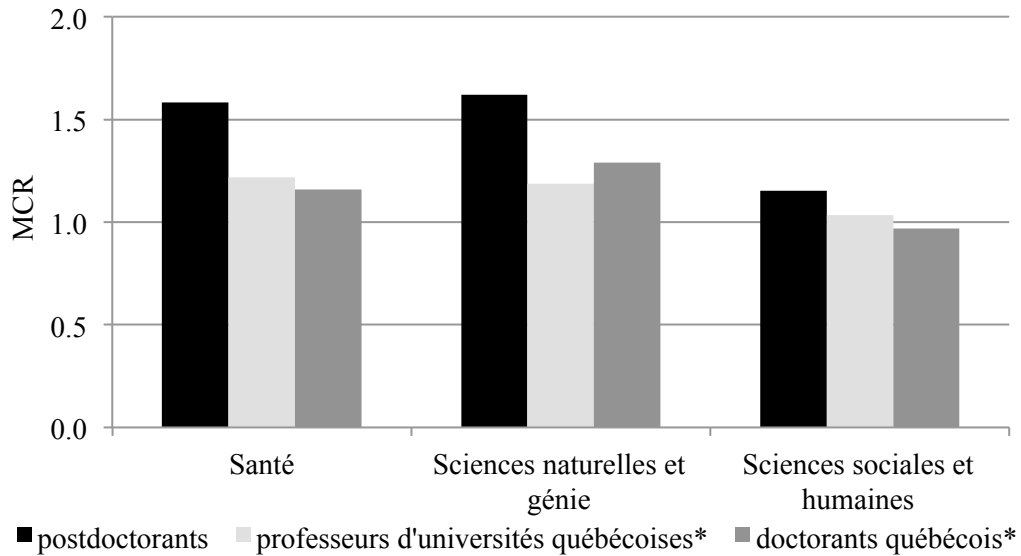


Figure 11. Moyenne des citations relatives des articles des postdoctorants, selon l'organisme de financement





\*données extraites de l'étude de Larivière (2010) contenant les données des publications avec au moins une adresse au Québec, de 2000 à 2007

Figure 12. Moyenne des citations relatives de l'échantillon de postdoctorants, des professeurs d'universités québécoises et des doctorants québécois\*

La Figure 13 présente une ventilation des MCR selon la discipline de la revue de publication des articles avec au moins une affiliation canadienne, des articles publiés par au moins un postdoctorant de l'échantillon, et du sous-ensemble des articles où un postdoctorant de l'échantillon figure comme premier auteur. Ainsi comme pour la Figure 5, on considère la fenêtre de publication de 2004 à 2010 pour les articles avec au moins une adresse canadienne. On voit que, sauf pour les Arts et les Humanités, la MCR des postdoctorants est toujours plus élevée que la MCR des articles canadiens en général. Dans la médecine clinique, les sciences de la terre et de l'espace, les champs professionnels et la psychologie l'écart est moins important, tandis qu'en génie, en recherche biomédicale, physique et chimie, la MCR des postdoctorants est au moins 40% supérieure.

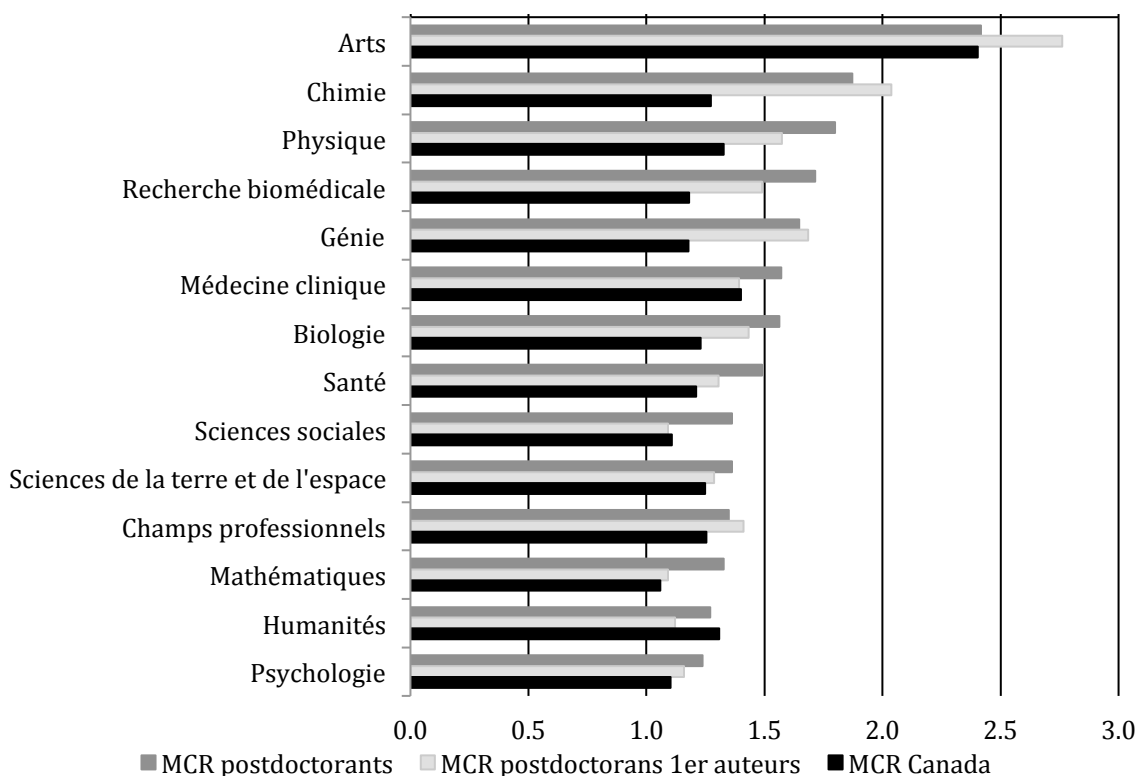


Figure 13. Moyenne des citations relatives des articles des postdoctorants et des articles canadiens, en ordre décroissant de la MCR des postdoctorants, selon la discipline de la revue de publication, entre 2004-2010

En comparant la MCR des articles où un postdoctorant de l'échantillon apparaît comme premier auteur, on voit que les différences sont variables parmi les disciplines. En arts, en chimie, en génie, et dans les champs professionnels, la MCR des postdoctorants premiers auteurs est supérieure à celle des postdoctorants. On voit également que, sauf pour les humanités, la MCR des postdoctorants premiers auteurs est égale ou supérieure à celle des articles canadiens dans leur discipline respective.

Une analyse par pays de réalisation du stage postdoctoral révèle qu'en plus de publier un plus grand nombre d'articles, les chercheurs attachés à des institutions américaines ont aussi des MCR considérablement plus élevées que les autres stagiaires, comme le montre la Figure 14.

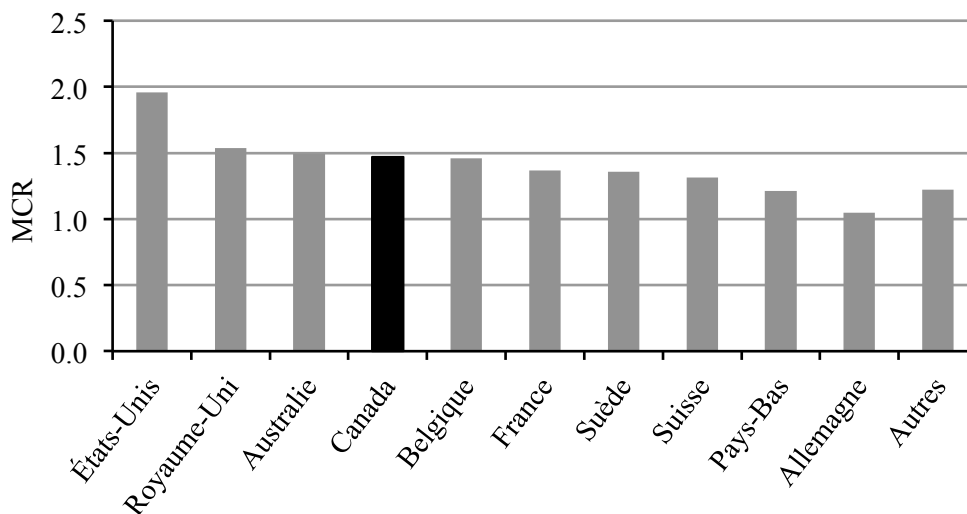


Figure 14. Moyenne des citations relatives des articles des postdoctorants, selon le lieu de stage

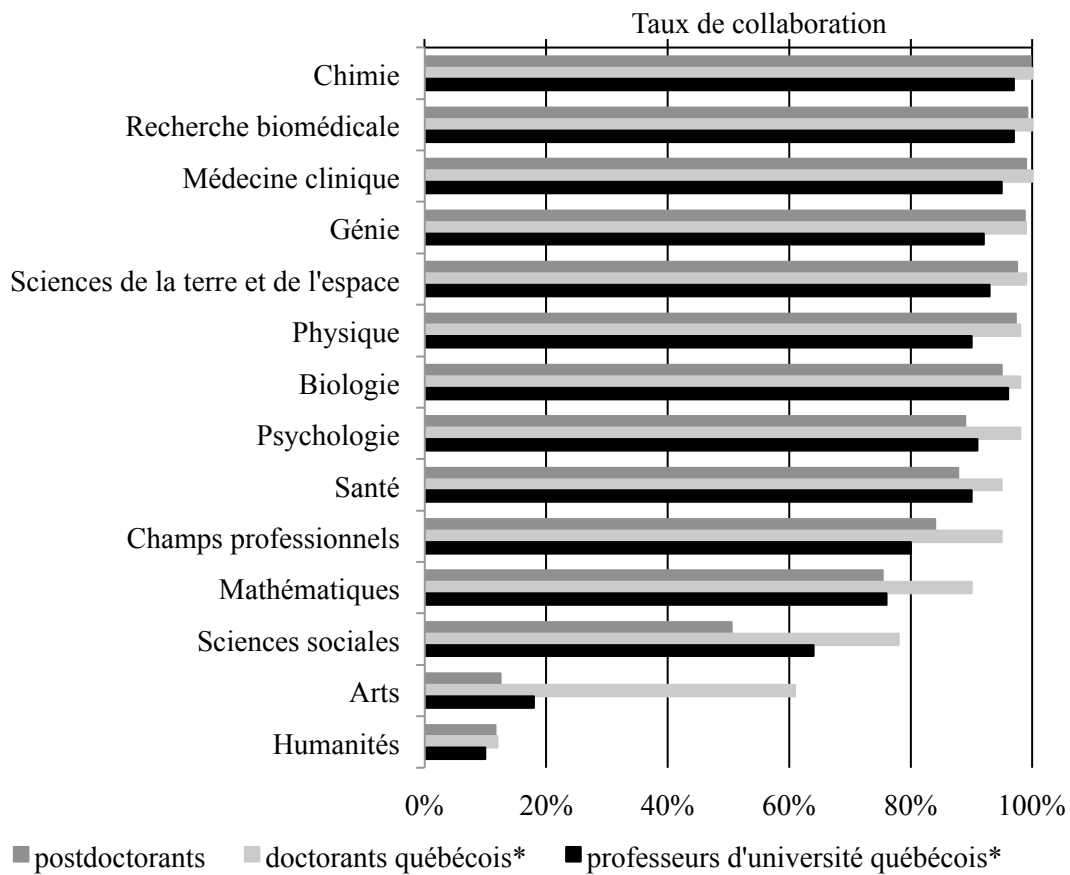
### 3.4 Collaboration

Le nombre d’auteurs et les adresses institutionnelles présentes sur les articles des postdoctorants permettent l’analyse du contexte de socialisation et d’intégration des postdoctorants dans la recherche.

La Figure 15 présente la proportion d’articles en collaboration (signés par deux auteurs ou plus) selon la discipline des revues de publication. Comparées à l’étude de Larivière (2010, 126-128) qui présente également la proportion d’articles en collaboration des doctorants et des professeurs du Québec, les données sur les postdoctorants présentent leur propre modèle, avec des similarités et divergences par rapport aux deux autres groupes des chercheurs québécois. Larivière a constaté que les doctorants avaient des taux de collaboration toujours supérieurs à ceux des professeurs. Ici, nous remarquons plutôt que dans les arts, les sciences sociales, les mathématiques, la santé, la psychologie et la biologie, le taux de collaboration des postdoctorants est égal ou inférieur à celui des professeurs québécois. En sciences de la terre, en génie, en médecine clinique, en recherche biomédicale, en chimie et en physique, les

postdoctorants collaborent autant – ou presque – que les doctorants, avec des taux très proches des 100%. Dans le cadre de son étude, Larivière suggère que la collaboration constatée parmi les étudiants de doctorat serait le résultat de leur relation d'apprentissage avec leur superviseur et collègues de laboratoire (où se trouveraient entre autres des postdoctorants).

La Figure 16 montre les taux de collaboration selon le fonds de financement et révèle un écart important entre l'ensemble d'articles publiés par les chercheurs financés par le CRSH, et celui des chercheurs financés par le FRQ-SC. Les taux des autres fonds, soit ceux de la santé et ceux des sciences naturelles et génie, restent très semblables.



\*données extraites de l'étude de Larivière (2010) contenant les données des publications québécoises entre 2000-2007

Figure 15. Taux de collaboration des articles des postdoctorants, selon la discipline de la revue de publication, en ordre décroissant des taux de collaboration des postdoctorants

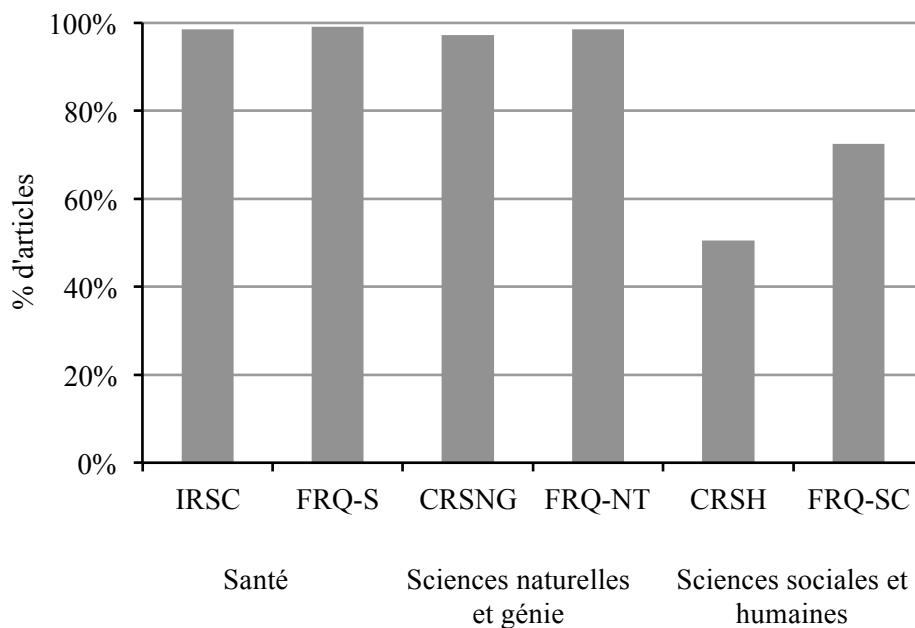


Figure 16. Proportion d'articles en collaboration, selon l'organisme de financement

La Figure 17 présente le nombre moyen d'auteurs des articles signés par au moins un postdoctorant selon leur fonds de financement. Cela nous fournit un aperçu global de l'intégration des postdoctorants dans des groupes de recherche, mais chaque discipline peut présenter un portrait assez différent, comme la physique par exemple où la moyenne était de plus de 150 auteurs dans les articles de doctorants québécois entre 2000-2007 (Larivière 2010 128).

Les données de la Figure 17 montrent que les postdoctorants des deux organismes de financement en santé ont une moyenne très similaire, contrairement à ce qu'on trouve dans les deux autres grandes disciplines, où les postdoctorants en sciences naturelles et génie de l'organisme fédéral collaborent davantage que leurs collègues du fond québécois, tandis que c'est l'inverse en sciences sociales et humaines où les postdoctorants financés par le fonds du Québec collaborent davantage que ceux financés par le conseil fédéral. Comme dans la Figure

16, les postdoctorants en sciences sociales et humaines montrent une activité de collaboration plus faible que celle des deux autres groupes disciplinaires.

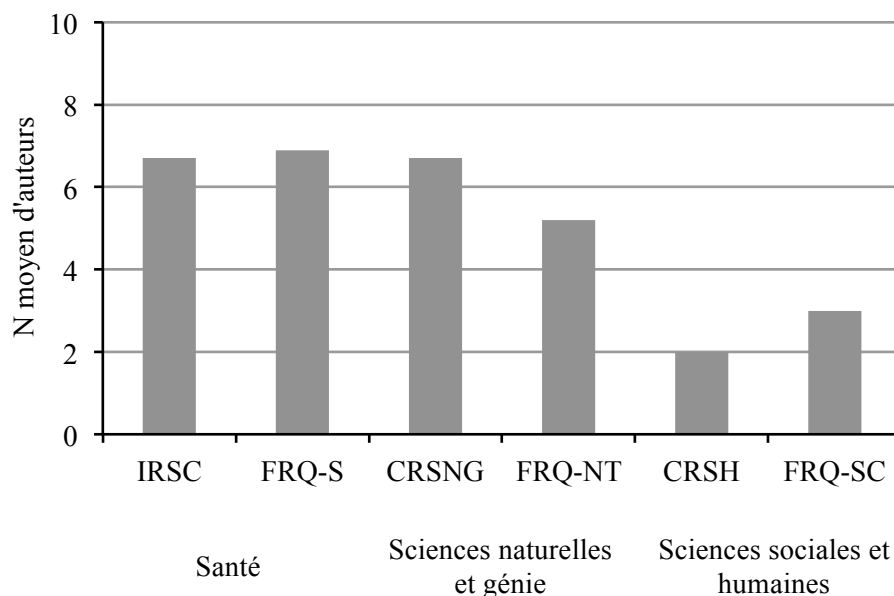


Figure 17. Nombre moyen d'auteurs par article, selon l'organisme de financement

Les Figures 15 à 17 ont donc montré que la collaboration est plus ou moins présente dans chaque grande discipline. Dans les sciences sociales et humaines, les recherches peuvent être conduites fréquemment par un seul individu, tandis que dans les sciences naturelles et en santé, la nature de la recherche requiert une division du travail qui nécessite une plus grande collaboration (Moody 2004; Gemme et Gingras 2008).

Un autre indicateur bibliométrique de performance en recherche est la collaboration internationale, étant donné que l'avancement scientifique et les intérêts en recherche dépassent souvent les frontières géographiques, et que les chercheurs collaborent en effet de plus en plus avec des collègues étrangers (voir entre autres Larivière 2007; Luukkonen et al. 1992). Ainsi, la Figure 18 présente le taux d'articles en collaboration internationale pour le sous-groupe de chercheurs dont le stage postdoctoral a été réalisé au Canada. Les autres postdoctorants ayant

fait leur stage à l'extérieur du Canada sont naturellement plus susceptibles d'avoir des activités de collaboration internationale et, pour cette raison, ont été exclus de cette analyse.

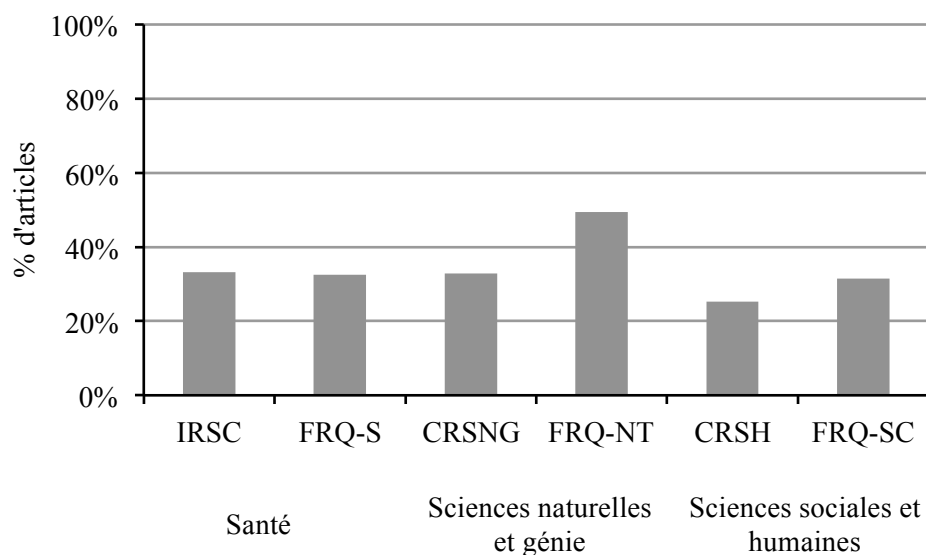


Figure 18. Taux d'articles en collaboration internationale des postdoctorants attachés à des institutions canadiennes, selon l'organisme de financement

On voit à la Figure 18 que 50% des publications des postdoctorants financés par le FRQ-NT comportent des collaborations internationales, contre 33% de leurs collègues financés par le CRSNG. Les postdoctorants en santé montrent à peu près les mêmes taux de collaboration. Ceux des sciences sociales et humaines financés par le CRSH présentent un taux de 25%, contre 31% pour les postdoctorants financés par le FRQ-SC. Les taux plus élevés dans les sciences naturelles et le génie, et en sciences sociales et humaines des fonds de recherche québécois peuvent être un reflet des programmes de financement spécifiques pour des échanges internationaux.<sup>8</sup>

Pour le corps professoral québécois, Larivière (2010) présente des taux de collaboration internationale selon la discipline des revues de publication, qui sont quand même assez

<sup>8</sup> À voir par exemple les programmes de bourses offerts par le FRQ-NT : <http://www.fqrnt.gouv.qc.ca/bourses/>.



similaires à ceux des postdoctorants. On y voit par exemple que les sciences sociales, la psychologie et les champs professionnels présentent un taux d'environ 35%, la physique, les mathématiques, et les sciences de la terre présentent quant à elles un taux d'environ 50%. La biologie, la chimie et le génie sont à environ 32% de collaborations internationale et, enfin, les sciences médicales sont à 37%.

Parmi les collaborateurs des articles, dans toutes les disciplines, à l'exception des mathématiques et de la physique, c'est le premier auteur qui est généralement le principal contributeur et responsable du projet de recherche (Larivière 2010). La Figure 19 présente les taux d'articles dans lesquels on trouve des postdoctorants comme premier auteur, selon l'organisme de financement. On voit que dans les sciences médicales et dans les sciences naturelles et génie les postdoctorants financés par les organismes fédéraux sont plus fréquemment premiers auteurs, tandis qu'en sciences sociales et humaines c'est plutôt l'inverse, où les postdoctorants financés par le fonds du Québec présentent une proportion relativement plus élevée d'article dont ils sont premiers auteurs. Notons enfin qu'en sciences sociales et humaines, une bonne part des articles publiés comme premiers auteurs correspond probablement à des publications individuelles, celles-ci étant sans doute plus nombreuses chez les chercheurs du FRQ-SC que chez ceux du CRSH.

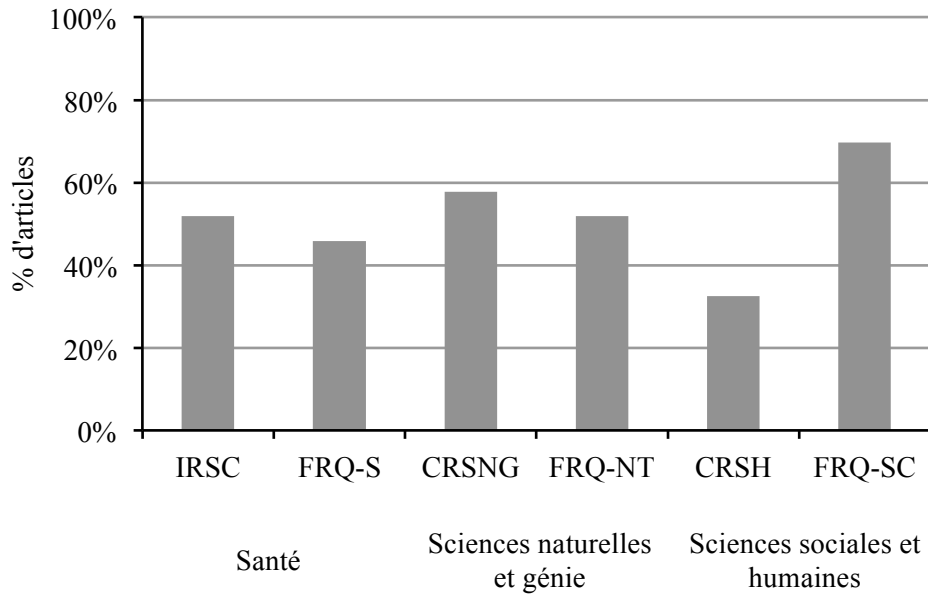


Figure 19. Proportion des articles des postdoctorants avec un postdoctorant comme premier auteur

### 3.5 Évolution de la productivité et de l'impact scientifique dans les années suivant le stage postdoctoral

On retrouve souvent dans la littérature une remise en question de l'effet du stage postdoctoral sur la carrière des chercheurs. Tel que mentionné précédemment, dans certains domaines, il y aurait surpopulation de postdoctorants et les bienfaits des stages seraient moins évidents (Åkerlind 2005; Nerad et Cerny 1999). Par contre, d'un point de vue global, le postdoctorat est toujours perçu comme une opportunité d'avancement de carrière, et est fort probablement lié à l'obtention des postes permanents dans des universités (Su 2011).

La Figure 20 fournit une analyse de l'évolution du nombre de publications et des MCR des postdoctorants, où l'année 0 correspond à l'année de concours de la bourse d'études. Ainsi, on peut voir l'évolution de la productivité scientifique des chercheurs qui se trouvent en période de stage postdoctoral et, en principe, en transition vers un poste permanent.

Dans le domaine de la santé, les postdoctorants des IRSC présentent une MCR plus élevée que ceux du FRQ-S, mais ces derniers présentent par contre une plus grande moyenne d'articles publiés. Au fil des années, les deux variables augmentent de façon importante dans le groupe des IRSC, tandis que pour le FRQ-S la MCR monte légèrement et le nombre moyen d'articles demeure stable. Dans les sciences naturelles et génies, on voit une légère hausse dans la MCR et une très légère chute dans le nombre d'articles publiés par les postdoctorants du CRSNG. Les postdoctorants du FRQ-NT présentent une moyenne d'articles plus ou moins stable, et une hausse pas toujours constante dans la MCR. Dans les sciences sociales et humaines, le nombre moyen d'articles est toujours constant dans les deux groupes, tandis que la MCR augmente en moyenne dans le CRSH, et diminue dans le FRQ-SC.

Donc, à l'exception du FRQ-SC, la MCR des postdoctorants augmente légèrement au fil des années, tandis que les nombres moyens d'articles publiés demeurent plus au moins stables, sauf pour les postdoctorants des IRSC, qui présentent une hausse importante de leurs nombres d'articles.

Rappelons que cette analyse prend en compte une période plus longue que la période de stage, soit de six ans au lieu de trois ans, et qu'elle ne prend en compte que les articles dont les adresses institutionnelles correspondaient à l'adresse de réalisation du stage postdoctoral. Ainsi, la production écrite après la période de stage est fort probablement sous-estimée.

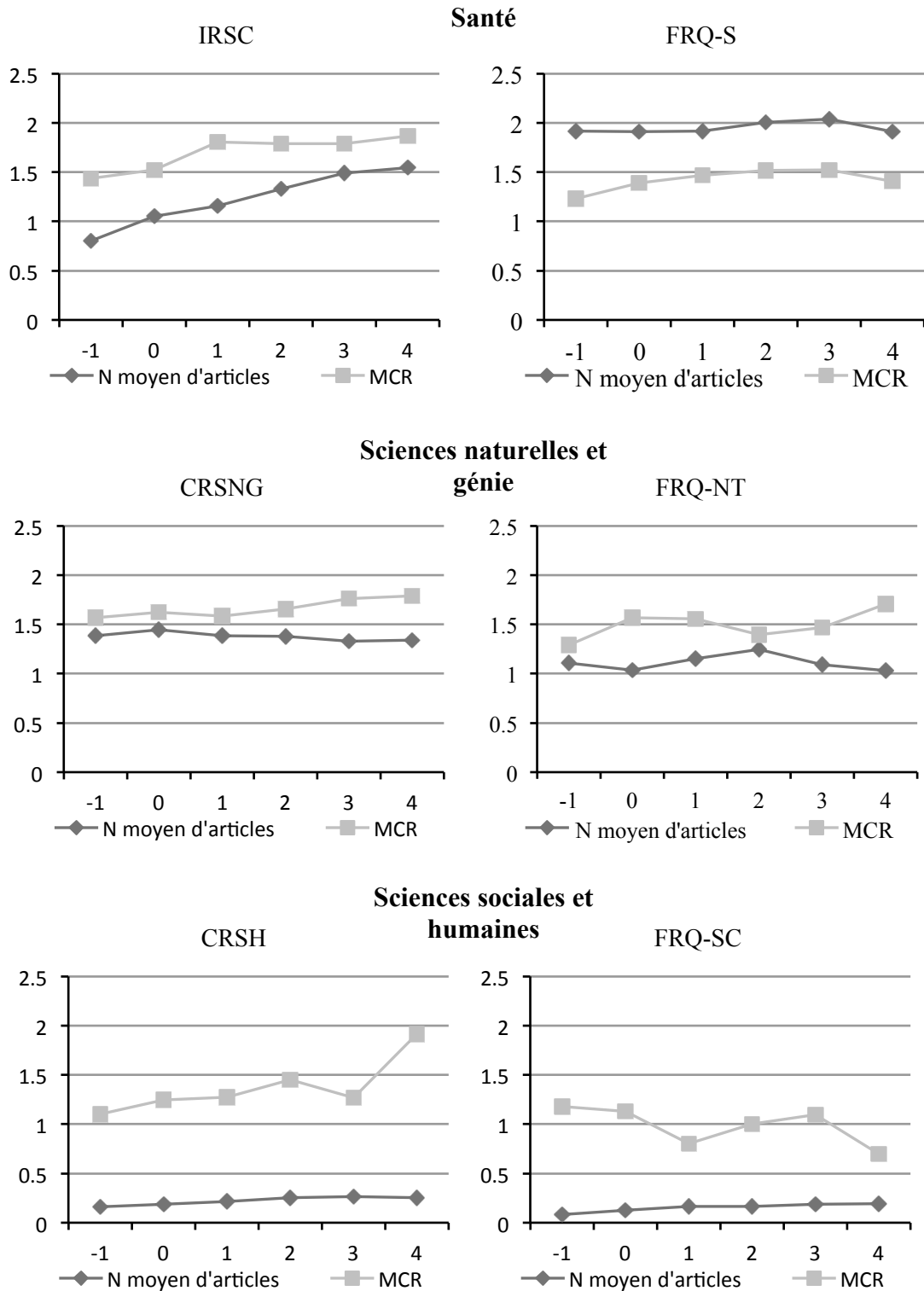


Figure 20. Évolution du nombre moyen d'articles et des MCR par année, depuis l'année précédant l'année de concours de bourse d'études

## 4 Conclusion

La présente étude est la première à présenter des indicateurs bibliométriques sur les postdoctorants au Canada, et l'une des plus importantes en termes de nombre de chercheurs de cette catégorie. Les résultats mettent en évidence leur contribution dans le système de la recherche et dans l'avancement des connaissances, en plus d'aider à tracer un portrait plus clair d'une population qui réclame depuis longtemps de meilleures politiques et conditions de travail.

Ainsi, cette étude effectue deux contributions majeures dans les sciences de l'information et la sociologie de l'éducation supérieure. Premièrement, elle aide à décrire le profil du postdoctorant canadien, une classe de chercheurs méconnue, victimes du flou de leur propre statut et d'une structure éducationnelle hétérogène. À la lumière des données sur leur démographie et sur leur impression de stage (ACSP 2009; Mitchell et al. 2013), ajoutées aux données sur leur production scientifique, nous pouvons décrire leur profil d'une façon plus détaillée et aider à mieux comprendre leurs besoins en ce qui concerne les politiques de financement et d'appui au développement de carrière dans chaque discipline.

Deuxièmement, cette étude met en évidence les résultats de recherche des postdoctorants dans une perspective globale, en contribuant à l'avancement des études sur le développement de carrière des nouveaux chercheurs. Ce mémoire présente une analyse quantitative concernant la participation des postdoctorants dans la publication d'articles scientifiques, considéré comme un indicateur de leur participation à la création de nouvelles connaissances. En passant à travers les trois grands champs disciplinaires reliés à chacun des fonds de financement – fédéral et québécois – des postdoctorants, nous présentons des données sur la

participation de ces chercheurs dans la science canadienne, leur productivité moyenne, leur impact scientifique, et les caractéristiques de leur collaboration.

Les résultats montrent que les postdoctorants échantillonnés ont contribué à environ 3 % des publications canadiennes pendant leur période de trois ans de stage. La grande majorité de ces chercheurs ont publié au moins un article pendant leur stage, avec un impressionnant 95 % du groupe en santé et en sciences naturelles et génie, et 70 % en sciences sociales et humaines. Leur nombre moyen d'articles publiés par année est comparable à celui des professeurs québécois dans les sciences naturelles et génie et dans les sciences sociales et humaines, et 45 % supérieur dans les sciences médicales. On rappelle que les stagiaires postdoctoraux sont engagés à temps plein dans l'activité de recherche, tandis que les professeurs sont normalement impliqués dans d'autres activités d'enseignement et d'administration. Mais on peut confirmer que les postdoctorants financés par les fonds canadiens et québécois sont très productifs, spécialement en sciences médicales.

Les analyses pratiquées en fonction des pays de réalisation du stage mettent en évidence la performance des postdoctorants attachés à des institutions américaines. D'abord, on voit que les chercheurs financés par les fonds en sciences naturelles et génie ont plus tendance à aller aux États-Unis que le groupe des chercheurs en santé et en sciences sociales et humaines. On constate de plus que les postdoctorants liés aux États-Unis publient 65% plus que ceux qui ont réalisé leur stage au Canada, et que leur MCR est environ 30% plus élevée que celles des postdoctorants dont le stage a été réalisé au Canada. Les indicateurs sur les chercheurs des autres pays ne sont pas probants, car la taille de leur groupe est trop petite par rapport à l'échantillon total. On remarque toutefois que la France est la troisième destination (derrière le Canada et les États-Unis) pour les postdoctorants des fonds du Québec et que pour les

postdoctorants financés par les conseils fédéraux, c'est le Royaume-Uni qui occupe ce troisième rang.

Il est clair que la mobilité internationale est un aspect important pour les chercheurs en développement de carrière puisqu'elle est associée au prestige et à la réputation. Elle est aussi probablement liée au succès dans la carrière académique et à l'obtention d'un poste permanent, comme le constate Mahroum (2000). On pourrait ainsi suggérer que les postdoctorants liés à une institution américaine ont plus de chance de succès dans la carrière. À cet égard, Gingras (2010) montre l'évolution du nombre des professeurs diplômés d'universités canadiennes entre 1967 et 2005, et constate une augmentation dans la proportion de professeurs formés à l'étranger depuis le début des années 90, indiquant ainsi une préférence envers ces chercheurs lors de l'embauche.

Par grand champ disciplinaire, en comparant avec les données présentées dans l'étude de Larivière (2010), on voit que l'impact scientifique des postdoctorants indiqué par la Moyenne des citations relatives (MCR) est nettement plus élevé que celui des doctorants québécois, ainsi que celui des professeurs de cette province.

On constate également que la grande majorité des publications (près des 100%) des postdoctorants en santé et en sciences naturelles et génie sont produites en collaboration, c'est-à-dire cosignées avec au moins un autre chercheur. Parmi les stagiaires des institutions canadiennes, le taux de collaboration internationale est d'environ 33% pour les fonds en santé et pour le CRSNG, de 50% pour le FQR-NT, et d'environ 30% pour les fonds en sciences sociales et humaines. Les types de programmes de bourses offerts par les fonds subventionnaires semblent représenter un facteur majeur dans ces tendances des collaborations internationales. Les fonds de recherche québécois offrent en effet des programmes d'échange

international, ce qui explique probablement l'écart des taux de collaboration international entre les fonds fédéraux et les fonds du Québec, tant du côté des sciences naturelles et du génie que du côté des sciences sociales et humaines.

Les résultats montrent aussi que les postdoctorants sont les premiers auteurs d'environ 50% des articles auxquels ils participent, et qu'en sciences naturelles et génie ce taux est de 55%. Par contre, l'impact scientifique de ces articles varie énormément selon la discipline des revues de publication. La psychologie, les humanités, les mathématiques, les champs professionnels, les sciences de la terre et de l'espace, et les sciences sociales sont les seules disciplines où la MCR des articles écrits par un premier auteur est supérieure à celle des postdoctorants échantillonnés.

Enfin, on analyse l'évolution de la production scientifique des postdoctorants sur un total de six ans depuis l'année précédant le concours de bourse. Deux groupes se mettent en évidence par l'évolution de leurs indicateurs. Le premier est constitué des chercheurs financés par les IRSC, qui présentent une augmentation très importante de leur nombre moyen d'articles publiés et de leur MCR. Le second groupe comprend les postdoctorants financés par le FRQ-SC, qui présentent au fil des années une chute étonnante de leur MCR. À l'exception de ces deux groupes, les autres groupes de postdoctorants présentent une progression plus ou moins stable. Par contre, pour la plupart d'entre eux, on constate un effet positif dans la production scientifique au cours des années du stage postdoctoral. Il faut mentionner par contre que, dès le départ, soit au cours de l'année précédant le concours, les postdoctorants présentent des indicateurs assez élevés. Ils sont en effet choisis parmi de nombreux candidats dans le cadre de programmes de bourses qui intègrent la production scientifique – basée sur le CV des candidats – comme critère de sélection.



Les résultats présentés dans ce mémoire portent sur la production scientifique des postdoctorants financés par les trois conseils fédéraux canadiens et par les trois fonds de recherche québécois. Ils ne sont donc pas nécessairement généralisables à l'ensemble de la population de postdoctorants canadiens, car il s'agit d'un échantillonnage de convenance qui représente environ 8 % de la population totale de postdoctorants. Puisque ce groupe a été sélectionné lors d'un concours d'excellence, il a fort probablement une meilleure performance en recherche que celui qui n'a pas réussi une telle sélection. Il faut donc reconnaître que le groupe étudié ne possède sans doute pas les mêmes caractéristiques que les autres postdoctorants canadiens. Rappelons toutefois à ce propos que Hornbostel et al. (2009) ont comparé la production scientifique de groupes de postdoctorants financés à celle de groupes non-financés dans le cadre d'un programme de bourse d'études en Allemagne et ils ont constaté que les indicateurs demeurent à peu près semblables pendant les six années étudiées, et que donc la bourse n'aurait pas d'impact direct sur la production scientifique des chercheurs. Dans cette optique, il serait donc intéressant de comparer sous ce rapport notre échantillon à d'autres échantillons de postdoctorants canadiens et, plus spécifiquement, ceux qui ont été refusés aux concours des organisations gouvernementaux.

Hornbostel et al. (2009) ainsi que Su (2011) soulignent que le stage postdoctoral aurait un effet majeur dans la carrière des chercheurs, plus précisément sur les chances d'obtenir un poste permanent dans une institution de prestige. Une étude à long terme sur les postdoctorants canadiens dans le but d'analyser l'évolution de leur carrière permettrait ainsi de valider ce genre de résultats pour le Canada. Une meilleure connaissance du parcours institutionnel des chercheurs permettrait en outre de garantir une couverture plus complète de leur production scientifique.

Les questions de recherche définies au départ de l'étude ont trouvé des réponses et des comparaisons supplémentaires avec les doctorants et les professeurs québécois ont aussi été fournies dans le but d'établir un groupe de chercheurs comparable en matière de production et d'impact scientifique.

Toutefois les limites de la présente étude qui repose sur un échantillon de convenance, ne nous permettent pas de généraliser nos résultats.

Il est ainsi évident que l'absence d'une organisation systématique des dossiers de chercheurs postdoctoraux engendre plusieurs problèmes et bloque des améliorations qui pourraient être apportées au système d'éducation postdoctorale. Par exemple, une étude bibliométrique sur la population entière de postdoctorants canadiens similaire à celle-ci serait facilement viable s'il était possible d'obtenir ou de réunir les informations qui identifient ces chercheurs et permettent de suivre leur parcours. Il serait donc important que des efforts soient entrepris pour construire une base solide dans la gestion de la formation des nouveaux chercheurs, pour ainsi combler, petit à petit, certaines lacunes dans le système d'enseignement supérieur liées à la progression de carrière des chercheurs.

## 5 Bibliographie

- Åkerlind GS. 2005. Postdoctoral researchers: roles, functions and career prospects. *Higher Education* 24, no 1 : 21-40.
- Association canadienne des stagiaires postdoctoraux (ACSP). 2009. *A postdoctoral crisis in Canada: From the “Ivory Tower” to the Academic “Parking Lot”*.  
<<https://sites.google.com/site/canadapostdoc/Home/survey/CAPSSurvey2009Final.pdf?attredirects=0>> (consulté le 10 juin 2013).
- Association of American Universities (AAU). 1998. *Postdoctoral education committee report*.  
<[www.aau.edu/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=6834](http://www.aau.edu/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=6834)> (consulté le 5 juillet 2013).
- Association of American Universities (AAU). 2005. *Postdoc education survey: summary of results*. <[www.aau.edu/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=1944](http://www.aau.edu/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=1944)> (consulté le 5 juillet 2013).
- Bernauer T, Gilardi F. 2010. Publication output of swiss political science departments. *Swiss Political Science Review* 16, no 2 : 279-303.
- Campbell, D., Picard-Aitken, M., Côté, G., Caruso, J., Valentim, R., Edmonds, S., Williams, G.T., Macaluso, B., Robitaille, J.P., Bastien, N., Laframboise, M.C., Lebeau, L.M., Mirabel, P., Larivière, V., Archambault, É. (2010) Bibliometrics as a performance measurement tool for research evaluation: The case of research funded by the National Cancer Institute of Canada. *American Journal of Evaluation*, 31(1): 66-83.
- Conseil Supérieur de l'Éducation. 2003. *Renouveler le corps professoral à l'université : des défis importants à mieux cerner*. Québec : Conseil supérieur de l'éducation.
- Daniel HD. 2005. Publications as a measure of scientific advancement and of scientist's productivity. *Learned Publishing* 18, no 2 : 143-148.
- De Bellis N. 2009. *Bibliometrics and citation analysis: from the Science Citation Index to cybermetrics*. Lanham : Scarecrow Press.
- Diodato V. 1994. *Dictionary of bibliometrics*. New York : The Haworth Press.
- Garfield E. 1990. How ISI selects journals for coverage: quantitative and qualitative considerations. *Essays of an Information Scientist* 13, no 22 : 185-193.
- Gauthier E. 1998. *L'analyse bibliométrique de la recherche scientifique et technologique : guide méthodologique d'utilisation et d'interprétation*. Montréal : Observatoire des sciences et des technologies (CIRST).
- Gemme B, Gingras Y. 2008. The new production of researchers, In Chan, A., and Fischer, D. (Eds.) *The exchange university*. Vancouver: UBC Press : 70-89.

- Gingras Y. 1984. La valeur d'une langue dans un champ scientifique. *Recherches sociographiques* 25, no 2 : 285–296.
- Gingras Y. 2010. The end of the Canadianization movement. *University Affairs*. <<http://www.universityaffairs.ca/end-of-the-canadianization-movement.aspx>> consulté le 03 février 2014.
- Gingras Y, Larivière V, Macaluso B, Robitaille J-P. 2008. The effects of aging on researchers publication and citation patterns. *Plos One* 3, no 12 : e4048.
- Hornbostel S, Böhmer S, Klingsporn B, Neufeld J, Von Ins M. 2009. Funding of young scientist and scientific excellence. *Scientometrics* 79, no 1 : 171–190.
- Jones A. 2013. The explosive growth of postdocs in Computer science. *Communications of the ACM* 56, no 2 : 37-39.
- Larivière V. 2007. L'internationalisation de la recherche scientifique québécoise: comparaisons nationales, disciplinaires et effets de sexe, 1980–2005, In Institut de la statistique du Québec (ISQ), *Indicateurs de l'activité scientifique et technologique du Québec* – Compendium édition : 31–47.
- Larivière V. 2010. *A bibliometric analysis of Quebec's PhD students' contribution to the advancement of knowledge*. Montreal : School of Information Studies, McGill University.
- Larivière V. 2012. On the shoulders of students? The contribution of PhD students to the advancement of knowledge. *Scientometrics* 90, no 2 : 463-481.
- Larivière V, Archambault É, Gingras Y, Vignola-Gagné É. 2006. The place of serials in referencing practices: Comparing natural sciences and engineering with social sciences and humanities. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 57, no 8 : 997–1004.
- Larivière V, Gingras Y, Archambault É. 2009. The decline in the concentration of citations, 1900–2007. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 60, no 4 : 858–862.
- Larivière V, Macaluso B. 2011. Improving the Coverage of Social Science and Humanities Researchers' Output: The Case of the Érudit Journal Platform. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 62, no 12 : 2437-2442.
- Larsen PO, Von Ins M. 2010. The rate of growth in scientific publication and the decline in coverage provided by Science Citation Index. *Scientometrics* 84, no 3 : 575–603.
- Luukkonen T, Persson O, Sivertsen G. 1992. Understanding patterns of international scientific collaboration. *Science, technology, & human values* 17, no 1 : 101-126.

- Mahroum S. 2000. Scientists and global spaces. *Technology in society* 22, no 4 : 513-523.
- Merton RK. 1968. *Social theory and social structure*. New York : The Free Press.
- Merton RK. 1973. *The sociology of science: theoretical and empirical investigations*. Chicago: University of Chicago Press.
- Mervis J. 1999. Introduction to special issue: the world of postdocs. *Science* 285 : 5433.
- Mitchell JS, Walker VE, Annan RB, Corkery TC, Goel N, Harvey L, Kent DG, Peters J, Vilches SL. 2013. *The 2013 Canadian Postdoc Survey: Painting a Picture of Canadian Postdoctoral Scholars*. Canadian Association of Postdoctoral Scholars and Mitacs.
- Mogu erou P. 2005. Doctoral and postdoctoral education in science and engineering: Europe in the international competition. *European Journal of Education* 40, no 4.
- Moody J. 2004. The structure of a social science collaboration network: disciplinary cohesion from 1963–1999. *American Sociological Review* 69, no 2 : 213–239.
- National Institutes of Health (NIH), Working Group of the Advisory Committee to the Director. 2012. *Biomedical research workforce working group report*. <[http://report.nih.gov/investigators\\_and\\_trainees/ACD\\_BWF/](http://report.nih.gov/investigators_and_trainees/ACD_BWF/)> (consulté le 15 septembre 2013).
- National Postdoctoral Association (NPA). 2012. *Fact sheet*. <<http://www.nationalpostdoc.org/images/stories/Documents/Other/NPA-fact-sheet-dec-2012.pdf>> (consulté le 19 septembre 2013).
- National Science Board (NSB). 2010. Chapter 3: Science and Engineering Labor Force. In: *Science and Engineering Indicators 2010*. Arlington, VA: National Science Foundation (NSB 10-01).
- National Science Foundation (NSF), National Center for Science and Engineering Statistics (NCSES). 2012. *Science and Engineering Indicators 2012*. <<http://www.nsf.gov/statistics/seind12/>> (consulté le 19 septembre 2013).
- Nerad M, Cerny J. 1999. Postdoctoral patterns, career advancement, and problems. *Science* 285, no 5433 : 1533-1535.
- Normile D. 1999. Japanese jump on postdoc bandwagon. *Science* 285, no 5433 : 1521-1524.
- Pontille, D. 2004. *La Signature scientifique: une sociologie pragmatique de l'attribution*. Paris: CNRS.
- Price DJS. 1963. *Little science, big science*. Columbia University Press.
- Simonton DK. 1997. A predictive and explanatory model of career trajectories and landmarks. *Psychological Review* 104, no 1 : 251–267.

Su X. 2011. Postdoctoral training, departmental prestige and scientists' research productivity.  
*Journal of Technology Transfer* 36 : 275-291.