

Université de Montréal

**Les rétractations et leurs conséquences sur la carrière des  
coauteurs : Analyse bibliométrique des fraudes et des  
erreurs dans le domaine biomédical**

par

Philippe Mongeon

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 maîtrise en sciences de l'information

Septembre, 2013

© Philippe Mongeon, 2013



## Résumé

Ces dernières années, la découverte de fraudes scientifiques majeures a créé des ondes de choc dans la communauté scientifique. Le nombre annuel de rétractations a considérablement augmenté, et la plupart sont dues à des cas de fraude. Bien qu'il soit généralement pris pour acquis que tous les coauteurs sont affectés par ces rétractations, l'objectif de cette étude est de vérifier cette présupposition empiriquement. Nous avons recensé toutes les rétractations du domaine biomédical (443) de 1996 à 2006 dans PubMed et mesuré, à l'aide du Web of Science (WOS), la productivité, l'impact et les pratiques de collaboration des coauteurs (1 818) sur une période de cinq ans avant et après la rétractation. Nos résultats montrent que les rétractations ont des conséquences sur la carrière des coauteurs, surtout au niveau du nombre de publications des années subséquentes. Cet impact est plus grand dans les cas de fraude, et pour les premiers auteurs.

**Mots-clés** : fraude scientifique, rétractation, collaboration, signature scientifique, bibliométrie, erreur scientifique, éthique en recherche, littérature biomédicale

## **Abstract**

Over the last few years, major cases of scientific fraud shocked the scientific community, and the number of retractions each year increased considerably. Scientific misconduct accounts for approximately more than half of those retractions. It is assumed that co-authors of retracted papers are affected by their colleagues' misconduct, and the aim of this study is to provide empirical evidence of how researchers' careers are affected by a retraction. We retrieved all (443) publications retracted from 1996 to 2006 from PubMed, signed by 1818 authors. Using the Web of Science (WOS), we measured the productivity, impact and collaboration of each of those authors for a period of five years before and after the retraction. Our results show that retractions affect the career of co-authors, mostly in terms of scientific output. This impact is felt more strongly in cases of fraud and for first authors.

**Keywords** : scientific misconduct, retraction, collaboration, authorship, bibliometrics, fraud, errors, research ethics, biomedical literature

# Table des matières

Résumé.....	2
Abstract.....	3
Table des matières.....	4
Liste des tableaux.....	7
Liste des figures .....	8
Liste des sigles et abréviations.....	9
Remerciements.....	11
Chapitre 1. Introduction.....	12
1.1. Contexte.....	12
1.2. Question de recherche.....	17
1.2.1. Productivité.....	17
1.2.2. Impact scientifique.....	17
1.2.3. Collaboration.....	17
Chapitre 2. Revue de la littérature .....	19
2.1. La fraude scientifique .....	19
2.1.1. Définition .....	20
2.1.2. Types de fraude.....	22
2.1.3. Causes de la fraude scientifique.....	26
2.1.4. Conséquences de la fraude scientifique .....	28
2.1.5. Mécanismes de détection des erreurs et des fraudes.....	32
2.1.6. Prévalence des fraudes et des erreurs scientifiques .....	35
2.2. Les rétractations.....	36
2.2.1. Objectifs.....	37
2.2.2. Limites du système de rétractation .....	38
2.2.3. Rétractations dans la littérature biomédicale .....	41
2.3. La signature scientifique et la collaboration .....	43
2.3.1. La collaboration en science.....	43
2.3.2. La signature scientifique.....	46

2.4. La bibliométrie.....	52
2.4.1. Définition.....	52
2.4.2. Fondements de la discipline.....	52
2.4.3. Applications.....	55
2.4.4. Limites.....	57
Chapitre 3.    Méthodologie.....	60
3.1. Collecte de données.....	60
3.1.1. Bases de données utilisées.....	60
3.1.2. Recensement et classement des articles rétractés.....	63
3.1.3. Appariement des articles rétractés et des avis de rétractation.....	64
3.1.4. Repérage des articles rétractés dans le WOS.....	65
3.1.5. Classification des articles par raison de rétractation.....	66
3.1.6. Liste de coauteurs.....	67
3.1.7. Classification des coauteurs.....	67
3.1.8. Repérage des articles des coauteurs.....	68
3.1.9. Calcul du temps par rapport à la rétractation (T).....	69
3.1.10. Ordre des auteurs.....	70
3.2. Groupe contrôle.....	72
3.3. Indicateurs bibliométriques.....	72
3.3.1. Productivité.....	72
3.3.2. Impact scientifique.....	74
3.3.3. Collaboration.....	78
Chapitre 4.    Résultats.....	79
4.1. Statistiques descriptives.....	79
4.1.1. Articles rétractés.....	79
4.1.2. Coauteurs.....	81
4.2. Productivité.....	82
4.3. Impact scientifique.....	86
4.3.1. Impact relatif individuel.....	86
4.3.2. Publications les plus citées.....	88
4.3.3. Publications dans les revues à haut facteur d'impact.....	89

4.4. Pratiques de collaboration.....	90
Chapitre 5. Discussion, limites et recherches futures .....	93
5.1. Discussion .....	93
5.2. Limites de la recherche .....	97
5.3. Recherches futures.....	99
Références bibliographiques.....	101

## Liste des tableaux

Tableau 1. Classification des raisons de rétractation des articles .....	67
Tableau 2. Nombre de coauteurs par grande catégorie de raison de rétractation. ....	81
Tableau 3. Nombre de coauteurs non responsables selon leur rang dans la liste d’auteurs des articles rétractés. ....	82
Tableau 4. Productivité relative individuelle (PRI) des chercheurs avant et après la rétractation. ....	85
Tableau 5. Impact relatif individuel (IRI) des chercheurs avant et après la rétractation .....	87
Tableau 6. Proportion des publications hautement citées avant et après la rétractation. ....	89
Tableau 7. Publications dans les revues à haut facteur d’impact avant et après la rétractation.	90
Tableau 8. Nombre moyen d’auteurs par article avant et après la rétractation.....	91
Tableau 9. Nombre moyen d’institutions par article avant et après la rétractation. ....	92

## Liste des figures

Figure 1. Cadre de référence pour définir la fraude scientifique (Steneck 2006, 54). .....	20
Figure 2. Exemple d'un avis de rétractation dans PubMed .....	63
Figure 3. Exemple d'un article rétracté dans PubMed.....	64
Figure 4. Méthode de classification des auteurs dans les cas de rétractations multiples.....	71
Figure 5. Nombre d'articles rétractés selon la raison de la rétractation (1996 à 2006). .....	79
Figure 6. Nombre d'articles rétractés selon la raison (1996 à 2006). .....	80
Figure 7. Production relative médiane des chercheurs de 5 ans avant à 5 ans après la rétractation .....	83

## Liste des sigles

CPP	Comité de protection des personnes
CRI	Citations relatives individuelles
FI	Facteur d'impact
FIR	Facteur d'impact relatif
FMI	Fonds Monétaire Internationale
ICMJE	International Committee of Medical Journal Editors
IR	Impact relatif
IRI	Impact relatif individuel
JCR	Journal Citation Reports
NIH	National Institute of Health
NLM	National Library of Medicine
NSF	National Science Foundation
ORI	Office of Research Integrity
OST	Observatoire des Sciences et des Technologies
PHS	Public Health Service
PIB	Produit intérieur brut
PMC	PubMed Central
PMID	PubMed ID
PRI	Productivité relative individuelle
SCI	Science Citation Index
SSH	Sciences sociales et humaines
WOS	Web of Science

*À mes parents.*

## Remerciements

Ce travail de recherche n'aurait pu se réaliser sans la participation et l'appui de plusieurs. Je souhaite donc ici remercier tous ceux et celles qui ont été à mes côtés au cours de ce projet, et plus particulièrement les personnes suivantes : Stéphane SansCartier, Benoît Macaluso et Marie-Claire Lefort pour leur aide lors de la collecte des données. Stéphanie Haustein pour son regard critique et ses bons conseils, ainsi que Gaëlle Bergognoux et Marie-André David pour leur soutien moral et les sessions de travail productives. Bien sûr, je ne saurais remercier suffisamment mon directeur de recherche Vincent Larivière qui, non seulement, m'a donné tous les outils, les conseils et le support nécessaires à l'accomplissement de ce mémoire, mais a également su me transmettre sa passion pour la recherche et toute l'énergie et la motivation nécessaire pour repousser mes limites et pour aller plus loin. Finalement, je tiens à remercier ma famille pour leur soutien, et plus spécialement Magalie et Élodie qui ont su pardonner mes absences.

Cette recherche n'aurait pu être possible sans le généreux concours de l'École de bibliothéconomie et des sciences de l'information, du CIRST et l'Observatoire des sciences et technologies, dont je remercie tous les membres.

# Chapitre 1. Introduction

## 1.1. Contexte

### *Ondes de choc*

Diederick Stapel, Eric Poehlman, Jan Hendrik Schön, Woo-Suk Hwang, Marc Hauser, Yoshitaka Fujii, Joachim Boldt, John Darsee... Ces noms sont associés à quelques-unes des plus importantes fraudes scientifiques des trente dernières années. Leurs fraudes ont fait les manchettes des grands quotidiens et causé des ondes de choc au sein de la communauté scientifique. Ils ont construit leur carrière (entièrement ou en partie) en trompant leurs collègues et la communauté scientifique par la publication de faux résultats issus de données falsifiées ou entièrement fabriquées. Ils ont dans la majeure partie des cas gaspillé des fonds publics, dirigé les autres chercheurs sur de mauvaises pistes, et terni la réputation de la communauté scientifique aux yeux du public. Ce ne sont là que quelques conséquences de la fraude scientifique. En médecine, toutefois ces conséquences peuvent être beaucoup plus graves, voire funestes : le choix des traitements et des médicaments donnés aux patients s'appuie sur des recherches scientifiques, et si ces données ont été faussées par un chercheur, la fraude peut alors avoir des conséquences très graves sur la santé de plusieurs individus. Étant donné l'ampleur des conséquences potentielles que la fraude scientifique peut avoir pour les chercheurs, leur science, le public et la société en général, il est peu surprenant que ce sujet ait suscité de vives discussions tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la communauté scientifique, et particulièrement au cours des trente dernières années.

*Pourquoi les chercheurs fraudent-ils?*

Une partie des travaux relatifs aux fraudes sont axés sur les raisons qui peuvent mener des chercheurs à poser de tels gestes, allant à l'encontre des valeurs les plus fondamentales de la science comme l'intégrité et l'honnêteté, et même à l'encontre de son objectif même : la quête de la vérité. Certains jettent le blâme sur l'aspect de plus en plus exigeant et compétitif de la science et sur les méthodes d'évaluation des chercheurs. En effet, le rendement des chercheurs, comme dans tout autre domaine, est évalué. L'évaluation peut être faite aux fins d'embauche, de promotion, de financement ou autre. Bien que l'évaluation des chercheurs est généralement effectuée par d'autres chercheurs du domaine (évaluation par les pairs), on utilise de plus en plus des indicateurs quantitatifs, comme le nombre d'articles publiés et le nombre de citations reçues par ces articles, pour pouvoir mesurer et comparer le rendement des chercheurs et ainsi, faciliter la tâche des évaluateurs. Ce type d'évaluation exerce donc sur les scientifiques une pression qui les incite à publier non seulement beaucoup d'articles, mais également des articles originaux qui seront beaucoup cités. Il s'ensuit donc une compétition qui peut, selon certains, mener les chercheurs à frauder (Braxton et Bayer 1994). Cela dit, le lien entre la pression de publier et d'être cité et la fraude scientifique ne fait pas l'unanimité. Certains affirment que la fraude scientifique est un phénomène extrêmement rare et qu'il est causé non pas par la structure et le fonctionnement de la science, mais plutôt par quelques individus mal intentionnés (« *bad apples* ») (Sovacool 2008).

### *Un phénomène rare?*

Alors que certains affirment que la fraude scientifique est un phénomène très rare et isolé, d'autres estiment qu'elle fréquente, et même qu'elle l'est de plus en plus. En vérité, la question « Quelle est la prévalence de la fraude en science? » demeurera probablement à jamais sans réponse, puisque seuls les cas de fraude découverts peuvent être dénombrés, et qu'il est impossible de vérifier la validité des données que contiennent les dizaines de millions d'articles scientifiques publiés à ce jour. Toutefois, puisque la découverte d'un article frauduleux dans la littérature mène généralement à sa rétractation, il est possible, à partir desdites rétractations, de quantifier non pas la prévalence de la fraude, mais, du moins, la prévalence des cas où la fraude a été publiée et ensuite détectée. En d'autres termes, les rétractations permettent de mesurer la partie émergée de l'iceberg. Or, le nombre de rétractations a grimpé en flèche au cours de la dernière décennie, et particulièrement dans la littérature biomédicale (Zhang et Grieneisen 2012). En 2012 seulement, plus de 500 articles indexés dans la base de données PubMed ont été rétractés. C'est plus d'un article par jour et 20 fois plus qu'au cours des années 90, où la moyenne était d'environ 25 rétractations par année. De plus, la majorité de ces rétractations serait due à des cas de fraude (Fang, Steen, et Casadevall 2012). Le système de rétractation, qui sert entre autres à « purifier » le corpus scientifique et à empêcher que des recherches futures ne s'appuient sur de fausses données, a cependant certaines limites. Notamment, certaines recherches ont démontré que les articles frauduleux continuent d'être cités après leur rétractation (Pfeifer et Snodgrass 1990; Budd et Siviert 1999; Collier 2011). Finalement, les pratiques et politiques de rétractation varient d'une revue à une autre ce qui fait en sorte, par exemple, que certains avis de rétractation ne contiennent pas suffisamment d'information pour que l'on soit en mesure de connaître la

raison réelle de la rétractation (Collier 2011). En effet, on ne peut présumer qu'un article rétracté est frauduleux puisqu'il arrive que les auteurs ou les éditeurs rétractent des articles pour d'autres raisons (les rétractations pour erreurs sont notamment très fréquentes). Nous reviendrons plus en détail sur les différentes limites du système de rétractation dans le chapitre suivant.

### *Conséquences pour les fraudeurs...*

Les conséquences de la fraude pour le chercheur responsable ne se limitent évidemment pas à la rétraction des articles : elles sont généralement beaucoup plus importantes. En plus d'être, dans la plupart des cas, congédiés ou contraints d'abandonner leur poste, les fraudeurs peuvent se voir retirer leurs subventions de recherche ainsi que le droit d'en faire demande pendant quelques années (p. ex., huit ans dans le cas de Schön). La fraude scientifique peut également mener à des poursuites judiciaires. Par exemple, Eric Poehlman a subi un procès et a été condamné à un an de prison, en plus de devoir payer des dédommagements de près de 200 000 \$. Il a également été banni à vie de toute participation aux programmes fédéraux de soins de santé et de financement de la recherche aux États-Unis (Tilden 2010). Il s'agit d'ailleurs du premier cas où un fraudeur reçoit une peine d'emprisonnement. De plus, même s'il arrive qu'un chercheur frauduleux parvienne à éviter ces conséquences « formelles », sa réputation au sein de la communauté scientifique sera à tout le moins entachée, ce qui aura fort probablement un impact sur la suite de sa carrière. Les conséquences de la fraude pour le fraudeur sont donc bien connues, mais ceux-ci sont-ils les seuls à subir les conséquences de leurs actes?

*... et leurs collaborateurs?*

Les chercheurs travaillent de moins en moins de façon individuelle et font généralement partie d'un réseau plus ou moins étendu de collaborateurs (Wuchty, Jones, et Uzzi 2007). Dans certains domaines (p. ex., la physique), un article peut être signé par des centaines d'individus, et parfois même des milliers (Birnholtz 2006). Dans le domaine biomédical, les articles publiés en 2012 comptaient en moyenne six auteurs. En signant un article scientifique, les coauteurs se voient, d'une part, attribuer une part du crédit pour le travail effectué, mais, d'autre part, ils se portent également garants de la validité des données publiées (Birnholtz 2006; Biagioli 2000). Dans les cas de fraude scientifique, le blâme est généralement porté par un seul (ou une partie) des chercheurs impliqués, en l'occurrence, celui ou ceux qui ont faussé les données à l'insu de leurs collaborateurs. Cependant, même si ces derniers ne sont pas identifiés comme responsables de la fraude et évitent les sanctions destinées aux fraudeurs, leur réputation risque fort bien d'en être entachée. Bien qu'il soit présumé que les fraudes ont effectivement des conséquences pour la carrière de l'ensemble des collaborateurs (Majerus 1982; Bonetta 2006), aucune preuve empirique de cette présomption n'a été fournie jusqu'à présent. La présente recherche vise donc à combler ce déficit et, plus spécifiquement, à mesurer l'impact des rétractations sur la carrière subséquente des coauteurs des articles rétractés telle que mesurée en terme de productivité scientifique, d'impact scientifique et de pratiques de collaboration répondre aux questions de recherches suivantes.

## **1.2. Question de recherche.**

Pour atteindre l'objectif de notre recherche, nous cherchons à répondre à sept questions de recherches regroupées en trois catégories : la productivité, l'impact et la collaboration.

### **1.2.1. Productivité**

1.2.1.1. Quel est l'effet des rétractations sur le nombre d'articles publiés par les coauteurs après la rétractation?

### **1.2.2. Impact scientifique**

Les indicateurs utilisés pour mesurer l'impact scientifique des chercheurs sont 1) le nombre de citations faites à leurs publications et 2) le facteur d'impact des revues dans lesquels les chercheurs publient. Ainsi, nous posons les trois sous-questions suivantes :

1.2.2.1. Quel est l'impact des rétractations sur le nombre de citations reçues par les articles publiés par les coauteurs après la rétractation?

1.2.2.2. Quel est l'impact des rétractations sur le nombre de publications figurant parmi les 5 % les plus citées dans leur domaine?

1.2.2.3. Quel est l'impact des rétractations sur la capacité des coauteurs à publier dans des revues dont le facteur d'impact est parmi les 5 % les plus élevés du domaine?

### **1.2.3. Collaboration**

1.2.3.1. Quel est l'effet des rétractations sur le nombre de coauteurs des articles publiés par les coauteurs après la rétractation?

1.2.3.2. Quel est l'effet des rétractations sur l'étendue du réseau de collaboration (nombre de coauteurs distincts) des coauteurs?

1.2.3.3. Quel est l'effet des rétractations sur les pratiques de collaboration interinstitutionnelle et internationale des coauteurs?

## Chapitre 2. Revue de la littérature

Ce chapitre présente un survol des recherches antérieures sur les différents thèmes qui sont liés à nos questions de recherche. La première partie porte sur la fraude scientifique et en explore, entre autres, les différents types, les causes et les conséquences. Nous nous penchons ensuite sur la rétractation des articles comme moyen de purger la littérature scientifique des articles frauduleux et erronés. Ensuite, l'objet de notre étude étant principalement les collaborateurs, dans la dernière partie de ce chapitre nous effectuons la revue de la littérature sur la collaboration en science ainsi que sur la signature scientifique et les pratiques d'attribution du statut d'auteur. Finalement, puisqu'il s'agit d'une étude bibliométrique, la troisième partie porte sur les méthodes, leurs applications et leurs limites.

### 2.1. La fraude scientifique

La fraude scientifique est un sujet discuté depuis longtemps dans la littérature scientifique. Un des premiers écrits sur le sujet est celui de Charles Babbage (1830) qui en décrit quatre types : *trimming*, *cooking*, *hoaxing* et *forging*. Ce n'est cependant que plus d'un siècle plus tard que le sujet connût un regain de popularité, avec Robert K. Merton qui écrit sur la fraude scientifique en 1942 et en 1957. Selon Merton (1942), la science est une des activités sociales où la fraude est particulièrement peu fréquente, ce qui serait dû non pas au fait que les chercheurs sont des gens plus honnêtes que les autres, mais plutôt à la structure et au fonctionnement de la science. Ensuite, des cas de fraude majeurs (notamment celui de John Darsee à Harvard, qui s'est fait prendre en train de fabriquer des données et dont 52 articles ont subséquemment été rétractés) déclenchèrent de nombreuses discussions dans les revues

savantes et les médias. Plusieurs ouvrages ont également été écrits sur le sujet. À partir de ces écrits, nous dressons ici un portrait de la fraude scientifique. Après avoir défini la fraude scientifique, nous présentons plus en détail les types de fraude, ses causes, ses conséquences, les mécanismes de détection de la fraude scientifique et, finalement, la prévalence de la fraude en science.

### 2.1.1. Définition

La définition même de ce qu'est la fraude scientifique a suscité maintes discussions et de nombreux débats au sein de la communauté scientifique depuis le début des années 80. Il s'en dégage un consensus et un cadre de référence séparant les pratiques des chercheurs en trois catégories réparties le long d'un continuum (fig. 1) : les pratiques responsables, les pratiques douteuses, et l'inconduite délibérée (Steneck 2006).

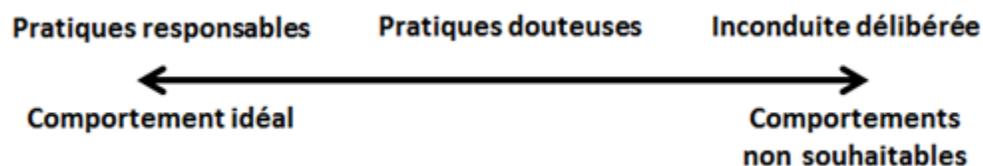


Figure 1. Cadre de référence pour définir la fraude scientifique (Steneck 2006, 54).

L'une des difficultés est de tracer une frontière claire entre les pratiques douteuses et l'inconduite délibérée (Judson 2004). En effet, Chop et Silva (1991) notent que, pour certains auteurs, la fraude peut être intentionnelle ou non, alors que pour d'autres, la fraude est toujours intentionnelle, et se distingue de l'erreur (p. ex. LaFollette 1992). Une des difficultés est que le caractère intentionnel d'une fausse déclaration est difficile à évaluer, puisque seul le chercheur connaît ses réelles intentions (Weinstein 1981a). La fraude scientifique se situe donc à

l'extrémité droite du continuum. Il existe différents moyens par lesquels un chercheur mal intentionné peut tromper la communauté scientifique. Tel que mentionné plus tôt, Charles Babbage (1830) en a décrit quatre : le *forging*, le *cooking*, le *trimming* et le *hoaxing*. Aujourd'hui, les phénomènes décrits par Babbage sont regroupés sous deux appellations : la falsification de données et la fabrication de données. De plus, le plagiat a depuis été ajouté à la liste des actes généralement, voire unanimement, reconnus comme des actes de fraude (Merton 1973; Judson 2004; Steneck 2006). Ainsi, aux États-Unis, une décision du Public Health Service (1989) donne la définition suivante de la fraude scientifique :

[...] fabrication, falsification, plagiarism or other practices that seriously deviate from those that are commonly accepted within the scientific community for proposing, conducting, or reporting research. It does not include honest error or honest differences in interpretation or judgments of data. (Public Health Service 1989)

La clause « *or other practices that seriously deviate from those that are commonly accepted within the scientific community for proposing, conducting or reporting reeseach* » fut par la suite fortement critiquée pour son imprécision et son incapacité à réduire les divergences d'opinions sur ce qui constitue ou non une fraude, si bien que cette clause fut par la suite abandonnée (Judson 2004). Donc, aujourd'hui la fraude scientifique est généralement reconnue comme tout acte intentionnel de fabrication de données, de falsification de données ou de plagiat. Bien qu'il existe encore des différences entre les définitions de la fraude scientifique de certaines institutions à travers le monde (Creutzberg 2009), la définition du PHS fait autorité et c'est celle que nous utilisons dans le cadre de cette recherche.

## **2.1.2. Types de fraude**

Dans cette section nous décrivons plus en détail les trois principaux types de fraudes : la fabrication de données, la falsification de données, et le plagiat.

### **2.1.2.1. La fabrication de données**

La fabrication de données est probablement le plus grave des types de fraudes scientifiques (Inciardi 1981 dans Larivée et Baruffaldi 1993; Babbage 1830; Merton 1973). Il s'agit de cas où le fraudeur invente des données de toutes pièces sans avoir réalisé les expérimentations prétendues. Il peut s'agir de l'ensemble des données rapportées par le chercheur ou seulement une partie. La fabrication de données peut aussi prendre d'autres formes. Par exemple, un chercheur qui effectue une réelle expérimentation peut gonfler le nombre de sujets étudiés ou de cas observés afin de rendre ses résultats plus crédibles.

Un exemple récent et largement médiatisé de fabrication est celui de Diederik Stapel, chercheur en psychologie sociale à l'université de Tilburg aux Pays-Bas. Avant d'être trouvé coupable de fraude scientifique, Stapel était un chercheur étoile dans son domaine, ayant, entre autres, fondé le Tilburg Institute for Behavioral Economics Research en 2007, obtenu le Career Trajectory Award de la Society of Experimental Social Psychology en 2009, et été nommé recteur de sa faculté en 2010. Or, en 2011, après que quelques-uns des étudiants sous sa supervision aient exprimé leur inquiétude par rapport à la validité de certaines de ses données, une enquête permit de découvrir que pendant plus d'une décennie, Stapel avait inventé les données de la plupart de ses recherches. Aujourd'hui, ce sont plus de 50 articles signés par Stapel et publiés dans les plus importantes revues du domaine qui ont été identifiés comme frauduleux et subséquemment rétractés de la littérature scientifique.

Un autre cas bien connu, cette fois en physique, est celui de Hendrik Schön, qui a fraudé pendant plus de quatre ans (de 1997 à 2002) alors qu'il occupait le poste de postdoctorant aux Bell Laboratories. Il a entre autres su faire croire à la communauté scientifique qu'il avait découvert un moyen de fabriquer des superconducteurs en plastique qui allaient révolutionner le monde des nanotechnologies. Schön a publié de nombreux articles, dont plusieurs dans de grandes revues comme *Science* et *Nature* et plusieurs ont tenté en vain de reproduire les résultats de ses recherches. Quelques chercheurs ont commencé à mettre en doute les résultats de Schön, mais ce n'est que lorsqu'on remarquât que Schön avait utilisé la même figure dans deux articles différents que la fraude fut découverte et que les soupçons s'avérèrent fondés (Reich 2009).

#### **2.1.2.2. La falsification de données**

Babbage (1830) présente deux types de falsification. Le premier est le *cooking*, qui consiste à sélectionner parmi les données disponibles seulement celles qui permettront d'arriver à la conclusion voulue. Le deuxième est le *trimming*, qui consiste à éliminer de l'ensemble des données celles qui s'éloignent le plus de la moyenne afin de réduire l'écart-type, donnant ainsi une fausse impression de précision des observations ou d'homogénéité des données. Larivée et Baruffaldi (1993) ajoutent à ces deux exemples la manipulation des statistiques et l'utilisation abusive ou non appropriée des tests statistiques, l'arrondissement des résultats et l'altération du matériel ou des procédés d'expérimentation. La falsification se distingue ainsi de la fabrication en ce que le chercheur qui en est coupable manipule des données valides issues de réelles observations ou expérimentations (et non issues de son imagination).

Isaac Newton lui-même, l'un des plus importants chercheurs de l'histoire, aurait faussé les données décrites dans son œuvre maîtresse *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. Il aurait amélioré la précision de certaines mesures, en l'occurrence ses calculs sur l'accélération de la gravité, la vitesse du son et la précession des équinoxes (Westfall 1973), afin de rendre sa théorie plus convaincante et de la faire accepter par la communauté scientifique de l'époque (Broad et Wade 1982).

### **2.1.2.3. Le plagiat**

Le plagiat, qui serait le type de fraude scientifique le plus fréquent (Merton 1957), est défini par le Public Health Service aux États-Unis de la façon suivante :

Plagiarism is the appropriation of another person's ideas, processes, results, or words without giving appropriate credit, including those obtained through confidential review of others' research proposals and manuscripts (Public Health Service 1999).

Larivée et Baruffaldi (1993) décrivent plusieurs types de plagiat qui font partie de ce qu'ils appellent le détournement de données : le plagiat intentionnel, la paraphrase abusive, le plagiat inconscient et l'autoplégat. Le plagiat intentionnel est le plagiat « traditionnel », c'est-à-dire l'utilisation du texte d'autrui sans en citer la source; il peut s'agir d'une partie de texte ou encore d'un texte entier (Larivée et Baruffaldi 1993). La paraphrase est une pratique tout à fait acceptable, mais elle devient abusive et s'apparente au plagiat intentionnel lorsque les mots ont été changés afin de donner l'illusion qu'il s'agit d'un nouveau texte (Larivée et Baruffaldi 1993). Les mauvaises intentions de l'auteur sont d'autant plus claires lorsqu'il ne cite pas les sources dans le texte et dans la bibliographie (Kochen 1987). Ainsi, le plagiat intentionnel et la paraphrase abusive, particulièrement sans référence, sont des actes de fraude, alors que le plagiat inconscient ne l'est pas puisqu'il n'est pas intentionnel (Larivée et

Baruffaldi 1993). Il importe également de prendre en considération que les normes diffèrent d'une discipline à l'autre en ce qui concerne le plagiat; ce qui est considéré comme du plagiat dans une discipline pourrait être tout à fait acceptable dans une autre (Loui 2002). De plus, omettre de citer la source d'un fait ou d'une théorie qui est de notoriété publique n'est pas un acte de plagiat (Loui 2002).

Pour ce qui est de l'autoplagiat, qui consiste en la réutilisation de texte que l'on a soi-même écrit, il est plus difficile de déterminer s'il s'agit ou non d'une fraude, car la réutilisation de certaines parties de textes peut parfois être acceptable, voire préférable (p. ex., la description d'une méthodologie très technique et complexe) à condition que la source soit dûment citée (Bird et Sivilotti 2008). L'existence même de l'autoplagiat (et par le fait même de son statut de fraude) ne fait elle-même pas consensus dans la communauté scientifique, certains arguant l'impossibilité de « voler » ses propres idées, textes, et que l'utilisation des mêmes résultats dans des articles destinés à différentes communautés est non seulement acceptable, mais souhaitable (Bird 2002). L'aspect problématique vient du fait qu'on utilise le nombre de publications pour évaluer les chercheurs et que celui-ci peut-être gonflé par des pratiques d'autoplagiat.

Un cas célèbre de plagiat en médecine est celui d'Elias Alsabti. En plus de faire croire qu'il venait d'une famille royale jordanienne et qu'il détenait un doctorat, il réussit à plagier plusieurs centaines d'articles. Il dénichait ces articles dans des revues obscures, remplaçait le nom de l'auteur par le sien (et parfois celui de coauteurs fictifs), puis soumettait le « nouvel » article à une autre revue tout aussi obscure. Se construisant ainsi un dossier de publications impressionnant, il obtint des postes de chercheur dans plusieurs universités et hôpitaux aux États-Unis. Même si la fraude d'Alsabti était connue par plusieurs dans les institutions où il a

travaillé durant son parcours, il fallut trois ans avant qu'elle soit rendue publique (Broad et Wade 1982; Judson 2004).

### **2.1.3. Causes de la fraude scientifique**

Qu'est-ce qui peut mener un chercheur à tromper ainsi la communauté scientifique et l'ensemble de la société, mettant en péril sa réputation et sa carrière, et potentiellement la santé et le bien-être d'individus? Plusieurs facteurs sont évoqués dans la littérature scientifique, et on peut les regrouper en deux catégories : ceux liés à l'individu, et ceux liés à la structure de la science (Bechtel 1985).

#### **2.1.3.1. Des chercheurs malhonnêtes**

Lorsqu'un fraudeur se fait prendre, la communauté s'empresse de jeter le blâme sur l'individu lui-même (Broad et Wade 1982; Bechtel 1985). Bref, il s'agit d'une faille au niveau de l'individu et non pas au niveau de la structure et des mécanismes de la science elle-même (Broad et Wade 1982). Le fraudeur est certainement responsable de son geste, et cette responsabilité ne saurait lui être enlevée. Jeter le blâme de la fraude strictement sur l'individu a l'avantage de maintenir le statu quo, tout en « évitant toutes critiques qui pourraient être adressées au contexte dans lequel la fraude se produit (c.-à-d. la structure de la science moderne) » [notre trad.] (Bechtel 1985, 243). Cette vision est fortement critiquée dans la littérature sur les causes de la fraude scientifique, et l'idée voulant que la fraude soit davantage un effet pervers du contexte dans lequel œuvrent les scientifiques d'aujourd'hui est davantage mise de l'avant que celle du chercheur « dérangé » (Bechtel 1985, 243).

### **2.1.3.2. La fraude causée par le contexte actuel de la science**

Bon nombre de chercheurs sont donc d'avis que la fraude est un phénomène endémique en science et que c'est la structure et le fonctionnement de la science qui est en cause (Weinstein 1979). Selon eux, la spécialisation de l'entreprise scientifique rend difficile ou inefficace la mise en pratique des normes scientifiques mertonniennes comme l'universalisme, le communalisme et le scepticisme organisé (Merton 1973). En effet, les chercheurs peuvent de moins en moins scruter les travaux de leurs collègues et doivent simplement avoir confiance et croire en la validité des données et la rigueur du travail effectué (Weinstein 1979). Similairement, la révision par les pairs est généralement très superficielle et fortement basée sur la confiance, puisque les réviseurs ne peuvent pas vérifier la validité des données. De plus, la compétition entre les chercheurs les empêche souvent, malgré les initiatives d'échange de données, de partager ces dernières avec la communauté.

Aujourd'hui, la science moderne n'est plus un passe-temps, mais une carrière (Broad et Wade 1982; Majerus 1982) où la quête de la vérité, bien qu'encore l'objectif des chercheurs, est de plus en plus concurrencée par la quête du capital symbolique, des fonds de recherches, des promotions (Broad et Wade 1982) et même de la célébrité (Majerus 1982). Il se serait ainsi instauré un climat de forte compétitivité entre les chercheurs pour s'accaparer les ressources (les postes et le financement) qui sont, elles, de plus en plus limitées. Au Canada, par exemple, il y a autant d'étudiants au doctorat que de professeurs à temps plein (Association of Universities and Colleges of Canada 2007). En plus de cette compétition, les grandes attentes de la communauté scientifique, les employeurs et la société en général exercent sur les chercheurs une pression additionnelle importante quant aux résultats des recherches (Tharyan 2012). Ainsi, la déviance par rapport aux normes (dans ce cas-ci les

normes scientifiques) serait un « symptôme de la dissociation entre les aspirations prescrites par la culture et les moyens fournis par la société pour réaliser ces aspirations » [notre trad.] (Merton 1968, 188) et dans un tel contexte, les gains pouvant être obtenus par la tricherie sont vraisemblablement plus grands que la probabilité de se faire prendre et d'en subir les conséquences (Broad et Wade 1982; Fenning 2004).

Finalement, et surtout dans les cas de fraudes commises par des étudiants, un facteur lié au contexte scientifique serait l'absence de supervision ou la mauvaise supervision (Majerus 1982). L'absence de supervision fait que les chercheurs sont, par exemple, laissés à eux-mêmes et ne sont plus exposés à la rigueur et au scepticisme, tandis que le mauvais superviseur peut, par exemple, mettre de la pression sur ses subordonnées afin qu'ils fournissent des résultats positifs (Majerus 1982).

#### **2.1.4. Conséquences de la fraude scientifique**

Les conséquences de la fraude scientifique sont nombreuses et sont subies par tous, des fraudeurs eux-mêmes jusqu'au public, en passant par les collaborateurs, les institutions et l'ensemble de la communauté scientifique. Cette section décrit plus en détail la nature de ces conséquences.

##### **2.1.4.1. Conséquences pour les fraudeurs**

Il importe que les chercheurs coupables de fraude subissent les conséquences de leurs actes (Wells et Farthing 2008). Le fraudeur subit essentiellement deux types de conséquences : informelles et formelles. Les conséquences informelles sont la perte de réputation du chercheur (Larivée et Baruffaldi 1993) et la remise en doute de l'ensemble de ses travaux par

la communauté scientifique (Culliton 1974). Les conséquences formelles varient selon le cas et peuvent être l'interdiction d'obtenir du financement pour un certain nombre d'années, la suspension, le congédiement, la détention à domicile, le service communautaire, l'amende et la prison (Couzin 2006; Karcz et Papadakos 2011; Tilden 2010). Selon Karcz et Papadakos (2011) et Couzin (2006), les méthodes utilisées pour traiter les cas de fraude, bien qu'imparfaites, sont adéquatement sévères, et les coupables sont généralement exclus de la communauté scientifique.

#### **2.1.4.2. Conséquences pour les collaborateurs**

La fraude scientifique peut également avoir des conséquences pour l'entourage immédiat du fraudeur; les coauteurs de l'article frauduleux se retrouvent dans une position particulièrement vulnérable (Larivée et Baruffaldi 1993; Bonetta 2006; Woolf 1981; Dong 1991). D'abord, selon l'ampleur de leur collaboration avec le fraudeur, ils peuvent voir une portion plus ou moins grande de leurs travaux invalidés et rétractés de la littérature. De plus, leur réputation peut également être entachée par leur association avec le fraudeur.

Dans le contexte où la science est devenue une entreprise de plus en plus collaborative, axée sur le travail d'équipe (Wuchty, Jones, et Uzzi 2007), un nombre grandissant de coauteurs peut être affecté par la fraude d'un collègue. Or, il est pris pour acquis que de telles conséquences sont effectivement subies par les collaborateurs (Bonetta 2006), mais aucune recherche n'en a fait la démonstration empirique.

#### **2.1.4.3. Conséquences pour les institutions**

Les cas de fraude scientifique peuvent avoir de lourdes conséquences pour les institutions en cause. D'abord, la réputation et le prestige de l'institution peuvent en être

grandement affectés (Weinstein 1979). Cela pourrait avoir ensuite un impact sur le nombre de publications et de subventions et donc, ultimement, sur le classement de l'institution (ou à une plus petite échelle, du département) par rapport à ses compétiteurs (Karcz et Papadakos 2011). De plus, les enquêtes pour fraude demandent beaucoup de temps et d'efforts de la part de l'ensemble des membres du département et de l'administration (Karcz et Papadakos 2011).

#### **2.1.4.4. Conséquences pour la science et la communauté scientifique**

La science est, en général, cumulative, les chercheurs se basant sur les recherches de leurs collègues et prédécesseurs pour mener leurs propres recherches. Dans ce contexte, la publication de faux résultats peut mener à des pertes considérables de temps, d'argent et d'efforts pour un grand nombre de chercheurs, sans compter le gaspillage issu de la recherche frauduleuse elle-même, puisque même les recherches frauduleuses mobilisent les ressources de plusieurs chercheurs (Broad 1981).

Puisque les chercheurs s'appuient sur les résultats de travaux antérieurs, l'efficacité de l'aspect cumulatif de la science peut également être affectée par la fraude scientifique. En effet, selon Chubin (1985) et Weinstein (1981b), la fraude peut réduire la confiance mutuelle entre les chercheurs, freinant potentiellement l'avancement des connaissances en réduisant le partage et l'utilisation de l'information, ou en poussant les chercheurs à reproduire systématiquement les expérimentations. Ces effets de la fraude peuvent être particulièrement importants pour l'ensemble des chercheurs d'une discipline particulière (Majerus 1982; Larivée et Baruffaldi 1993; Weinstein 1979; Woolf 1981). En effet, selon Azoulay et al. (2012) il y aurait une diminution à la fois des fonds de recherches octroyés aux chercheurs d'une discipline où une fraude a été découverte, des nouveaux chercheurs y faisant leur entrée,

et des citations reçues par les articles traitant de sujets semblables à ceux des articles frauduleux.

Le financement de la recherche provient en grande partie des fonds publics. Il est donc important que la science soit perçue comme un « bon investissement » par les gouvernements, les organismes de financement et le public (Kilbourne et Kilbourne 1983). Or, les cas de fraudes scientifiques les plus spectaculaires ont généralement une couverture médiatique considérable ce qui peut nuire à la crédibilité et à la légitimité de la science et des scientifiques aux yeux de ceux dont ils dépendent (Larivée et Baruffaldi 1993; Weinstein 1979; Braunwald 1987; Ben-Yehuda 1986; Majerus 1982).

#### **2.1.4.5. Conséquences pour le public et la société**

La biologie et la médecine sont des disciplines où la fraude scientifique risque d'affecter le plus directement le bien-être du public (Broad et Wade 1982). En effet, dans la mesure où les praticiens peuvent utiliser des traitements et prescrire des médicaments dont l'efficacité et la « sécurité » ont été démontrées par des travaux frauduleux, ces derniers peuvent avoir des conséquences graves pour les individus (Ben-Yehuda 1986; Steen 2011a; Karcz et Papadacos 2011). Par exemple, les recherches frauduleuses menées par l'Allemand Joachim Boldt (dont plus de 80 articles ont à ce jour été rétractés) ont conduit à l'adoption d'un substitut de sang utilisé pendant plusieurs années dans les hôpitaux. Or, on a récemment découvert que ce produit pouvait être nuisible pour la santé des individus (Gravel 2013). Un autre exemple est celui du Vioxx. Afin de faire la promotion de ses produits et d'en dissimuler les dangers, Merck avait créé de toutes pièces une revue (*The Australian Journal of Bone and*

*Joint Medicine*) pour y publier des résultats de recherches financées par la compagnie et, bien sûr, favorables à ses produits.

Au-delà du domaine biomédical, la fraude scientifique peut aussi avoir des conséquences sur l'ensemble de la société (Dorfman 1978; Broad et Wade 1982; Weinstein 1979; Weinstein 1981a). Un bon exemple est le cas de Cyril Burt, dont les faux résultats démontrant l'hérédité de l'intelligence ont mené à empêcher l'accès à l'école pour des générations entières de Britanniques (Kilbourne et Kilbourne 1983 dans Larivée et Baruffaldi 1993). Plus récemment, en avril 2013, la scène politique et économique internationale a été ébranlée par une erreur dans un rapport du FMI menant à la fausse conclusion qu'une dette publique de plus de 90 % du PIB conduisait inévitablement à une décroissance économique, particulièrement en Europe. Ce rapport a été cité par certaines autorités publiques (notamment au Royaume-Uni) pour «justifier l'adoption de politique d'austérité ayant potentiellement mené à des émeutes, à la pauvreté et à la perte de nombreux emplois » [notre trad.] (Arthur et Inman 2013). Même s'il s'agit ici d'un cas d'erreur et non de fraude, cet exemple témoigne néanmoins de l'impact énorme que la publication de fausses informations scientifiques peut avoir sur la société en général.

### **2.1.5. Mécanismes de détection des erreurs et des fraudes**

Étant donné les conséquences nombreuses et importantes de la fraude scientifique, il importe que la communauté scientifique soit en mesure de la détecter. Il est pris pour acquis que la science s'autocorrige et possède des mécanismes qui feront en sorte que tôt ou tard, les erreurs (et les fraudes) seront découvertes. Or, les nombreux cas de fraude et la croyance selon laquelle les cas découverts ne sont que la pointe de l'iceberg soulèvent des questionnements

quant à l'efficacité de ces mécanismes. Dans cette section, nous présentons les mécanismes de détection des erreurs et des fraudes. Nous en exposons également les limites à l'aide d'exemples de cas où ils se sont avérés inefficaces.

#### **2.1.5.1. L'évaluation par les pairs**

L'évaluation par les pairs, mécanisme faisant en sorte que les travaux des chercheurs sont évalués par plusieurs experts avant d'être publiés, est l'un des moyens par lesquels la science s'autoévalue. En théorie, un tel mécanisme garantit que seules les recherches pertinentes, fiables et rigoureuses alimenteront la vaste littérature scientifique, et que les fraudes et les erreurs seront détectées avant d'être publiées.

Cependant, dans les faits, la révision par les pairs n'est pas si efficace pour détecter les erreurs et les fraudes. D'abord, on observe en science l'effet Matthieu, qui fait en sorte que des chercheurs qui sont reconnus comme faisant partie de l'élite ne seront pas jugés aussi sévèrement que d'autres chercheurs peu ou pas connus (Merton 1968). Il est ainsi possible qu'un chercheur, par son simple statut d'élite, son affiliation à une organisation prestigieuse, ou simplement parce qu'il travaille sous la supervision d'un chercheur reconnu, arrive à publier des données fabriquées ou falsifiées puisque les réviseurs n'osent pas remettre en doute leur validité. Le cas de John Long en est un bon exemple. De 1970 jusqu'au début des années 80, il publia les résultats de ses travaux sur des cellules de tumeurs issues de la maladie de Hodgkin qu'il arriva soi-disant à cultiver dans une éprouvette. Puisqu'il travaillait au prestigieux Massachusetts General Hospital sous la supervision de Paul Zamecnik, chercheur bien connu et membre de la National Academy of Sciences, « le système de révision par les

pairs a pris pour acquis certains aspects de son travail » [notre trad.] (Broad et Wade 1982, 94).

Dans le passé, le système de révision par les pairs était très inefficace pour détecter le plagiat (Broad et Wade 1982) ce qui permettait à certains individus mal intentionnés et connaissant le système de profiter de ses failles. Même si aujourd'hui il est beaucoup plus facile de détecter les cas de plagiat au moyen de méthodes de détection rendues possibles par internet et la recherche en texte intégral, les cas de plagiat sont encore aujourd'hui relativement fréquents (Grieneisen et Zhang 2012, 10). Cela est peut-être dû au fait que la technologie facilite aussi le plagiat, et non seulement sa détection.

#### **2.1.5.2. La reproduction des recherches**

La reproduction des expérimentations par d'autres chercheurs est le mécanisme le plus efficace de validation des découvertes et de détection des erreurs et des fraudes. Elle présuppose que le chercheur publie non seulement les résultats de ses recherches, mais également la méthode (la « recette ») utilisée. Ce partage de la méthode se rattache à la norme de communalisme de Merton décrite plus tôt. Dans la pratique, la reproduction d'expérimentations est relativement rare. Cela s'explique notamment par le fait que, dans les faits, la « recette » exacte n'est généralement pas fournie avec les résultats (Broad et Wade 1982). De plus, on peut rarement publier les reproductions (norme d'originalité de Merton), et il y a donc un manque de ressources et d'incitatifs pour ce type de recherche (Broad et Wade 1982). Les recherches vont plutôt être validées indirectement par d'autres chercheurs qui s'appuieront sur les résultats de leurs collègues pour mener leurs propres recherches. De plus,

les recherches qui seront directement reproduites ne le seront pas afin de vérifier les résultats, mais plutôt afin de tenter de les améliorer (Broad et Wade 1982).

### **2.1.6. Prévalence des fraudes et des erreurs scientifiques**

Nous avons décrit les différents types de fraudes scientifiques et exposé quelques-unes de leurs causes et de leurs conséquences. Nous avons également présenté brièvement la façon dont les cas de fraudes sont découverts et pris en charge par les différents acteurs de la communauté scientifique ainsi que par les autorités légales et gouvernementales. Une autre question demeure : quelle est la prévalence de la fraude scientifique? Cette question acquiert une importance particulière dans le présent contexte, puisque la science est reconnue comme étant autocontrôlée et qu'en principe la déviance à ses normes devrait y être rare (Bechtel 1985). Malheureusement, il s'agit d'une question à laquelle il est impossible de répondre. En effet, la fraude est par nature une chose que son auteur cherche à cacher, espérant qu'elle ne sera jamais découverte. Un moyen ayant été envisagé par plusieurs chercheurs pour estimer la prévalence de la fraude scientifique est le sondage auprès des membres de la communauté scientifique. Évidemment, les résultats obtenus au moyen de cette méthode sont une sous-estimation de la prévalence de la fraude scientifique puisque les chercheurs ne sont sans doute pas très enclins à avouer une telle chose. Néanmoins, dans une méta-analyse de tels sondages, Fanelli (2009) rapporte que 2 % des répondants admettent avoir déjà faussé des données eux-mêmes, alors que 14 % affirment connaître au moins un collègue qui l'aurait fait. Malgré tout, de nombreux chercheurs sont toujours d'avis que la fraude est un phénomène rare et isolé dans la communauté scientifique (Koshland 1987).

Il demeure donc hasardeux de tenter d'estimer la prévalence de la fraude scientifique en général. En fait, seuls les cas découverts peuvent être recensés et donner une réponse (excessivement partielle) à cette question. Or, la communauté scientifique s'est dotée d'un mécanisme de rétractation de publication permettant d'identifier les articles frauduleux lorsqu'ils sont découverts. Cela permet, notamment, d'éviter que ces articles soient utilisés par d'autres chercheurs. Le recensement des articles rétractés rend ainsi possible l'estimation de la prévalence des cas de fraudes, mais seulement à condition que les cas en questions remplissent quatre conditions :

1. La recherche frauduleuse a été publiée.
2. La fraude a été détectée après la publication.
3. L'article frauduleux a été rétracté par la revue.
4. Un avis de rétractation a été diffusé et est facilement repérable et, idéalement, l'article lui-même a été identifié comme rétracté dans les bases de données.

Ainsi, les rétractations ne fournissent également qu'une sous-estimation de la prévalence de la fraude scientifique puisqu'évidemment, tous les cas de fraudes scientifiques ou d'erreurs ne rempliront pas ces quatre conditions.

Nous discuterons de la prévalence des rétractations dans la section suivante après en avoir expliqué en détail le fonctionnement du système, ses objectifs et ses limites.

## **2.2. Les rétractations**

Comme nous l'avons expliqué plus tôt, le processus de révision par les pairs n'est pas toujours efficace pour détecter les erreurs et les fraudes (Smith 2003). Ce n'est qu'une fois

publié qu'un article sera soumis à sa réelle évaluation (celle de l'ensemble de la communauté scientifique) et que les fraudes et les erreurs seront potentiellement découvertes et les articles rétractés, idéalement.

Dans cette section, nous discutons des objectifs du système de rétractation, de son fonctionnement et des facteurs limitant son efficacité. Nous terminons en présentant quelques chiffres relatifs à la prévalence des rétractations dans le domaine biomédical.

### **2.2.1. Objectifs**

Le système de rétractation, instauré au XVI<sup>e</sup> siècle (Biagioli 2000), est un mécanisme de « purification » de la littérature scientifique. Le mécanisme s'est évidemment transformé avec le temps et avec l'évolution des modes de diffusion de la littérature scientifique. Il s'agit d'un processus formel faisant en sorte que l'article en question sera identifié dans les diverses bases de données comme étant rétracté et que par conséquent, il devrait être ignoré. Un avis de rétractation est également publié dans la revue.

Ce système est utilisé par les éditeurs pour répondre à deux impératifs qui sont essentiels pour la communauté scientifique et pour l'efficacité de la science (Garfield 1989). Premièrement, les éditeurs doivent avertir la communauté scientifique que l'article doit dorénavant être ignoré (Sox et Rennie 2006; Smith 2003). Deuxièmement, ils doivent prévenir la propagation d'informations invalides en veillant à ce que l'article rétracté ne soit plus cité par les chercheurs (citations).

## **2.2.2. Limites du système de rétractation**

Plusieurs facteurs font en sorte ou démontrent que le système de rétractation ne fonctionne pas de façon optimale : le traitement différent des rétractations d'une revue à l'autre; la non-diffusion de l'information; la diversité des raisons pour lesquelles les articles sont rétractés; les longs délais de rétractation; les références faites à des articles rétractés.

### **2.2.2.1. Non-uniformité des pratiques**

Les rétractations sont supposées être bénéfiques pour l'ensemble la communauté scientifique et la population en général, mais Collier (2011) affirme que, en réalité, ces effets bénéfiques sont inexistantes parce que le système de rétractation est mal utilisé par les revues. En effet, c'est aux éditeurs que revient la décision de rétracter ou non un article, et certains ne sont pas enclins à publier de tels documents, craignant que cela endommage la réputation de la revue. Beaucoup de revues n'ont pas de politiques claires concernant les rétractations (Atlas 2004) et, lorsqu'elles existent, ces politiques varient grandement d'une revue à l'autre, ce qui cause de nombreuses irrégularités au niveau des rétractations, notamment au niveau des informations diffusées dans les avis de rétractation et des raisons pour lesquelles les articles sont rétractés. Par exemple, de nombreux avis de rétractation ne fournissent aucune information sur la ou les raisons de la rétractation (Collier 2011). La non-diffusion de ces informations importantes a mené à l'apparition de sites web comme Retraction Watch, un blogue voué à la diffusion d'information concernant les rétractations et visant à lister en un seul endroit l'ensemble des rétractations ainsi qu'à documenter leur cause.

#### **2.2.2.2. Multiplicité des causes de rétractation**

Un autre problème est que dans la réalité, tous les articles rétractés tombent dans la même catégorie, malgré la variété des raisons (Collier 2011). Plusieurs sont d'avis que le terme rétractation devrait être réservé uniquement au cas de fraude (Sox et Rennie 2006; Smith 2003), mais cette idée n'est pas partagée par tous les éditeurs et, dans les faits, les revues rétractent des articles pour plusieurs raisons (Nath, Marcus et Druss 2006; Azoulay et al. 2012; Steen 2011c; Grieneisen et Zhang 2012). En consultant 742 articles rétractés entre 2000 et 2010, Steen (2011b) a identifié sept raisons pour lesquelles il arrive qu'un article soit rétracté. De leur côté, Azoulay et al. (2012) et Grieneisen et Zhang (2012), classent les rétractations selon neuf catégories. Ainsi, un examen plus approfondi des rétractations est de mise pour distinguer les fraudes, les erreurs et les autres raisons pour lesquelles certains articles sont rétractés. Les différentes catégories de rétractations utilisées pour le classement de celles-ci dans le cadre de la présente recherche sont présentées dans le chapitre 3 (Méthodologie).

#### **2.2.2.3. Délais de rétractation**

La rétractation rapide des articles frauduleux ou gravement erronés est une nécessité pour le bon fonctionnement de la science (Garfield 1989). En effet, ces articles « polluent » la littérature scientifique et cette pollution peut continuer à se propager tant et aussi longtemps que la communauté n'est pas avisée de leur invalidité. Or, les rétractations dans les cas de fraude sont plus lentes que dans les cas d'erreurs. En effet, selon l'analyse de Nath, Marcus et Druss (2006) le délai moyen pour la rétractation est de 2 ans pour les erreurs et de 3,3 ans pour les fraudes. Cela peut s'expliquer par le fait qu'une enquête est généralement requise pour

vérifier les allégations de fraude, ce qui n'est pas le cas pour les erreurs, qui sont généralement admises par les auteurs (Pozzi et David 2007; Rhoades 2004). Selon Pozzi et David (2007), entre 1994 et 2003, le temps moyen des enquêtes menées par l'Office of Research Integrity (ORI) aux États-Unis était d'environ huit mois.

Steen (2011b) observe une augmentation continue des délais de rétractation au cours des dernières années. Cela serait dû en partie au fait que les revues retournent de plus en plus loin dans le temps pour rétracter des articles. Inversement, Furman, Jensen, et Murray (2012), Redman, Yarandi et Merz (2008), ainsi que Pozzi et David (2007) ont de leur côté observé une tendance contraire, c'est-à-dire une diminution des délais de rétractation (en fonction de l'année de publication) au cours des dernières années.

#### **2.2.2.4. Utilisation continue des articles rétractés**

Comme l'ont montré Furman, Jensen et Murray (2012), la rétractation des articles cause une diminution du nombre de citations qu'ils reçoivent. Le système de rétractation ne parvient toutefois pas à prévenir complètement l'utilisation des articles rétractés par les chercheurs (Collier 2011), ce qui constitue un autre problème. En effet, plusieurs travaux ont montré que les articles continuent à accumuler des citations après leur rétractation. Par exemple, Pfeifer et Snodgrass (1990) ont recensé 733 citations dans les neuf années suivant la rétractation de 82 articles publiés entre 1973 et 1987 et rétractés entre 1977 et 1988. Seuls les articles citant le contenu comme étant valide sont pris en compte. Budd et Siviert (1999) ont

obtenu des résultats similaires et notent, de surcroît, que plus de 90 % des citations faites aux articles rétractés sont explicitement ou implicitement positives<sup>1</sup>.

On pourrait s'imaginer que les technologies de l'information et les pratiques de rétractation des revues actuelles facilitent la mise en garde de la communauté scientifique et réduisent ainsi les citations des articles rétractés. Or, Redman, Yarandi et Merz (2008) ont démontré que ce n'est pas le cas. Ils ont également observé un nombre élevé de citations post-rétractation pour 315 articles publiés entre 1995 et 2004 et rétractés dans PubMed, ce qui ne laisse entrevoir aucune amélioration à ce niveau par rapport aux études menées par le passé. Cela démontre que le système de rétractation n'est pas entièrement efficace pour atteindre son deuxième objectif : réduire l'utilisation de recherches invalides par la communauté scientifique.

### **2.2.3. Rétractations dans la littérature biomédicale**

Les sections suivantes présentent les résultats de recherches antérieures concernant la prévalence des rétractations dans le domaine biomédical ainsi que les causes de ces rétractations.

#### **2.2.3.1. Prévalence**

Les quelques travaux ayant recensé les rétractations dans la littérature biomédicale s'entendent sur un point : le nombre annuel de rétractations dans la littérature biomédicale n'a cessé de croître depuis le début des années 70 et cette croissance a fortement accéléré depuis 2002 (Steen 2011b; Cokol, Ozbay et Rodriguez-Esteban 2008). Les rétractations dans le

---

<sup>1</sup> Une citation est positive lorsqu'on présente l'information citée comme étant valide.

domaine biomédical (et en chimie) seraient aussi plus fréquentes que dans d'autres domaines comme la physique, les mathématiques, l'ingénierie et les sciences sociales (Grieneisen et Zhang 2012). Un article récent de Steen, Casadevall et Fang (2013) présente quelques facteurs expliquant cette « épidémie » de rétractations. Le premier est l'augmentation constante du nombre d'articles publiés, accompagnée d'une augmentation du ratio d'articles rétractés. Ensuite, selon eux les articles sont rétractés de plus en plus rapidement et systématiquement par de plus en plus d'éditeurs. Une autre raison (que nous avons déjà mentionnée dans la section précédente) est que les articles sont rétractés pour une plus grande variété de raisons qu'auparavant, et les éditeurs retournent de plus en plus loin dans le temps pour rétracter des articles. Finalement, de plus en plus d'auteurs rétractent plusieurs articles, cela étant dû en partie au fait que la découverte d'un article frauduleux jette un doute sur l'ensemble des publications de l'auteur qui seront alors examinées, puis peut-être éventuellement rétractées si elles s'avèrent également frauduleuses. C'est d'ailleurs de cette façon que les cas de fraudes majeures sont découverts.

### **2.2.3.2. Causes des rétractations**

Plusieurs recherches ont classé différents échantillons d'articles rétractés selon la cause de la rétractation. Selon Nath, Marcus et Druss (2006), 27,1 % des 395 articles rétractés indexés dans MEDLINE entre 1982 et 2002 étaient des cas de fraude, alors que 61,8 % étaient des cas d'erreurs non intentionnelles. Steen (2011b) a obtenu des résultats similaires en analysant 734 articles rétractés dans PubMed entre 2000 et 2010. À l'inverse, des recherches plus récentes ont démontré que la majorité des rétractations serait due à des fraudes scientifiques et non à des erreurs (Fang, Steen et Casadevall 2012). Selon les auteurs, cette

divergence par rapport aux recherches antérieures serait due au fait que « les avis de rétractation incomplets, non informatifs ou trompeurs ont mené à une sous-estimation du rôle de la fraude dans l'épidémie actuelle de rétractations » [notre trad.] (Fang, Steen, et Casadevall 2012, 1). Une autre explication de ces divergences provient de différences au niveau de la méthodologie, plus précisément au niveau du classement des rétractations. Premièrement, Fang, Steen et Casadevall (2012) comptent les fraudes suspectées comme étant des fraudes, alors que les recherches antérieures ne tenaient compte que des fraudes confirmées. De plus, alors que Fang, Steen et Casadevall (2012) et Nath, Marcus et Druss (2006) classent le plagiat dans la catégorie « fraude », Steen (2011b) le classe dans la catégorie « erreur ». Dans le présent mémoire, nous avons choisi d'utiliser la définition de la fraude proposée par le PHS (1989). Ainsi, à l'instar de Fang, Steen et Casadevall (2012), nous considérons le plagiat comme une fraude. Par contre, nous n'incluons pas dans cette catégorie les fraudes suspectées, mais seulement les fraudes confirmées : les chercheurs sont considérés innocents jusqu'à preuve du contraire.

## **2.3. La signature scientifique et la collaboration**

### **2.3.1. La collaboration en science**

#### **2.3.1.1. Croissance de la collaboration**

La recherche dans le domaine biomédical (comme dans la plupart des disciplines) est une activité de plus en plus collaborative. En effet, alors qu'au début du XX<sup>e</sup> siècle, les articles comptant plus d'un auteur étaient très rares, cette tendance est aujourd'hui inversée et la quasi-totalité des articles est le fruit du travail de plusieurs coauteurs (Cronin 2001). Dans une étude

à grande échelle (près de 20 millions d'articles sur une période de 50 ans et plus de 2 millions de brevets depuis 1975), Wuchty, Jones et Uzzi (2007) ont démontré une croissance continue des publications en équipe (plus d'un auteur) ainsi qu'une croissance de la taille des dites équipes, et ce, pour l'ensemble des disciplines. Ils ont aussi démontré que dans presque toutes les disciplines et sous-disciplines, ces recherches en équipe ont un impact supérieur à la moyenne, et ce, même lorsque les autocitations ne sont pas prises en compte (Wuchty, Jones et Uzzi 2007). Les résultats de Wuchty et de ses collaborateurs viennent confirmer les résultats similaires de plusieurs recherches sur l'augmentation de la collaboration (Smith 1958; Larivière 2007), la corrélation entre la collaboration et l'impact scientifique des recherches, et les différences entre les disciplines (Larivière, Gingras et Archambault 2006; Glänzel et Schubert 2001). D'autres recherches ont aussi démontré que les chercheurs qui collaborent beaucoup sont aussi les chercheurs les plus productifs (Lee et Bozeman 2005), et d'autres encore ont montré que les recherches expérimentales suscitent plus de collaboration que les recherches théoriques (Moody 2004). Finalement, certains chercheurs se sont demandé si la collaboration était plus fréquente et importante en recherche fondamentale ou en recherche appliquée, mais leurs résultats sont divergents (Frame et Carpenter 1979; Hagstrom 1975; Katz et Martin 1997).

Cette augmentation de la collaboration peut être expliquée par de nombreux facteurs présentés par Katz et Martin (1997). Entre autres, les recherches sont de plus en plus complexes ou interdisciplinaires et requièrent un ensemble d'expertises qu'il est peu probable de trouver chez un seul individu. Elle est aussi un moyen de partager entre les chercheurs et les institutions, les coûts de plus en plus élevés de la recherche, notamment de l'équipement.

### 2.3.1.2. Le nombre d'auteurs comme indicateur de la collaboration

Ce type de collaboration entre les chercheurs et les institutions devrait, en toute logique, mener à la publication d'articles signés par plusieurs chercheurs. Par contre, selon Katz et Martin (1997), il arrive que certains collaborateurs ne figurent pas sur la liste d'auteurs. Il est également possible, pour diverses raisons, qu'un travail collaboratif soit signé par un seul auteur et, inversement, que des chercheurs signent des articles auxquels ils n'ont pas réellement (voire pas du tout) contribué. Par exemple, selon Epstein (1993), l'inflation du nombre de coauteurs dans les revues biomédicales ne serait pas causée par une plus grande collaboration, mais plutôt par une attribution moins restrictive du statut d'auteur. Cela met en lumière quelques limites du nombre d'auteurs en tant qu'indicateur de la collaboration. D'une part, il ne permet ni de repérer toutes les collaborations ni de mesurer leur ampleur avec exactitude et serait ainsi une sous-estimation de la collaboration réelle (Moulopoulos, Sideris et Georgilis 2003; Rennie et Flanagin 1994). À l'inverse, le nombre d'auteurs peut être une surestimation de la collaboration à cause, notamment, des pratiques de *gift authorship* et de *honorary authorship* (King 2000). Malgré tout, le nombre de coauteurs des articles comme indicateur de la collaboration fait consensus depuis longtemps (deB. Beaver et Rosen 1978; D. deB. Beaver et Rosen 1979; Clarke 1964; Gilvarry et Ihrig 1959; Meadows et O'Connor 1971).

Les concepts de collaboration et de signature scientifique sont à la base de la présente étude bibliométrique pour deux raisons. D'abord, c'est par la signature d'un article frauduleux que les chercheurs sont inclus dans notre échantillon. Ensuite, c'est en recensant les autres articles signés par ces chercheurs que nous sommes en mesure de dresser un portrait de leur productivité et de leur impact scientifique avant et après la rétractation. Or, étant donné

l'aspect de plus en plus collaboratif de la science (et le nombre de plus en plus élevé d'articles rétractés), un nombre grandissant de chercheurs sont potentiellement affectés par la rétractation d'un article. Ces liens entre collaboration et signature, crédit et responsabilité, soulèvent d'importantes questions : qui signe (ou ne signe pas) un article? Dans quel ordre? Comment sont distribués le crédit et la responsabilité pour le travail effectué? En d'autres mots, dans quelle mesure la collaboration entre les chercheurs et leur contribution respective sont-elles reflétées dans la liste d'auteurs?

## **2.3.2. La signature scientifique**

### **2.3.2.1. Lien entre écriture, collaboration et signature**

En littérature, la notion d'auteur est intimement (et entièrement) liée à l'acte d'écriture, alors qu'en science, non seulement l'écriture à elle seule ne suffit pas pour signer, mais il est aussi possible d'être auteur sans écrire (Pontille 2006). Une autre différence entre la signature scientifique et la signature littéraire est que cette dernière confère des droits d'auteur et la propriété intellectuelle de l'œuvre. La signature des brevets s'apparente en ce sens à la signature littéraire, mais en général la signature scientifique est plutôt liée à l'obtention d'un capital symbolique (Larivière 2010; Merton 1973; Biagioli 1998). Selon Biagioli (1998), la signature d'articles scientifiques a pour principale fonction l'assignation du crédit et de la propriété pour les découvertes et les idées des chercheurs, et ainsi de rendre possible l'existence d'une économie basée sur la réputation. Ainsi, la signature en science permet à l'auteur d'accumuler du capital symbolique qui pourra lui servir, entre autres, pour l'obtention de fonds de recherches, de promotions, de prix et autres distinctions. Il est donc peu surprenant

que le statut d'auteur soit tant convoité, et qu'il soit l'objet de nombreuses discussions visant, entre autres, à déterminer qui devrait ou non obtenir cet important statut.

### **2.3.2.2. Qui est un auteur?**

Les définitions actuelles de l'auteur scientifique sont problématiques et ont suscité de nombreuses querelles entre collègues (Wilcox 1998) ainsi que de longs débats au sein de la communauté scientifique. Il n'y a pas de normes universelles pour déterminer qui est auteur et les pratiques peuvent ainsi varier d'un groupe de recherche à un autre, d'un département à un autre, d'une institution à une autre et d'un pays à un autre (Rennie et Flanagin 1994; Leash 1997). Alors que le statut d'auteur est censé attribuer le crédit et la responsabilité pour un travail, il est fréquent que des chercheurs signent des articles alors qu'ils n'ont rien fait (*guest*, *gift* ou *honorary authorship*), et d'autres ne signent pas alors qu'ils ont fait une partie importante du travail (*ghost authorship*) (Flanagin et al. 1998; Bates et al. 2004; Godlee 1996; Sismondo 2009; Huth 1986; Mowatt et al. 2002; Wislar et al. 2011; Wager 2007a).

L'International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) a tenté de résoudre le problème en proposant des critères « universels » d'attribution du statut d'auteur et pour réduire la prévalence des pratiques non éthiques de signature scientifique comme le *gift authorship* et le *ghost authorship*. L'ICMJE a ainsi publié pour la première fois en 1978 des lignes directrices sur l'attribution du statut d'auteur dans les revues biomédicales. Depuis, le comité se réunit tous les quatre ans pour les réviser.

Sur le site web de l'ICMJE (<http://www.icmje.org/>), on retrouve actuellement les directives suivantes :

Authorship credit should be based on 1) substantial contributions to conception and design, acquisition of data, or analysis and interpretation of data; 2) drafting the article or revising it critically for important intellectual content; and 3) final approval of the version to be published. Authors should meet conditions 1, 2, and 3.

When a large, multicenter group has conducted the work, the group should identify the individuals who accept direct responsibility for the manuscript (3). These individuals should fully meet the criteria for authorship/contributorship defined above, and editors will ask these individuals to complete journal-specific author and conflict-of-interest disclosure forms. [...]

Acquisition of funding, collection of data, or general supervision of the research group alone does not constitute authorship.

All persons designated as authors should qualify for authorship, and all those who qualify should be listed.

Each author should have participated sufficiently in the work to take public responsibility for appropriate portions of the content.

En théorie, ces lignes directrices semblent raisonnables et être un bon outil pour atteindre leur principal objectif, c'est-à-dire une certaine uniformisation des pratiques de signature scientifique, principalement dans le domaine biomédical. Cependant, elles ne sont ni adoptées ni mises en application par l'ensemble de la communauté scientifique (Bhopal et al. 1997; Wager 2009). D'abord, bien que de nombreux éditeurs aient adopté les lignes directrices de l'ICMJE (p. ex., Anderson et Boden 2008), ce n'est pas le cas d'une majorité d'éditeurs : certains ont leurs propres directives, d'autres n'en ont tout simplement pas (Wager 2007b). Ensuite, la plupart des chercheurs ne sont pas au courant de l'existence de ces lignes directrices et ceux qui les connaissent sont d'avis qu'elles sont trop restrictives et qu'elles ne sont pas réellement applicables (Godlee 1996; Pinching 1992). Des recherches ont aussi démontré qu'en pratique, indépendamment de leur connaissance des directives de l'ICMJE ou de leur opinion, une minorité d'auteurs (à l'exception des premiers auteurs) en respectent ces critères (Ivaniš, Hren et Sambunjak 2008; Hwang et al. 2003; Marušić et al. 2004).

Rennie et Yank (1997; 1998) proposent une solution pour clarifier les contributions respectives des auteurs ainsi que le crédit et (surtout) la responsabilité correspondante : éliminer tout simplement le terme « auteur » et le remplacer par les termes « contributeur » et « *guarantor* », en indiquant la contribution de chacun. Le terme « *guarantor* » désignerait une ou plusieurs personnes dont la contribution est substantielle et qui se sont assurées de l'intégrité de la recherche dans son ensemble; elles prendraient ainsi la responsabilité pour le travail dans son ensemble (Rennie et Yank 1997). D'autres ont également proposé des solutions similaires (Davenport et Cronin 2001; Smith 1997; Paneth 1998). Malgré le potentiel reconnu de cette idée (Cronin 2001), elle ne s'est pas implantée telle quelle et de façon généralisée dans les pratiques, du moins pas encore. Cela dit, certaines revues comme *The Lancet* et le *British Medical Journal* (Horton 1998), *JAMA* (Rennie, Flanagan et Yank 2000), ainsi que *PLOS ONE* ont initié un certain mouvement en demandant aux auteurs de tous les articles d'indiquer leur contribution respective.

### **2.3.2.3. L'ordre des auteurs**

Nous venons de mentionner que dans le domaine biomédical, les articles sont signés par de plus en plus d'auteurs dont le statut et les contributions sont variables. La division du travail se reflète dans l'ordre des auteurs et, puisque tous les auteurs n'ont pas contribué à parts égales à l'article, cet ordre est généralement utilisé comme indicateur de la contribution de chacun d'entre eux (Zuckerman 1968; Hagen 2008). Il est pris pour acquis que le premier auteur est celui qui a fait la plus grande part du travail et le deuxième auteur est présumé avoir fait une contribution moindre, mais néanmoins importante (Burman 1982). La contribution du dernier auteur et des auteurs au centre de la liste est plus variable et difficile à cerner (Shapiro,

Wenger et Shapiro 1994). Cela dit, dans le domaine biomédical, le dernier auteur est généralement un chercheur expérimenté et ayant une certaine position d'autorité, par exemple, le superviseur du laboratoire (Pontille 2004). Il a généralement participé au projet et remplit les conditions de l'ICMJE pour être auteur. Par contre, il est aussi pratique courante dans les laboratoires que le responsable ou le directeur du département soit inclus comme dernier auteur de toutes les recherches faites au sein du laboratoire ou du département (Pontille 2004). Finalement, la nature et l'ampleur très variables de la contribution des auteurs au centre de la liste font en sorte qu'on ne peut pas efficacement utiliser l'ordre de ceux-ci comme indicateur du travail qu'ils ont effectué (Shapiro, Wenger et Shapiro 1994; Bennett et Taylor 2003). Malgré les limites de liste de coauteurs comme indicateur de la participation de chacun, quelques recherches ont permis d'en dégager un certain consensus : dans le domaine biomédical, le premier auteur et le dernier auteur seraient généralement les principaux contributeurs, suivis du deuxième auteur, puis des autres (Pontille 2004).

#### **2.3.2.4. Responsabilité en cas de fraude**

Les problématiques que nous venons d'énoncer par rapport à la signature scientifique, à l'attribution du crédit et de la responsabilité qui en découle, prennent une importance particulière dans les cas de fraude scientifique (Smith 1994). Par exemple, en 1981, John Darsee était une étoile montante du Cardiac Research Laboratory de la Harvard Medical School, sous la direction du cardiologue renommé Eugene Braunwald, lorsque des collègues l'ont surpris en train de falsifier des données (Culliton 1983). Après cet incident, une enquête sur les recherches de Darsee mena à la rétractation de 52 articles, dont un avait été publié alors qu'il occupait un poste à la Emory University, avant de se joindre à l'équipe de Braunwald en

1979 (Broad 1983). Or, Eugene Braunwald, coauteur de plusieurs articles de Darsee, déclina évidemment toute responsabilité dans la fraude. Cet épisode a mis en lumière les problématiques liées à la définition de l'auteur scientifique et à sa responsabilité (Bennett et Taylor 2003). Il a été l'élément déclencheur de nombreuses discussions et a mené, entre autres, à l'élaboration des lignes directrices de l'ICMJE (Smith 1994).

La science étant de plus en plus complexe, collaborative et multidisciplinaire, le concept « classique » de l'auteur garant de la validité de l'intégralité de l'article qu'il signe est difficilement applicable et de toute évidence désuet (Cronin 2001). Cela complique également la tâche d'assigner la responsabilité pour des parties spécifiques du travail (Birnholtz 2006). Ainsi, dans les cas de fraudes, les rapports d'enquêtes publiés par l'ORI identifient le ou les responsables et précisent généralement que les autres coauteurs ne doivent pas être tenus responsables. C'est également l'approche adoptée par l'ICMJE dont les lignes directrices pour l'attribution du statut d'auteur stipulent, comme nous l'avons indiqué plus tôt, que chaque auteur doit être responsable d'une portion du contenu (et non de l'ensemble) (ICMJE 2013).

En résumé, que ce soit à cause d'une collaboration accrue ou de pratiques de *guest authorship* ou de *ghost authorship*, on observe une augmentation continue du nombre d'auteurs sur les publications scientifiques et l'ordre desdites signatures est à la fois le reflet de normes disciplinaires tacites et de pratiques individuelles ou institutionnelles variées. La signature scientifique donne aux chercheurs un gain de capital symbolique et, en retour, les signataires se portent garants de la validité des informations publiées (Biagioli 1999). La présente recherche prend donc toute son importance dans un contexte où il y a à la fois une augmentation du nombre d'auteurs sur les publications et une augmentation du nombre de rétractations, dont plusieurs sont des cas de fraude. En effet, cela fait en sorte que de plus en

plus d'auteurs sont, par leur signature, liés à un ou plusieurs cas de fraude. Responsables ou non, nous ne savons à peu près rien de l'impact que cela peut avoir sur leur carrière.

## **2.4. La bibliométrie**

### **2.4.1. Définition**

Le terme bibliométrie (*bibliometrics*) a été proposé en 1969 par Alan Pritchard pour remplacer le terme « *statistical bibliography* » utilisé en 1922 par E. Wyndham Hulme (Pritchard 1969). Il définit la bibliométrie comme « the application of mathematics et statistical methods to books et other media of communication » (Pritchard 1969, 349). La bibliométrie se sert notamment des données bibliographiques (auteurs, lieu et année de publication, sujet, etc.) pour étudier les pratiques d'attribution du statut d'auteur, de publication, et d'utilisation de la littérature scientifique (Lancaster 1979), principalement dans le domaine des sciences et technologies (Moed 2005; van Raan 2005). La bibliométrie a des liens étroits avec la scientométrie qui applique ces méthodes à tous les aspects de la science (et non seulement les publications) (Diodato 1994). La bibliométrie est aussi étroitement liée à l'informétrie (ou infométrie) qui étudie les aspects quantitatifs de l'information de toutes formes et qui ne s'intéresse pas seulement aux sciences, mais à l'ensemble de la société (Tague-Sutcliffe 1992).

### **2.4.2. Fondements de la discipline**

Plusieurs chercheurs ont contribué aux fondements de la discipline telle que nous la connaissons aujourd'hui. Notre objectif, ici, est de présenter quelques-unes des plus importantes contributions à la discipline, sans toutefois décrire celles-ci en détail.

### *Fondements mathématiques*

La bibliométrie tire ses fondements mathématiques dans les travaux d'Alfred J. Lotka, Samuel Clement Bradford, et George Kingsley Zipf (De Bellis 2009; Hood et Wilson 2001). La loi de Lotka (1926) sur la productivité scientifique a démontré qu'une minorité de chercheurs publie beaucoup d'articles scientifiques, alors que la majorité en publie peu. La loi de Bradford (1934) permet quant à elle de déterminer la dispersion des articles scientifiques dans les revues; elle montre que la majorité des publications scientifiques d'un domaine est concentrée dans un nombre restreint de revues. Finalement la loi de Zipf (1949) s'intéresse à la fréquence des mots dans un texte et montre que la fréquence d'un mot est inversement proportionnelle à son rang dans la liste des termes les plus fréquents d'un texte. Selon la loi de Zipf, le mot le plus utilisé dans un texte sera deux fois plus fréquent que le deuxième mot le plus fréquent, trois fois plus fréquent que le troisième, et ainsi de suite.

### *Fondements sociologiques*

Selon De Bellis (2009), les grands fondements philosophiques et sociologiques de la discipline proviennent de John Desmond Bernal (1939), Robert King Merton (1973), Derek John de Solla Price (1963), Eugene Garfield (1955) et Henry G. Small (1978).

Les importantes contributions de ces auteurs à la discipline et à la science en général sont nombreuses. Par exemple, Bernal et Price ont développé l'idée que les méthodes scientifiques peuvent être utilisées pour étudier la structure de la science elle-même, alors qu'une des grandes contributions de Merton est sa définition des normes de la science (De Bellis 2009). Garfield et Small ont, notamment, contribué à la conceptualisation des citations (De Bellis 2009). D'abord, Garfield (1955) a développé l'idée que les citations représentent

(mieux que les vedettes-matière) la structure de la communication scientifique et qu'elles reflètent la réinterprétation constante de la littérature et de la terminologie en fonction de normes disciplinaires spécifiques (De Bellis 2009). Small (1978) a par la suite poussé plus loin les idées de Garfield en proposant que chaque référence bibliographique représente une idée ou un concept rendant compte de la résolution de l'auteur à citer le document dans un contexte spécifique (De Bellis 2009).

### *Le Science Citation Index*

Alors qu'au départ, les méthodes bibliométriques étaient surtout utilisées par les bibliothécaires pour la gestion de leurs collections, la discipline s'est transformée dans les années 60 avec l'arrivée des bases de données numériques (Archambault et Larivière 2009), plus particulièrement lorsqu'Eugene Garfield créa en 1963 le Science Citation Index (SCI) (Wouters 1999). Contrairement à d'autres bases de données, les références bibliographiques de tous les éléments contenus dans le SCI sont indexées, ce qui permet de faire le compte des citations reçues et d'évaluer ainsi l'impact scientifique des articles (Garfield 1979). L'indexation des références permet aussi de faire d'autres types d'analyse (p. ex., des analyses de co-citations (Small 1973) ou encore des analyses de la structure des disciplines scientifique (Small et Crane 1979)). En plus des références, toutes les adresses institutionnelles des chercheurs sont indexées, ce qui permet de connaître la provenance des découvertes, de mesurer l'activité scientifique de régions ou d'institutions spécifiques, ou encore d'analyser la collaboration entre les institutions et les pays (Larivière 2010).

### **2.4.3. Applications**

Les applications de la bibliométrie sont nombreuses et certaines ont d'ailleurs déjà été évoquées dans la section précédente. Elles peuvent être divisées en deux groupes : les applications pour les bibliothécaires et les applications pour l'évaluation de l'activité scientifique (Narin 1976). Nous présentons ci-dessous quelques-unes des utilisations les plus courantes de la bibliométrie comme méthode d'évaluation de l'activité scientifique des chercheurs.

### *La productivité et l'impact scientifique*

La bibliométrie est utilisée pour mesurer la productivité des chercheurs ou des groupes de chercheurs, essentiellement en comptant leurs publications. Suivant les travaux fondateurs de Merton (1942, 1957 et 1968) et des frères Cole (1973), plusieurs études se sont intéressées, par exemple, aux déterminants socio-culturels, organisationnels et individuels de la productivité des chercheurs. De plus, dans leurs publications, les chercheurs citent les articles qu'ils ont trouvés utiles pour la réalisation de leur travail (Wouters 1999). Ainsi, la citation est utilisée comme une mesure de l'impact scientifique.

### *Le classement des revues*

Aux prises avec une surabondance croissante de revues, le choix des abonnements est une lourde tâche pour les bibliothécaires (Cameron 2005). Gross et Gross (1927) ont été les premiers à proposer une méthode de sélection basée sur les citations (Brodman 1944). Le *Journal Citation Reports* (JCR), publié annuellement par Thomson Reuters, a été conçu pour aider les bibliothécaires dans le classement des revues (Garfield 2006) et est un outil largement utilisé à cette fin (Archambault et Larivière 2009). Le JCR classe les revues selon le facteur d'impact de celles-ci (FI), calculé à partir des citations reçues par l'ensemble des articles publiés au cours d'une année donnée. Il existe plusieurs variantes du FI, selon le nombre d'années après la publication pour lesquelles les citations sont comptées, mais la version traditionnelle ne compte les citations que sur une fenêtre de deux ans.

### *La collaboration*

Le nombre d'auteurs des articles scientifiques peut être utilisé pour mesurer l'évolution du travail d'équipe en science (articles avec plus d'un auteur) et de la taille de ces équipes

(nombre de coauteurs par article). De plus, puisque les adresses institutionnelles sont aussi indexées dans le SCI, ces données permettent de mesurer les collaborations intra et interinstitutionnelle, nationale et internationale. En utilisant les profils de publications et de citations des chercheurs, on peut également mesurer l'interdisciplinarité des équipes de recherches et de leurs publications.

#### *L'évaluation de la recherche*

Finalement, la bibliométrie n'est pas seulement utilisée par les chercheurs mais aussi, notamment, par les administrateurs d'université et autres institutions de recherche, par les gouvernements ainsi que par les organismes subventionnaires pour comparer (et donc évaluer) l'activité scientifique des chercheurs aux niveaux individuel, institutionnel, disciplinaire et national (King 2004). D'ailleurs, dans certains pays – notamment la Belgique – on s'en sert pour octroyer le financement aux départements (Debackere et Glänzel 2004).

#### **2.4.4. Limites**

Les principales limites de la bibliométrie découlent du fait que les pratiques de recherche, de rédaction et de publication diffèrent d'une discipline à l'autre (Garfield 1979). Les bases de données bibliographiques comme le Web of Science (WOS) et Scopus ne sont pas exhaustives et contiennent principalement des articles et excluent d'autres types de document, comme les monographies (Larivière et al. 2006). De plus, les revues en anglais y sont surreprésentées comparativement aux revues publiées dans d'autres langues (Archambault et al. 2006). Ces bases de données se concentrent sur les revues les plus importantes dans leur domaine, c'est-à-dire celles qui sont les plus citées (Garfield 1990).

Les pratiques de publications et de citations varient d'une discipline à l'autre (Larivière et al. 2006). En sciences sociales et humanités (SSH), par exemple, plus d'importance est accordée à la publication de monographies qu'à la publication d'articles dans les revues. De plus, les recherches dans ces disciplines ont souvent pour objet des populations plus restreintes et régionales. Ainsi, d'une part, les chercheurs en SSH vont citer davantage de monographies que les chercheurs du domaine biomédical, où la publication d'articles est la norme (Larivière et al. 2006). D'autre part, l'intérêt plus « régionalisé » des recherches en sciences sociales peut faire en sorte que les chercheurs publient dans leur langue locale, réduisant ainsi la probabilité que leurs publications soient indexées dans le WOS et Scopus (Archambault et al. 2006; Larivière et al. 2006). Ces bases de données seraient donc des outils mieux adaptés à l'étude des sciences « dures » comme la médecine et la chimie, bien que la couverture varie aussi d'une discipline à l'autre. Cette limite est toutefois peu significative dans le cadre de la présente recherche puisque nous nous intéressons aux articles rétractés dans la littérature biomédicale.

Cela dit, il existe aussi des différences entre les disciplines et entre les spécialités au sein d'une même discipline en termes de pratiques de citations et, plus spécifiquement, du nombre de « citations potentielles » que peut recevoir un article donné. Alors que les articles en médecine sont cités rapidement à la suite de leur publication, les articles dans le domaine des arts et des sciences humaines prennent plus de temps à accumuler des citations. La taille de la communauté scientifique d'une spécialité donnée a aussi un impact sur le nombre de citations potentielles des articles publiés dans cette discipline. Ces différences sont aussi valables au niveau de la quantité d'articles publiés. Il serait donc hasardeux, voire injuste, de comparer la productivité et l'impact scientifique de deux chercheurs de différentes disciplines.

Toute étude bibliométrique doit donc tenir compte de ces différences lorsqu'elle s'intéresse à une population multidisciplinaire. Les méthodes employées pour réduire l'impact de ces limites dans la présente recherche sont détaillées dans la section « Indicateurs bibliométriques » du chapitre portant sur la méthodologie.

## **Chapitre 3. Méthodologie**

### **3.1. Collecte de données**

La collecte des données nécessaires pour répondre à nos questions de recherche se résume en quatre grandes étapes. D'abord, nous avons fait le recensement des articles rétractés (l'article contenant les informations frauduleuses, erronées etc.) et des avis de rétractation (le document avisant les lecteurs de la rétractation d'un article) dans la littérature biomédicale à partir de PubMed et du Web of Science de Thomson Reuters. Ensuite, ces articles rétractés ont été classés selon la discipline et selon la raison de la rétractation. Finalement, nous avons recensé les publications de chacun des coauteurs de ces articles sur une période de 11 ans (5 ans avant et après la rétractation) afin de voir l'évolution de leur productivité, de leur impact scientifique et de leurs pratiques de collaboration. Les prochaines sections décrivent en détails ces quatre grandes étapes.

#### **3.1.1. Bases de données utilisées**

##### **3.1.1.1. NCBI PubMed**

À l'instar de la plupart des recherches quantitatives sur les rétractations (Steen, Casadevall et Fang 2013; Furman, Jensen et Murray 2012; Steen 2011b; Steen 2011c; Neale et al. 2007), nous avons utilisé la base de données PubMed pour identifier les articles rétractés dans la littérature biomédicale. Cette base de données est la plus exhaustive du domaine avec plus de 23 millions de notices bibliographiques (en date de 2012), provenant principalement de MEDLINE. Cette dernière est la principale base de données bibliographique de la National

Library of Medicine (NLM) et contient plus de 12 millions de notices bibliographiques couvrant 4 600 revues publiées dans 71 pays, du milieu des années 60 à aujourd'hui. Au-delà de MEDLINE, PubMed indexe des articles « out-of-scope » qui sont des articles publiés dans les revues sélectionnées pour MEDLINE mais qui sont dans d'autres domaines (p. ex. un article en géologie publié dans *Nature*). La base de données contient aussi les articles de PubMed Central (PMC), qui proviennent de revues en sciences de la vie (incluses ou non dans MEDLINE) dont les articles en texte intégral sont soumis à PMC. Finalement, PubMed contient également des notices provenant des bases de données HealthSTAR, AIDSLINE, HISTLINE, SPACELINE, BIOETHICSLINE et POPLINE (NIH 2013).

Toutefois, PubMed n'indexe pas les références bibliographiques des documents. Ainsi, afin de pouvoir réaliser les analyses bibliométriques nous permettant de répondre à nos questions de recherche, nous devons utiliser une base de données bibliométrique, en l'occurrence, le Web of Science de Thomson Reuters.

#### **3.1.1.2. Web of Science de Thomson Reuters**

Pour recenser les publications des coauteurs des articles rétractés ainsi que pour nos analyses bibliométriques, nous avons utilisé la base de données Web of Science (WOS) de Thomson Reuters. Le WOS indexe plus de 9 000 revues avec révision par les pairs et couvre la période de 1900 à aujourd'hui (2012).

Cependant, la version en ligne du WOS comporte quelques limites issues du fait qu'elle est conçue pour les recherches bibliographiques et non pour les analyses bibliométriques. Par exemple, le nombre de variables pour lesquelles l'utilisateur peut compiler des statistiques est limité. De plus, le nombre de notices que l'on peut analyser est

limité à 100 000. Nous avons donc utilisé pour notre recherche une base de données relationnelle construite à partir de l'ensemble des données du WOS, hébergées sur un serveur SQL. Cette base de données a été mise sur pied par l'Observatoire des Sciences et des Technologies (OST) à partir des données sources du WOS fournies par Thomson Reuters. De plus, afin de pouvoir classer les articles selon leur domaine de recherche, une discipline et une spécialité ont été assignées à chaque revue indexée dans la base de données en utilisant la classification de la National Science Foundation (NSF)<sup>2</sup>. La version du WOS de l'OST élimine les limites de la version en ligne décrites plus tôt et a servi à plusieurs recherches dont, notamment, la thèse de doctorat de Vincent Larivière (2010) d'où nous tirons les informations présentées ici.

Le WOS ne couvre évidemment pas l'ensemble des revues scientifiques publiées dans le monde. Seulement les revues internationales les plus importantes (*core journals*) y sont indexées. Ces revues sont les plus visibles et les plus citées dans leur discipline respective (Garfield 1990). Les critères de sélection des revues indexées et les autres caractéristiques du WOS sont bien connus, ce qui n'est pas le cas de la base de données Scopus, la principale concurrente du WOS créée par Elsevier. Ainsi, le WOS est la base de données utilisée dans la plupart des recherches en bibliométrie à l'échelle mondiale.

---

<sup>2</sup> Pour plus d'information sur la classification des revues de la NSF : <http://www.nsf.gov/statistics/seind06/c5/c5s3.htm#sb1>.

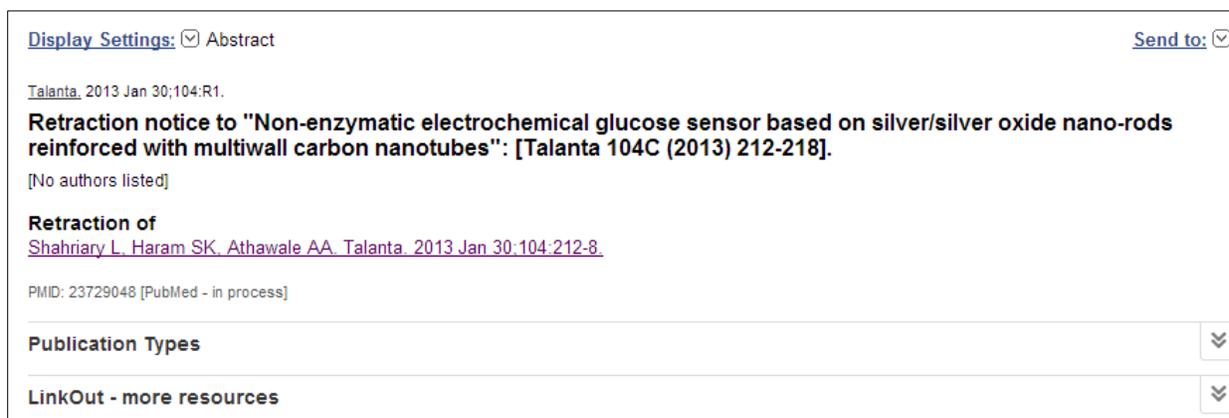
## 3.1.2. Recensement et classement des articles rétractés

### 3.1.2.1. Recensement des avis de rétractations

La première étape a été d'obtenir une liste des avis de rétractation publiés dans la base de données PubMed, ce que la requête suivante nous a permis d'accomplir :

"Retraction of Publication" [Publication Type]

Cette requête a retourné 2 451 résultats que nous avons exportés dans le logiciel de gestion de références bibliographiques RefWorks, pour ensuite les exporter à nouveau dans un fichier texte séparé par des tabulations, ce qui nous a finalement permis de transférer les données dans un tableau Excel. La figure 2 présente un exemple d'avis de rétractation dans PubMed.



The screenshot shows a PubMed interface with the following content:

- Display Settings:  Abstract
- Send to:
- Talanta, 2013 Jan 30;104:R1.
- Retraction notice to "Non-enzymatic electrochemical glucose sensor based on silver/silver oxide nano-rods reinforced with multiwall carbon nanotubes": [Talanta 104C (2013) 212-218].**
- [No authors listed]
- Retraction of**
- [Shahriary L, Haram SK, Athawale AA, Talanta. 2013 Jan 30;104:212-8.](#)
- PMD: 23729048 [PubMed - in process]
- Publication Types
- LinkOut - more resources

Figure 2. Exemple d'un avis de rétractation dans PubMed

### 3.1.2.2. Recensement des articles rétractés

La deuxième étape a été d'obtenir une liste des articles rétractés dans la base de données PubMed, ce que nous avons pu faire au moyen de la requête suivante :

"Retracted Publication" [Publication Type]

Cette requête nous a permis de recueillir 2 299 articles rétractés entre 1977 et 2012. Nous avons répété la même procédure qu'à l'étape précédente, c'est-à-dire une première exportation dans RefWorks, une seconde dans un fichier texte séparé par des tabulations, puis finalement dans un fichier Excel. La figure 3 présente un exemple d'article rétracté dans PubMed.



The screenshot shows a PubMed record for a retracted article. At the top left, there is a 'Display Settings' dropdown menu set to 'Abstract'. At the top right, there is a 'Send to' dropdown menu. The main text of the record reads: 'Talanta, 2013 Jan 30;104:212-8. doi: 10.1016/j.talanta.2012.11.019. Epub 2012 Nov 23. **RETRACTED: Non-enzymatic electrochemical glucose sensor based on silver/silver oxide nano-rods reinforced with multiwall carbon nanotubes.** Shahriary L, Haram SK, Athawale AA. Department of Chemistry, University of Pune, Ganeshkhind, Pune 411 007, India. Retraction in Talanta, 2013 Jan 30:104:R1. PMID: 23597912 [PubMed - in process]'. Below the main text, there are two dropdown menus: 'Publication Types' and 'LinkOut - more resources', both with downward-pointing arrows.

Figure 3. Exemple d'un article rétracté dans PubMed

### 3.1.3. Appariement des articles rétractés et des avis de rétractation

Chaque notice bibliographique dans PubMed possède un numéro d'identification PubMed (PMID) unique. La notice bibliographique d'un avis de rétractation contient un lien vers l'article rétracté (incluant son PMID). Inversement, un lien vers la notice de l'avis de rétractation est ajouté dans la notice de l'article rétracté. Ces liens permettent de facilement lier les articles rétractés et les rétractations dans l'interface web de la base de données, mais la tâche n'est pas si simple une fois que les notices ont été exportées dans un autre format, puisque ces liens ne font pas partie des données exportées. Notre solution a été d'exporter les notices des avis de rétractation dans un fichier XML. Ensuite, en utilisant une feuille de style, nous avons pu produire automatiquement un tableau regroupant dans une colonne le PMID

des avis de rétractation, puis dans une autre le ou les numéros d'identification des articles auxquels réfèrent ces avis (c.-à-d., les articles rétractés). Cette liste de PMID jumelés nous a permis de faire le lien entre les 2 451 avis de rétractations et les 2 297 articles rétractés, ce qui, au final, nous a fourni une liste de 2 297 articles rétractés liés à l'avis de rétractation correspondant. La différence entre le nombre d'avis de rétractation et le nombre d'articles rétractés vient du fait que certains des articles rétractés n'étaient pas indexés dans PubMed.

### **3.1.4. Repérage des articles rétractés dans le WOS**

Tel qu'expliqué précédemment, nous avons utilisé le WOS sous forme de base de données relationnelle fournie par l'Observatoire des Sciences et des Technologies et hébergée sur un serveur SQL. Après avoir formaté la liste d'auteurs dans notre tableau Excel afin qu'ils correspondent au format utilisé par le WOS (p. ex., « Stein, Daniel » devient « Stein-D »), nous avons importé notre tableau d'articles rétractés dans la base de données SQL du WOS pour y faire l'appariement des articles de PubMed.

Le PMID fourni par PubMed n'a pas pu être utilisé pour y repérer les articles rétractés puisque le WOS utilise son propre identifiant unique pour chaque notice. Nous avons donc utilisé à cette fin d'autres informations disponibles : le premier auteur de l'article, l'année de publication, le volume de la revue et le premier folio de l'article. Cet appariement automatique nous a permis de repérer automatiquement 1 824 notices sur 2 297. Une recherche manuelle a ensuite permis de repérer 191 notices supplémentaires pour un total de 2 015 notices. Nous avons donc obtenu un taux d'appariement de 87,7 %. Cette différence peut s'expliquer par le fait que les revues indexées dans PubMed et dans WOS ne sont pas toutes les mêmes.

Comme le but de notre recherche est de mesurer l'impact de la rétractation d'un article sur la productivité et l'impact scientifique subséquent des coauteurs des articles rétractés, nous avons choisi comme échantillon l'ensemble des articles (476) ayant été rétractés entre 1996 et 2006, ce qui nous donne une fenêtre d'analyse de 5 ans après la rétractation. Afin d'obtenir cette fenêtre de 5 ans, nous ne pouvions pas utiliser les articles rétractés après 2006 puisque la couverture de la base de données s'arrêtait en 2011 lors du début du projet. De plus, comme nous nous intéressons uniquement aux rétractations dans le domaine biomédical, nous avons réduit notre échantillon pour ne conserver que les 217 rétractations de revues en recherche biomédicale et les 226 rétractations de revues en médecine clinique, pour un total de 443 articles rétractés entre 1996 et 2006. Il est à noter que la discipline et la spécialité associées à un article sont déterminées par la revue dans laquelle est publié l'article.

### **3.1.5. Classification des articles par raison de rétractation**

Nous avons vu plus tôt qu'il existe plusieurs raisons pour lesquelles un article peut être rétracté. Puisque nous nous intéressons particulièrement à l'impact de la fraude scientifique, il est important de distinguer les rétractations qui sont dues à des fraudes, de celles qui sont dues à des erreurs ou à d'autres raisons. Pour ce faire, nous avons utilisé une classification des rétractations indexées dans PubMed déjà effectuée par Azoulay et al. (2012). Ces derniers ont identifié 12 raisons de rétractation (voir tableau 1) en lisant, entre autres, les avis de rétractation et les rapports d'enquête de l'ORI. Pour notre recherche, nous avons regroupé ces raisons en trois catégories : les fraudes, les erreurs, et les autres raisons de rétractation (voir tableau 1).

Tableau 1. Classification des raisons de rétractation des articles

Raisons de rétractation (Azoulay et al. 2012)	Raisons de rétractation (la présente recherche)
Falsification/fabrication de données	
Plagiat	Fraude
Fabrication/falsification + plagiat	
Erreur	Erreur
Dispute entre les auteurs	
Pas de registres adéquats	
Impossible de reproduire	
Duplication	
Pas d'autorisation du CPP*	Autres raisons
Divers	
Erreur de l'éditeur	
Validité questionnée	
Information insuffisante pour classer	
Raison inconnue	

\* Les comités de protection des personnes (CPP) s'assurent que les recherches biomédicales respectent certaines règles visant à protéger les participants aux études.

### 3.1.6. Liste de coauteurs

Nous avons ensuite créé une liste de l'ensemble des coauteurs de chacun des 476 articles rétractés entre 1996 et 2006. Il est possible que des chercheurs aient été coauteurs de plusieurs de ces articles ou encore qu'il y ait des homonymes (p. ex., Akira Suzuki et Atsushi Suzuki sont tous les deux identifiés comme Suzuki-A dans le WOS). Après vérification manuelle des homonymes et élimination des doublons, nous avons pu identifier 1 921 auteurs uniques.

### 3.1.7. Classification des coauteurs

Tel que décrit à la section 3.1.5, nous avons classé les articles rétractés en trois catégories : « fraude », « erreur » et « autres raisons ». Ces catégories sont mutuellement

exclusives et aucun article ne peut être classé à deux endroits. Nous avons classé les coauteurs en utilisant ces mêmes catégories. Cependant, il est possible qu'un auteur ait rétracté plusieurs articles pour des raisons différentes. Nous avons donc classé dans la catégorie « fraude » tous les coauteurs ayant au moins une rétractation pour fraude. Ensuite, les coauteurs restant qui ont au moins une rétractation pour erreur ont été classés dans la catégorie « erreur ». Les autres coauteurs ont été classés dans la catégorie « autres raisons ». Ces catégories sont donc également mutuellement exclusives.

### **3.1.8. Repérage des articles des coauteurs**

Afin d'analyser l'impact de la rétractation sur la productivité et l'impact scientifique des collaborateurs, nous avons recensé, pour chacun d'eux, tous leurs articles, notes et articles de synthèse indexés dans le WOS et publiés dans les 5 années précédant et suivant la rétractation de l'une de leurs publications. Dans le cas d'un auteur ayant plusieurs articles rétractés à des années différentes, nous avons repêché les publications des 5 années précédant la première rétractation et suivant la dernière rétractation. Par exemple, pour un auteur comptant deux rétractations en 1995 et 2000, nous avons repêché les publications entre 1990 et 2005.

Les deux critères de notre requête étaient donc le nom de l'auteur, c'est-à-dire le nom de famille suivi d'un tiret puis des initiales (p. ex., DESPRE-JP) ainsi que l'année de publication. Comme une telle requête retourne inévitablement de très nombreux faux positifs à cause des nombreux homonymes, nous avons, en plus du nom et de l'année de publication, joint aux résultats de notre requête les informations supplémentaires suivantes pour nous aider à faire l'appariement entre les auteurs et leurs publications :

Prénom (indexé dans WOS dans certains cas à partir de 2007)  
Institutions listées dans l'article  
Titre de l'article  
Revue  
Discipline et spécialité associées à la revue

Lorsqu'il existe des homonymes, ces critères ont été utilisés en combinaison avec les informations se trouvant sur l'article rétracté pour déterminer si l'article en question appartient bel et bien à l'auteur. Dans les cas où ces informations n'ont pas suffi à faire l'appariement, la recherche manuelle via WOS, Google ou Google Scholar pour l'article en format intégral a permis de combler ce manque et de confirmer ou non l'association auteur-article.

L'ensemble de ces opérations nous a permis d'obtenir, au final, une liste de 43 990 articles publiés entre 1991 et 2011.

### **3.1.9. Calcul du temps par rapport à la rétractation (T)**

Le temps T d'un article représente le nombre d'années entre sa publication et l'année où un article du même chercheur a été rétracté. Il donne une mesure relative du temps (en années) par rapport à la rétractation et permet donc de ramener sur une même base l'ensemble des articles des chercheurs de notre échantillon. T est calculé de la façon suivante :

$T = \text{année de publication de l'article} - \text{année où l'auteur a rétracté un article.}$

Par exemple, Martin a rétracté un article en 2006. Dans notre échantillon, nous avons l'ensemble des articles que Martin a publié entre 2001 et 2011, et les articles de 2001 ont été publiés à  $T = -5$  alors que ceux de 2011 ont été publiés à  $T = 5$ .

Ainsi, deux articles publiés dans des années différentes peuvent avoir le même T. Inversement, un même article peut avoir deux T différents si, par exemple, deux de ses

coauteurs ont rétracté des articles différents à des années différentes. Par exemple, Paul et Éric sont coauteurs d'un article A publié en 2002. Paul a auparavant rétracté un autre article (dont Éric n'était pas coauteur) en 2000. De son côté Éric a rétracté un article en 2005 (dont Paul n'était pas coauteur). Ainsi, dans notre échantillon, l'article A sera attribué à Paul avec un temps T de 2 (2002-2000) et à Éric avec un temps T de -3 (2002-2005).

Un autre cas particulier est obtenu lorsqu'un auteur a rétracté plusieurs articles à des années différentes. Dans ces cas (96 auteurs de notre échantillon), nous avons attribué un T de 0 à l'ensemble des années entre la première rétractation et la dernière afin de créer une division claire entre les périodes pré-rétractation et post-rétractation. Le T des articles publiés avant la première rétractation de l'auteur est alors calculé en soustrayant l'année de la première rétractation de leur année de publication. De leur côté, le T des articles publiés après la dernière rétractation est calculé en soustrayant l'année de la dernière rétractation de leur année de publication. Prenons l'exemple de Richard ayant rétracté un article en 2002 et un autre en 2004. L'ensemble des articles de Richard publiés entre 2002 et 2004 auront donc un T de 0. Les articles de 1997 à 2001 auront respectivement un T de -5 à -1, alors que les articles de 2005 à 2010 auront un T de 1 à 5, respectivement.

### **3.1.10. Ordre des auteurs**

Dans notre analyse, nous divisons les auteurs en trois groupes : les premiers auteurs d'un article rétracté, les derniers auteurs et les autres auteurs. Pour chaque document, notre version bibliométrique du WOS nous donne le nombre total d'auteur ainsi que le rang de chacun des auteurs dans la liste des signatures. Ainsi, lorsque le rang d'un auteur est 1 pour un article rétracté, nous le plaçons dans la catégorie « premiers auteurs ». Lorsque le rang de

l'auteur est également au nombre d'auteurs total de l'article rétracté, il est placé dans la catégorie « derniers auteurs ». Les autres auteurs (qui sont donc ni premiers ni derniers auteurs) sont placés dans la catégorie « autres auteurs ». Dans le cas d'une publication signée par un seul chercheur, ce dernier est considéré comme étant le premier auteur, même si son rang (1) est égal au nombre d'auteur de l'article (1). Dans le cas d'une publication signée par deux auteurs, il y a un premier auteur, un dernier auteur et aucun autre auteur.

Certains auteurs ont plus d'une rétractation, et il est ainsi possible que le rang d'un auteur varie d'un article rétracté à l'autre. Comme nous l'avons vu, le statut de premiers auteurs a généralement une signification claire, tout comme le statut de dernier auteur. Notre méthode de catégorisation des auteurs est présentée dans la figure 4 ci-dessous.

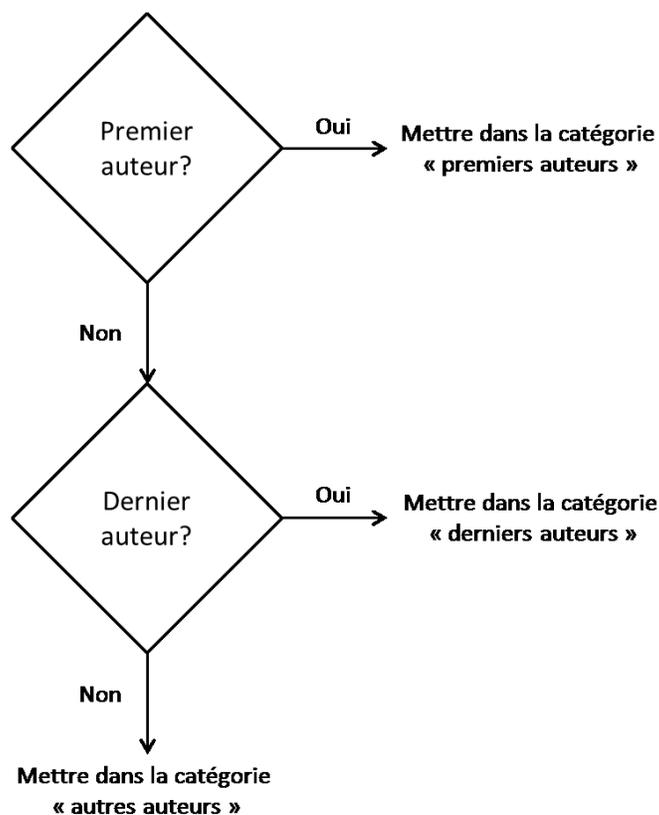


Figure 4. Méthode de classification des auteurs dans les cas de rétractations multiples.

## **3.2. Groupe contrôle**

Il est normal que la productivité, l'impact et les pratiques de collaboration des chercheurs évoluent dans le temps. Ainsi, nous avons créé un groupe contrôle afin de vérifier si la variation des indicateurs mesurés pour notre échantillon est réellement différente de leur variation normale (c.-à-d. pour le groupe contrôle). Notre groupe contrôle a été construit en incluant, pour chaque article rétracté, un article publié dans le même numéro de la même revue et ayant le même nombre d'auteurs que l'article rétracté correspondant. Nous avons répété les étapes décrites aux sections 3.1.5 et 3.1.6 afin d'obtenir la liste des auteurs du groupe contrôle (1 862 auteurs) ainsi que de l'ensemble de leurs publications sur une période allant de 5 ans avant à 5 ans après la rétractation (55 036 articles).

## **3.3. Indicateurs bibliométriques**

### **3.3.1. Productivité**

#### **3.3.1.1. Nombre de publications**

Le nombre de publications est utilisé pour mesurer la production scientifique des chercheurs. Nous utilisons la méthode du comptage unitaire, c'est-à-dire qu'un article compte pour une publication pour chacun de ses auteurs. Inversement, chaque article signé par un auteur compte pour une publication, indépendamment du nombre de coauteurs. L'objectif étant de comparer la productivité des chercheurs avant et après la rétractation, nous avons compté, pour chacun d'entre eux, le nombre d'articles, de notes et d'articles de synthèse publiés dans les 5 années précédant la rétractation, puis dans les cinq ans suivant la

rétractation. Ces données ont d'abord servi à déterminer la proportion des chercheurs dont la productivité a augmenté, diminué ou est demeurée stable à la suite de la rétractation.

### *Production relative individuelle (PRI)*

Afin d'être en mesure de comparer les chercheurs entre eux et de donner un sens aux valeurs absolues, il importe d'utiliser un indicateur normalisé. Afin d'expliquer cette nécessité, prenons l'exemple du chercheur A ayant publié 50 articles avant la rétractation et 48 articles après, et du chercheur B ayant publié 5 articles avant la rétractation et 3 articles après. Dans ce cas, la productivité *absolue* des deux chercheurs a diminué de 2 articles. Toutefois, la productivité *relative* du chercheur A a diminué de 4 % et est donc relativement stable, alors que celle du chercheur B a chuté de 40 % ce qui est beaucoup plus significatif.

Nous avons donc choisi d'utiliser un indicateur que nous appellerons la production relative individuelle (PRI) calculé à partir du nombre de publications des chercheurs décrit ci-dessus. Cet indicateur mesure simplement la proportion des articles publiés par un chercheur au cours d'une année ou d'une période donnée par rapport à l'ensemble de ses publications pour le période de 5 ans avant à 5 ans après la rétractation. Ainsi, la productivité relative individuelle des chercheurs nous permet d'observer, et surtout de comparer, l'ampleur et la nature des variations au niveau du nombre de publications des chercheurs au cours des années précédant et suivant la rétractation. La PRI est calculée en comparant le nombre de publications d'un chercheur pour une période donnée à ses publications totales. La formule utilisée est la suivante :

$$PRI_{ca} = \frac{D_{ca}}{D_{cp}}$$

Où  $PRI_{ca}$  est le nombre de publications relatives individuelles du chercheur  $c$  pour l'année  $a$ ,  $D_{ca}$  est le nombre de documents  $D$  publiés par le chercheur  $c$  au cours de l'année  $a$  et  $D_{cp}$  est le nombre de documents  $D$  publiés par le chercheur  $c$  au cours de la période  $p$ . Prenons l'exemple du chercheur  $A$  ayant rétracté un article en 2001 et publié un total de 10 articles au cours des périodes 1996 à 2000 et 2002 à 2006. En 1997, le chercheur  $A$  a publié 3 articles, alors qu'en 2003, il n'en a publié qu'un seul. Sa  $PRI$  est donc de 0,3 en 1997 et de 0,1 en 1999. De ce fait, cet indicateur a une valeur maximale de 1 (lorsque tous les articles d'un chercheur ont été publiés dans la même année ou période) et une valeur minimale de 0 (lorsqu'un chercheur n'a pas de publication pour l'année ou la période en question). Cela permet de comparer l'évolution de la productivité de différents chercheurs en termes relatifs. En effet, le chercheur  $B$  qui a publié 3 articles en 1997 – tout comme le chercheur  $A$  – mais dont le nombre de publications total est de 30, aura une production relative de 0,1 comparativement à 0,3 pour  $A$ .

### **3.3.2. Impact scientifique**

#### **3.3.2.1. Impact normalisé selon la spécialité**

L'impact scientifique des chercheurs a été mesuré, dans un premier temps, à l'aide du nombre de citations reçues par ses publications. Pour chaque article, le nombre de citations a été normalisé en le divisant par le nombre moyen de citations reçues par l'ensemble des articles publiés la même année dans le même domaine spécifique de recherche (déterminé par la revue où l'article est publié) :

$IRd = \text{nombre de citations de l'article} / \text{nombre de citations moyen des articles de la même spécialité}$

$$IR_d = \frac{C_{drsa}}{\overline{C_{DRsa}}}$$

Où  $IR_d$  est l'impact relatif du document  $d$ ,  $C_{drsa}$  est le nombre de citations  $C$  reçues par l'article  $d$  publié dans la revue  $r$  dont la spécialité est  $s$  depuis l'année  $a$ , et  $\overline{C_{DRsa}}$  est la moyenne du nombre de citations  $C$  reçues par l'ensemble des documents  $D$  publiés dans l'ensemble des revues  $R$  dont la spécialité est  $s$  depuis l'année  $a$ .

Lorsque la valeur de cet indicateur est de 1, l'article a un impact équivalent à la moyenne, alors qu'une valeur inférieure ou supérieure à 1 indique, respectivement un impact inférieur ou supérieur à la moyenne. Prenons par exemple un article publié en 2008 dans la revue *New England Journal of Medicine*, à laquelle sont associées la discipline « médecine clinique » et la spécialité « médecine générale ». Afin d'obtenir le nombre de citations normalisé de cet article, nous divisons le nombre de citations reçues (ex. 8) par le nombre moyen de citations reçues par l'ensemble des articles publiés dans l'ensemble des revues dont la spécialité est « médecine générale » dans la même année (ex. 4). Le nombre de citations normalisé de l'article est dans ce cas-ci égal à 2; en d'autres mots, cet article est cité 2 fois plus que la moyenne des articles de la même spécialité.

#### *Impact relatif individuel (IRI)*

À l'instar de la PRI, l'indicateur de la productivité décrit plus tôt, l'impact relatif individuel (IRI) est une mesure permettant de normaliser les valeurs des deux indicateurs précédents au niveau du chercheur. L'IRI est calculé de la façon suivante :

$$IRI_{ca} = \frac{\overline{C_{dca}}}{\overline{C_{dcp}}}$$

Où  $IRI_{ca}$  est l'impact relatif individuel du chercheur  $c$  pour l'année  $a$ ,  $\overline{C_{dca}}$  est la moyenne du nombre de citations relatives  $C$  reçues par les documents  $d$  du chercheur  $c$  durant l'année  $a$  et  $\overline{C_{dcp}}$  est le nombre moyen de citations relatives  $C$  reçues par les documents  $d$  du chercheur  $c$  pour la période  $p$ . Cet indicateur a donc la valeur 1 lorsque l'impact relatif moyen d'un chercheur pour une période donnée est égal à l'impact relatif moyen du même chercheur pour toute la période de référence (dans le cas présent, la période de référence équivaut à 5 années précédant et suivant la rétractation). Il prend toute son importance dans sa capacité à comparer l'évolution de l'impact dans le temps pour différents chercheurs. Prenons l'exemple de deux chercheurs A et B. L'impact relatif moyen des chercheurs A et B est de 1,5 en 1996 et leur impact relatif moyen total est de 0,5 pour A et de 2 pour B. Pour 1996, l'IRI de A est donc de 3 et celui de B est de 0,75. De plus, si l'impact relatif moyen de A et B augmente de 0,5 en 1997 par rapport à 1996, l'IRI augmente de 1 pour A ( $2 \div 0,5 = 4$ ) et de 0,25 pour B ( $2 \div 2 = 1$ ). L'IRI permet donc, en d'autres mots, de mesurer l'importance d'une hausse ou d'une baisse particulière pour un chercheur.

### **3.3.2.2. Articles les plus cités**

Un second indicateur fréquemment utilisé pour évaluer la performance des chercheurs au niveau de l'impact scientifique de leurs recherches est le nombre de leurs publications qui figurent parmi les plus citées dans leur domaine. Selon plusieurs études (Bornmann 2013; Bornmann et al. 2012; Bornmann et al. 2011; Leydesdorff et al. 2011) l'utilisation du rang percentile est la méthode la plus fiable pour normaliser les citations. En effet, contrairement à la moyenne, le rang percentile n'est pas influencé par les valeurs extrêmes et l'asymétrie négative que l'on retrouve typiquement dans la distribution des citations aux articles d'une

discipline (Àlbarán et al. 2011). Ainsi, pour chacun des chercheurs de notre échantillon, nous avons compté le nombre de publications figurant dans le 5 % des plus cités dans leur domaine respectif, tel que défini par la classification NSF des revues.

### 3.3.2.3. Facteur d'impact des revues

Le facteur d'impact de la revue dans laquelle l'article est publié peut être utilisé pour obtenir une mesure de la visibilité d'un article donné. L'utilisation de cet indicateur pour l'évaluation des chercheurs est critiquée par plusieurs, notamment parce qu'il a de nombreuses failles (Archambault et Larivière 2009) et qu'à l'ère numérique les revues à haut facteur d'impact ont de moins en moins le « monopole » des articles les plus cités (Lozano, Larivière et Gingras 2012). Cependant, nous utilisons le facteur d'impact des revues dans le but non pas de mesurer l'impact scientifique des auteurs, mais plutôt d'évaluer si les auteurs des articles rétractés ont par la suite eu plus de difficulté à publier dans les « meilleures » revues. Nous avons utilisé le facteur d'impact calculé sur 2 ans selon la formule suivante :

$$FIR_{ra} = \frac{C_{rda}}{P_{rda-1} + P_{rda-2}}$$

Où  $FIR_{ra}$  est le facteur d'impact d'une revue  $r$  pour l'année  $a$ ,  $C_{rda}$  est le nombre de citations reçues par la revue  $r$  pour tous les documents  $d$  publié dans la revue au cours des deux ans précédant l'année  $a$ , et  $P_{rda-1} + P_{rda-2}$  est le nombre d'articles, notes et articles de synthèse publiés dans la revue  $r$  au cours des deux années précédant l'année  $a$  pour le même groupe de documents  $d$ .

Plus spécifiquement, pour mesurer l'impact scientifique des chercheurs, nous avons utilisé comme indicateur le nombre d'articles publiés dans des revues à haut facteur d'impact,

c'est-à-dire des revues dont le facteur d'impact figure dans les 5 % les plus élevés de leur discipline.

### **3.3.3. Collaboration**

Afin de voir l'effet des rétractations sur les pratiques de collaboration des chercheurs, nous avons utilisé deux principaux indicateurs : le nombre d'auteurs par article et le nombre d'institutions par article.

#### **3.3.3.1. Nombre moyen d'auteurs par publication**

Le nombre moyen de coauteurs par publication est utilisé comme un indicateur de la collaboration d'un chercheur et permet de voir la taille des équipes de recherche auxquelles il participe. C'est un indicateur très simple à mesurer, puisque le nombre de coauteurs de chaque publication nous est fourni directement dans la version bibliométrique du WOS hébergée par l'OST.

#### **3.3.3.2. Nombre moyen d'institutions par publication**

Tout comme le nombre moyen de coauteurs, le nombre moyen d'institutions par publication est utilisé comme un indicateur de la collaboration des chercheurs de notre échantillon. Alors que le nombre d'auteurs donne une idée de la taille des équipes au sein desquelles travaillent les chercheurs, le nombre d'institutions enrichit cette information en nous indiquant à quel point ces équipes sont interinstitutionnelles. Cet indicateur est également obtenu facilement à partir du WOS, qui fournit pour chaque publication une liste des institutions distinctes auxquelles sont affiliés les coauteurs, qu'il suffit ensuite de compter pour chaque publication d'un auteur donné.

## Chapitre 4. Résultats

### 4.1. Statistiques descriptives

Dans cette section, nous présentons les caractéristiques de notre échantillon d'articles rétractés et de coauteurs, en les regroupant selon la cause de la rétractation ainsi que le rang des chercheurs dans la liste des coauteurs des articles rétractés.

#### 4.1.1. Articles rétractés

Tel que décrit dans le chapitre précédent, nous avons regroupé les articles rétractés selon la cause de leur rétractation. Au total, notre échantillon est composé de 443 articles rétractés. La figure 5 présente le nombre de rétractations dans notre échantillon pour chacune des catégories.

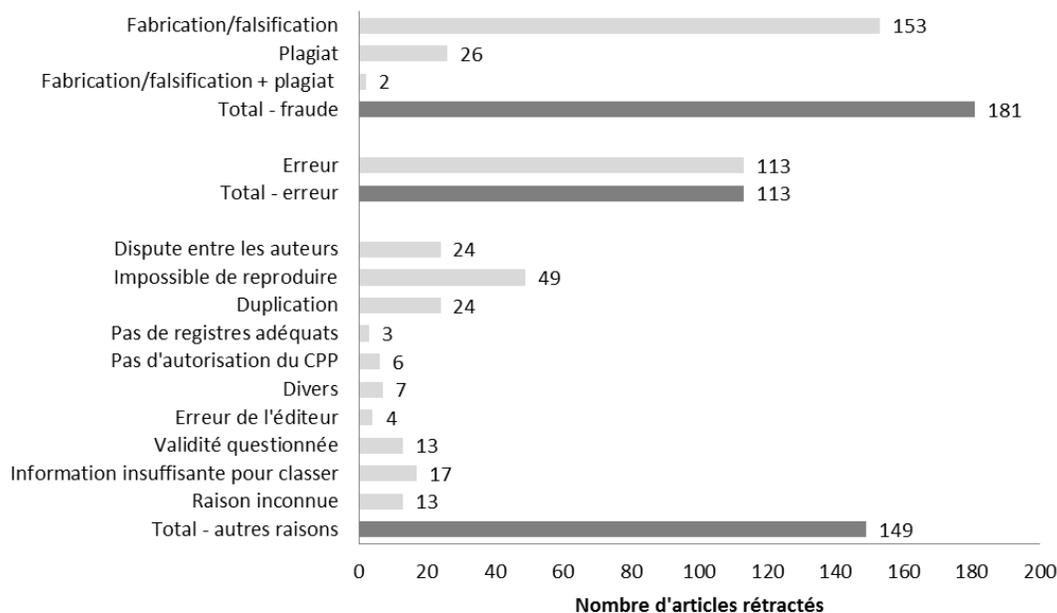


Figure 5. Nombre d'articles rétractés selon la raison de la rétractation (1996 à 2006).

Nous pouvons constater que les rétractations dues à des fraudes scientifiques sont les plus nombreuses (181 articles), suivies des autres raisons (149 articles) et, finalement, des erreurs (113 articles). Il est aussi intéressant de noter que la forte majorité (85,6 %) des rétractations pour fraudes scientifiques est due à des cas de fabrication ou de falsification de données, alors que seulement 14,4 % des rétractations sont causées par des cas de plagiat.

La figure 6 présente quant à elle l'évolution des rétractations au cours de la période 1996-2006. Le nombre d'articles rétractés affiche une tendance claire à la hausse (malgré une chute en 2000 et 2001) passant de 14 en 1996 à 94 en 2006. Cette tendance est observée pour chacune des causes de rétractation. La fraude scientifique demeure également la principale cause de rétractation tout au long de la période, à l'exception de 2000, 2001 et 2004 où les rétractations pour des raisons autres que la fraude ou l'erreur étaient sensiblement plus fréquentes. Comme nous l'avons vu au chapitre 1, la croissance du nombre annuel de rétractations s'est poursuivie après 2006, si bien qu'en 2012, ce sont plus de 500 articles qui ont été rétractés.

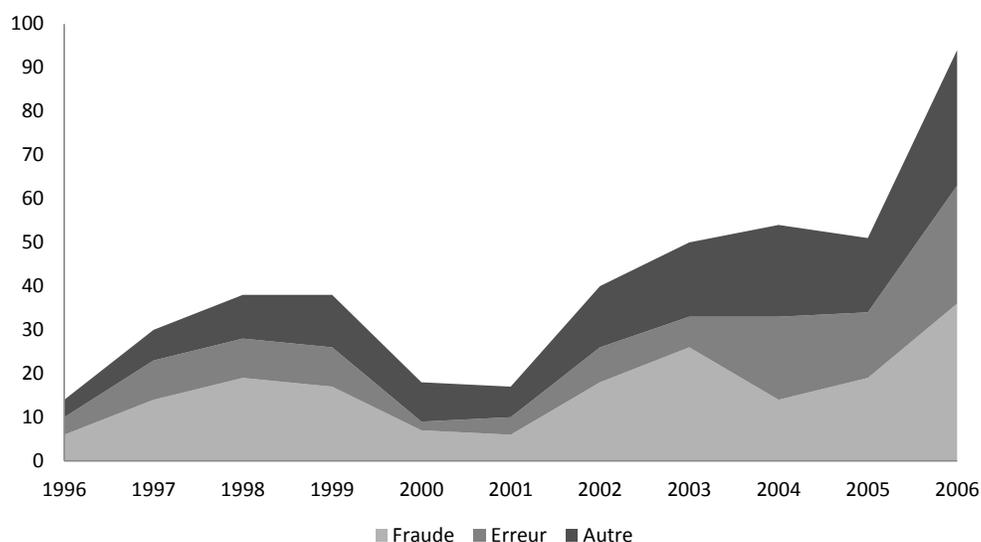


Figure 6. Nombre d'articles rétractés selon la raison (1996 à 2006).

## 4.1.2. Coauteurs

À partir de notre échantillon de 443 articles rétractés, nous avons extrait une liste de 1 818 coauteurs, dont 637 ont rétracté au moins un article pour cause de fraude scientifique, 561 pour cause d'erreur et 620 pour d'autres raisons (tableau 2). Tel qu'expliqué au chapitre précédent, un auteur ne peut être dans deux catégories, et il n'y a donc pas de chevauchement entre celles-ci.

Le nombre de premiers auteurs et de derniers auteurs est moins élevé que le nombre d'autres auteurs, ce qui n'est pas surprenant puisqu'un article a au maximum un seul premier auteur et un seul dernier auteur, alors qu'il n'y a pas de limite pour les autres.

Tableau 2. Nombre de coauteurs par grande catégorie de raison de rétractation.

<b>Raison de la rétractation</b>	<b>Coauteurs responsables de la fraude</b>	<b>Coauteurs non responsables</b>	<b>Total</b>
Fraude	67	570	637
Erreur	3	558	561
Autres raisons	3	617	620
<b>Total</b>	<b>73</b>	<b>1745</b>	<b>1 818</b>

Pour nos analyses, nous avons exclu de notre échantillon les 73 coauteurs ayant été identifiés dans les avis de rétractation ou les rapports de l'ORI comme responsables de la fraude, de l'erreur ou de tout autre acte ayant mené à la rétractation d'un article (tableau 2). Parmi eux, 67 ont fraudé, 3 ont rétracté des articles pour cause d'erreur et 3 ont rétracté leur article pour d'autres raisons. De plus, 57 d'entre eux étaient premier auteur de l'article

rétracté, alors que seulement 12 étaient dernier auteur et 4 figuraient parmi les autres auteurs. Nous avons également exclu les coauteurs qui ont publié uniquement au cours de l'année de rétractation (en d'autres termes, ceux qui n'ont aucune publication dans les 5 années précédant la rétractation et dans les 5 années suivant la rétractation).

Le tableau 3 présente le nombre de coauteurs de l'échantillon final, regroupés selon le rang dans la liste des auteurs des articles rétractés.

Tableau 3. Nombre de coauteurs non responsables selon leur rang dans la liste d'auteurs des articles rétractés.

<b>Rang sur l'article rétracté</b>	<b>Fraude</b>	<b>Erreur</b>	<b>Autres</b>	<b>Total</b>
Premier auteur	69	107	121	297
Dernier auteur	100	101	110	311
Autre auteur	395	361	355	1111
<b>Total</b>	<b>564</b>	<b>569</b>	<b>586</b>	<b>1719</b>

## 4.2. Productivité

L'un des principaux indicateurs de la productivité d'un chercheur ou d'un groupe de chercheurs est le nombre d'articles publiés au cours d'une période donnée. Nous avons donc examiné la PRI de l'ensemble des chercheurs pour chacune des années sur une période de 11 ans, soit 5 ans avant la rétractation de l'article ( $T = -5$ ) jusqu'à 5 ans après la rétractation ( $T = 5$ ). La période de rétractation ( $T = 0$ ) est toujours le point central. Étant donné la grande variabilité des données (Coefficient de variation de plus de 100 %), nous avons préféré utiliser la médiane. La figure 7 représente donc l'évolution sur 11 ans de la productivité relative médiane des premiers auteurs, des derniers auteurs et des autres auteurs.

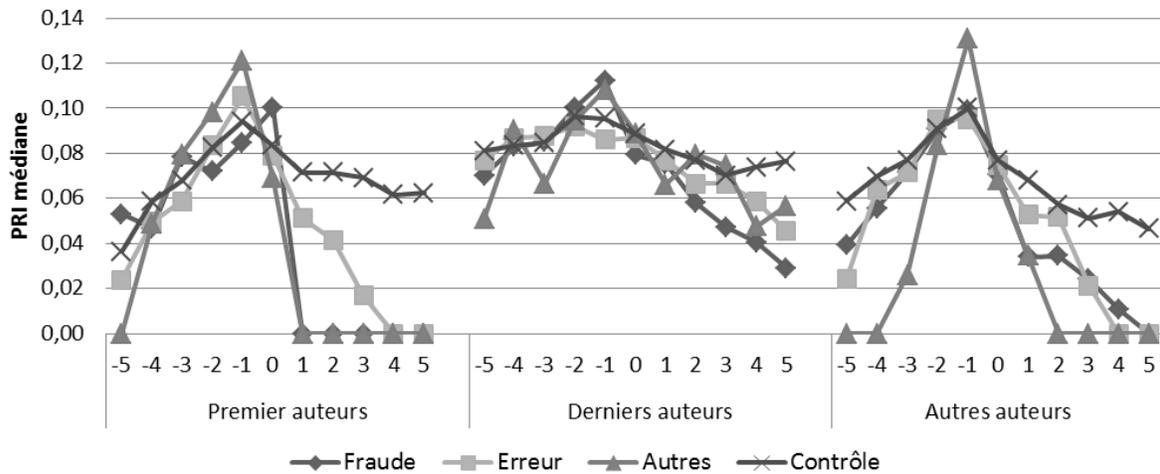


Figure 7. Production relative médiane des chercheurs de 5 ans avant à 5 ans après la rétractation

Un premier constat est très clair : la productivité des premiers auteurs ainsi que des autres collaborateurs chute fortement à la suite de la rétractation, et ce, peu importe la raison pour laquelle l'article a été rétracté. Malgré la similarité des courbes pour les premiers auteurs et les autres auteurs, une comparaison avec le groupe contrôle permet de voir que les premiers auteurs sont ceux pour qui l'impact est le plus important et le plus rapide. De leur côté, les derniers auteurs voient aussi leur productivité chuter, mais dans une moindre mesure que les deux autres groupes d'auteurs. Malgré ces différences entre les différents groupes d'auteurs, la figure 7 permet de conclure que, de façon générale, la productivité des coauteurs d'un article rétracté a tendance à chuter à la suite de la rétractation, quelle qu'en soit la raison. La figure 7 montre également que les conséquences subies par l'ensemble des coauteurs sont généralement plus importantes lorsqu'il s'agit de cas de fraude scientifique, tandis qu'elles sont moindres dans les cas d'erreurs.

En observant la figure 7, on remarque que dans la productivité des chercheurs est à son sommet autour de l'année précédant la rétractation. Cela s'explique en grande partie par le fait que les articles qui nous ont servi de base pour obtenir notre liste de chercheurs ont tous été publiés avant la rétractation, évidemment. De plus, il y a un certain délai entre la publication et la rétractation. Cela crée donc une concentration des articles recensés dans les années précédant la rétractation. En d'autres termes, tous les auteurs auront au moins une publication avant la rétractation, à l'exception probable des auteurs dont les articles ont été rétractés de nombreuses années après leur publication, alors que ce n'est pas le cas pour la période post-rétractation.

Afin de compléter les informations fournies par la figure 7, le tableau 4 compare la production des chercheurs avant et après la rétractation. Dans ce tableau (tout comme dans les tableaux 5, 6, 7 et 8), les articles publiés durant la période de rétractation ( $T = 0$ ) sont exclus afin de séparer clairement les deux périodes.

Le tableau 4 confirme quelques observations tirées de la figure 7. D'abord, on remarque que plus de 75 % des premiers auteurs, 71 % des derniers auteurs et 63 % des autres auteurs voient leur productivité chuter à la suite de la rétractation d'un article frauduleux. Pour le groupe contrôle, ce sont 48,4 % des premiers auteurs, 58,2 % des derniers et 60,3 % des autres auteurs qui ont moins publié dans la période post-rétractation. Les premiers auteurs sont donc plus nombreux à être affectés par les fraudes, suivi des derniers auteurs, et des autres auteurs.

Toujours au niveau du nombre de chercheurs dont la productivité augmente ou diminue, les résultats du tableau 4 montrent que la productivité des premiers auteurs diminue,

peu importe la raison de la rétractation, et que l'ampleur de cette diminution varie en fonction de la cause de rétractation. À l'inverse, la productivité des autres auteurs est peu affectée, peu importe la cause de la rétractation. Finalement, les derniers auteurs subissent une importante baisse de productivité à la suite d'une fraude, mais sont très peu affectés par les autres types de rétractation.

Tableau 4. Productivité relative individuelle (PRI) des chercheurs avant et après la rétractation.

Après (T > 0) vs avant (T < 0) la rétractation									
	Augmentation		Stable		Diminution		PRI médiane		
	N	%	N	%	N	%	Avant	Après	Variation
<i>Premiers auteurs</i>									
Fraude	16	23,2 %	1	1,4 %	52	75,3 %	0,786	0,214	-72,8 %
Erreur	36	33,6 %	10	9,3 %	61	57,0 %	0,600	0,400	-33,3 %
Autres raisons	36	29,8 %	2	1,7 %	83	68,6 %	0,700	0,300	-57,1 %
Contrôle	186	45,5 %	25	6,1 %	198	48,4 %	0,500	0,500	0
<i>Derniers auteurs</i>									
Fraude	28	28,0 %	1	1,0 %	71	71,0 %	0,635	0,365	-42,5 %
Erreur	34	33,7 %	5	5,0 %	62	61,4 %	0,566	0,434	-23,3 %
Autres raisons	43	39,1 %	2	1,8 %	65	59,1 %	0,568	0,432	-23,9 %
Contrôle	151	37,1 %	19	4,7 %	237	58,2 %	0,549	0,451	-17,9 %
<i>Autres auteurs</i>									
Fraude	125	31,6 %	21	5,3 %	249	63,0 %	0,643	0,357	-44,5 %
Erreur	96	26,6 %	30	8,3 %	235	65,1 %	0,643	0,357	-44,5 %
Autres raisons	108	30,4 %	22	6,2 %	225	63,4 %	0,667	0,333	-50,1 %
Contrôle	348	33,6 %	63	6,1 %	626	60,3 %	0,576	0,424	-26,4 %

Aussi, on observe une diminution importante (72,8 %) de la PRI médiane pour les premiers auteurs dans les cas de fraude, alors qu'elle est stable pour le groupe contrôle. La PRI médiane a diminué de 42,5 % et 44,5 % pour les derniers et les autres auteurs, respectivement. Cela montre que les conséquences sont plus importantes pour les premiers auteurs que pour les autres groupes, d'autant plus que pour les derniers auteurs et les autres auteurs, le groupe

contrôle affiche une baisse de productivité dans la période post-rétractation de 17,9 % et de 26,4 %, respectivement.

En somme, les résultats présentés dans la figure 7 et le tableau 4 montrent que la rétractation d'une publication a généralement un impact négatif sur la productivité ultérieure des coauteurs, et que l'ampleur de ces conséquences varie selon la raison de la rétractation et le rang de l'auteur dans la liste des auteurs de l'article. De toutes les raisons pouvant causer une rétractation, les cas de fraudes ont un impact plus important sur la productivité des coauteurs, et les premiers auteurs sont davantage affectés.

### **4.3. Impact scientifique**

De nombreux chercheurs dans notre échantillon ( $n = 468$ ) n'ont publié aucun article dans les 5 ans suivant la rétractation d'un de leurs articles. Puisque leur impact scientifique dans les années suivant la rétractation est par conséquent inexistant, ils sont exclus de notre échantillon pour cette partie de notre analyse. Nous utilisons donc, dans les sections suivantes, un sous-échantillon contenant les 1 261 coauteurs (200 premiers auteurs, 260 derniers auteurs, et 801 autres auteurs) ayant au moins une publication dans les 5 ans suivant la rétractation d'un de leurs articles.

#### **4.3.1. Impact relatif individuel**

Le tableau 5 indique combien de coauteurs ont vu le nombre moyen de citations relatives de leurs publications (c'est-à-dire leur impact relatif individuel) diminuer ou augmenter à la suite de la rétractation. Nous remarquons que l'impact scientifique des chercheurs diminue, mais de façon moins frappante que la productivité, ce qui est sans doute

dû au fait que nous limitons l'analyse à ceux qui ont écrit au moins un article après la rétractation. Encore une fois, la fraude semble avoir un plus grand impact que les erreurs et les autres causes de rétractation, et les premiers auteurs sont les plus affectés. Les derniers auteurs semblent quant à eux être les moins affectés par la rétractation, avec des résultats semblables à ceux du groupe contrôle.

Tableau 5. Impact relatif individuel (IRI) des chercheurs avant et après la rétractation

Après (T > 0) vs avant (T < 0) la rétractation							
	Augmentation		Diminution		IRI médian		
	N	%	N	%	Avant	Après	Variation
<i>Premiers auteurs</i>							
Fraude	16	37,2 %	27	62,8 %	1,054	0,897	-14,9 %
Erreur	43	51,8 %	40	48,2 %	0,987	1,006	1,9 %
Autres raisons	34	45,9 %	40	54,1 %	1,027	0,964	-6,1 %
Contrôle	156	45,7 %	200	54,3 %	1,045	0,969	-7,3 %
<i>Derniers auteurs</i>							
Fraude	34	42,5 %	46	57,5 %	1,032	0,969	-6,1 %
Erreur	52	59,1 %	36	40,9 %	0,976	1,046	7,2 %
Autres raisons	43	46,7 %	49	53,3 %	1,020	0,984	-3,5 %
Contrôle	166	43,1 %	219	56,9 %	1,035	0,961	-7,1 %
<i>Autres auteurs</i>							
Fraude	107	37,7 %	177	62,3 %	1,058	0,926	-12,5 %
Erreur	135	49,5 %	138	50,5 %	1,005	0,993	-1,2 %
Autres raisons	112	45,9 %	132	54,1 %	1,025	0,980	-4,4 %
Contrôle	364	42,3 %	496	57,7 %	1,042	0,946	-9,2 %

Un second constat est intéressant : les chercheurs ayant rétracté des articles à cause d'erreurs et pour d'autres raisons ont obtenu de meilleurs résultats que le groupe contrôle. Notamment, 59,1 % des derniers auteurs et 51,8 % des premiers auteurs ont vu par leur impact scientifique augmenter à la suite d'une rétractation pour cause d'erreur. Ce sont d'ailleurs les deux seules catégories où la majorité des chercheurs semblent faire mieux dans les années

suivant la rétractation. Il faut toutefois garder en tête que les chercheurs n'ayant pas publié sont exclus et qu'il s'agit donc ici d'un sous-ensemble d'auteurs « résilients ».

Au niveau de la variation de l'IRI médian (partie droite du tableau 5), nous remarquons les mêmes tendances. Les premiers et les derniers auteurs d'articles rétractés pour erreurs sont les seuls dont l'impact a augmenté à la suite de la rétractation. À l'opposé, l'impact post-rétractation des premiers auteurs et des autres auteurs ayant rétracté un article frauduleux est celui ayant connu la plus importante diminution.

#### **4.3.2. Publications les plus citées**

Le nombre de publications figurant dans les 5 % les plus citées du domaine nous permet de voir combien d'articles publiés par un chercheur sont reconnus comme étant les plus « importants » par sa communauté.

Le tableau 6 montre que la proportion des publications hautement citées diminue pour la plupart des groupes de coauteurs à la suite de la rétractation. Elle montre également que cet impact est, encore une fois, plus important pour les premiers auteurs et les autres auteurs ainsi que dans les cas fraude.

Le nombre d'auteurs ayant publié le même nombre d'articles hautement cités avant et après la fraude est aussi très élevé. Cela est dû au fait que ce ne sont pas tous les chercheurs qui publient des articles hautement cités. Ainsi, la grande majorité des chercheurs dans la colonne « stable » du tableau 6 sont des chercheurs n'ayant publié aucun article hautement cité, ni avant ni après la rétractation. C'est d'ailleurs pour cette raison que nous utilisons le 3<sup>e</sup> quartile dans le tableau 6 plutôt que la médiane (qui est 0 dans la plupart des cas).

Tableau 6. Proportion des publications hautement citées avant et après la rétractation.

	Après (T > 0) vs avant (T < 0) la rétractation						Proportion des publications hautement citées		
	Augmentation		Stable		Diminution		3 <sup>e</sup> quartile*		
	N	%	N	%	N	%	Avant	Après	Variation
<i>Premiers auteurs</i>									
Fraude	10	23,3 %	18	41,9 %	15	34,9 %	0,165	0,118	-28,3 %
Erreur	25	30,1 %	36	43,4 %	22	26,5 %	0,106	0,100	-5,0 %
Autres raisons	19	25,7 %	31	41,9 %	24	32,4 %	0,131	0,078	-40,3 %
Contrôle	110	30,9 %	135	37,9 %	111	31,2 %	0,167	0,141	-15,6 %
<i>Derniers auteurs</i>									
Fraude	28	35,0 %	20	25,0 %	32	40,0 %	0,159	0,137	-14,3 %
Erreur	30	34,1 %	24	27,3 %	34	38,6 %	0,135	0,159	17,8 %
Autres raisons	32	34,8 %	28	30,4 %	32	34,8 %	0,127	0,144	13,4 %
Contrôle	137	35,6 %	84	21,8 %	164	42,6 %	0,166	0,167	0,4 %
<i>Autres auteurs</i>									
Fraude	71	25,0 %	89	31,3 %	124	43,7 %	0,167	0,105	-38,8 %
Erreur	83	30,4 %	97	35,5 %	93	34,1 %	0,135	0,159	17,8 %
Autres raisons	56	23,0 %	110	45,1 %	78	32,0 %	0,127	0,144	13,4 %
Contrôle	246	28,6 %	286	33,3 %	327	38,1 %	0,167	0,136	-18,2 %

\* Le 3<sup>e</sup> quartile est utilisé dans ce cas-ci puisque la médiane se situe à 0 dans plusieurs cas (surtout les premiers auteurs) et ne permet pas de voir les différences entre les deux périodes.

### 4.3.3. Publications dans les revues à haut facteur d'impact

Comme le montre le tableau 7, les chercheurs publient moins dans des revues à haut facteur d'impact (top 5 % dans leur discipline) à la suite de la rétractation. Encore une fois, les premiers auteurs sont particulièrement affectés. De plus, dans les cas de fraude, les derniers auteurs et les autres auteurs ont aussi connu une diminution importante de leurs publications dans des revues à haut facteur d'impact. Ces tendances sont observables tant au niveau du nombre de chercheurs ayant connu une diminution (partie gauche du tableau 7), qu'au niveau de la proportion des publications (partie droite).

Tableau 7. Publications dans les revues à haut facteur d'impact avant et après la rétractation.

Après (T > 0) vs avant (T < 0) la rétractation							Proportion des publications dans les revues à haut facteur d'impact		
	Augmentation		Stable		Diminution		Médiane		
<i>Premiers auteurs</i>	N	%	N	%	N	%	Avant	Après	Variation
Fraude	10	23,3 %	8	18,6 %	25	58,1 %	0,160	0,047	-70,6 %
Erreur	22	26,5 %	19	22,9 %	42	50,6 %	0,118	0,000	-100,0 %
Autres raisons	21	28,4 %	22	29,7 %	31	41,9 %	0,055	0,000	-100,0 %
Contrôle	100	28,1 %	77	21,6 %	179	50,3 %	0,167	0,077	-53,9 %
<i>Derniers auteurs</i>									
Fraude	26	32,5 %	9	11,3 %	45	56,3 %	0,176	0,074	-58,0 %
Erreur	32	36,4 %	11	12,5 %	45	51,1 %	0,140	0,107	-23,6 %
Autres raisons	26	28,3 %	21	22,8 %	45	48,9 %	0,113	0,053	-53,1 %
Contrôle	126	32,7 %	47	12,2 %	212	55,1 %	0,171	0,121	-29,2 %
<i>Autres auteurs</i>									
Fraude	69	24,3 %	47	16,5 %	168	59,2 %	0,184	0,061	-66,8 %
Erreur	83	30,4 %	52	19,0 %	138	50,5 %	0,128	0,073	-43,0 %
Autres raisons	57	23,4 %	82	33,6 %	105	43,0 %	0,074	0,000	-100,0 %
Contrôle	261	30,4 %	155	18,0 %	443	51,6 %	0,167	0,089	-46,7 %

Il est intéressant de noter que dans le tableau 7, les résultats pour tous les auteurs dans des cas d'erreurs diffèrent de ceux du tableau 6. En effet, alors que les erreurs semblent avoir un impact relativement faible sur le nombre de publications hautement citées, l'impact semble nettement plus important au niveau du nombre de publications dans des revues à haut facteur d'impact. Malgré tout, nous observons une certaine convergence dans les résultats des tableaux 5, 6 et 7 présentant les mesures des trois indicateurs utilisés pour évaluer l'impact scientifique des chercheurs.

#### 4.4. Pratiques de collaboration

Il est possible que la rétractation d'un article ébranle la confiance des chercheurs envers les autres membres de leur communauté. Ainsi, le coauteur d'un article rétracté

pourrait hésiter par la suite à collaborer avec des chercheurs qu'il connaît peu. À l'inverse, les autres chercheurs de la communauté pourraient être moins enclins à collaborer avec un individu dont le nom figure sur un article frauduleux. Nous avons donc mesuré l'effet des rétractations sur l'évolution du nombre moyen d'auteurs normalisé par article (tableau 8). Or, il semble que la rétractation a peu d'effet sur le nombre d'auteurs des articles publiés par la suite.

Tableau 8. Nombre moyen d'auteurs par article avant et après la rétractation.

	Après la rétractation vs avant la rétractation				Nombre relatif d'auteurs par article		
	Augmentation		Diminution		Moyenne*		
	N	%	N	%	Avant	Après	Variation
<i>Premiers auteurs</i>							
Fraude	33	53,2 %	29	46,8 %	1,019	0,979	-3,9 %
Erreur	43	47,8 %	47	52,2 %	0,985	1,010	2,5 %
Autres raisons	41	54,7 %	34	45,3 %	0,971	1,051	8,2 %
Contrôle	178	51,4 %	168	48,6 %	0,988	1,012	2,4 %
<i>Derniers auteurs</i>							
Fraude	37	47,4 %	41	52,6 %	1,011	1,015	0,4 %
Erreur	51	56,7 %	39	43,3 %	0,969	1,048	8,2 %
Autres raisons	40	50,0 %	40	50,0 %	1,021	0,997	-2,4 %
Contrôle	167	47,0 %	188	53,0 %	1,004	1,005	0,1 %
<i>Autres auteurs</i>							
Fraude	122	45,7 %	145	54,3 %	1,054	1,012	-4,0 %
Erreur	135	51,1 %	129	48,9 %	0,980	1,017	3,8 %
Autres raisons	115	45,1 %	140	54,9 %	0,998	0,990	-0,8 %
Contrôle	443	49,2 %	457	50,8 %	0,992	1,002	1,0 %

\* La moyenne est ici une bonne mesure de tendance centrale à cause de la variabilité relativement faible des données (coefficient de variation d'environ 20 %).

Nous avons également mesuré le nombre moyen d'institutions par publication (tableau 9). Encore une fois, nous ne notons aucun changement important entre la période prérétractation et la période post-rétractation. De plus, dans les deux tableaux (8 et 9), il ne semble y avoir aucune différence claire entre les différents groupes d'auteurs et les groupes contrôle

correspondants. Ces résultats mènent à la conclusion que les rétractations ont peu d'impact important sur les pratiques de collaboration des coauteurs, que ce soit au niveau du nombre de coauteurs ou encore au niveau du nombre d'institutions sur les publications futures.

Tableau 9. Nombre moyen d'institutions par article avant et après la rétractation.

	Après la rétractation vs avant la rétractation						Nombre d'institutions par article		
	Augmentation		Stable		Diminution		Médiane		
	N	%	N	%	N	%	Avant	Après	Variation
<i>Premiers auteurs</i>									
Fraude	27	62,8 %	2	4,7 %	14	32,6 %	0,962	1,077	12,0 %
Erreur	55	66,3 %	6	7,2 %	22	26,5 %	0,923	1,069	15,8 %
Autres raisons	44	59,5 %	3	4,1 %	27	36,5 %	0,953	1,041	9,2 %
Contrôle	160	67,8 %	7	3,0 %	69	29,2 %	0,907	1,071	18,1 %
<i>Derniers auteurs</i>									
Fraude	55	68,8 %	3	3,8 %	22	27,5 %	0,937	1,080	15,3 %
Erreur	65	73,9 %	1	1,1 %	22	25,0 %	0,939	1,075	14,5 %
Autres raisons	64	69,6 %	2	2,2 %	26	28,3 %	0,948	1,052	11,0 %
Contrôle	170	71,4 %	4	1,7 %	64	26,9 %	0,943	1,071	13,6 %
<i>Autres auteurs</i>									
Fraude	167	58,8 %	7	2,5 %	110	38,7 %	0,963	1,044	8,4 %
Erreur	168	61,5 %	11	4,0 %	94	34,4 %	0,943	1,071	13,6 %
Autres raisons	147	60,2 %	14	5,7 %	83	34,0 %	0,953	1,041	9,2 %
Contrôle	325	59,9 %	27	5,0 %	191	35,2 %	0,962	1,049	9,0 %

## Chapitre 5. Discussion, limites et recherches futures

### 5.1. Discussion

Nos résultats nous permettent de tirer les grandes conclusions suivantes : dans un premier temps, la rétractation d'un article a des conséquences – souvent importantes – sur la productivité subséquente de ses coauteurs, et dans une moindre mesure, sur l'impact scientifique de leurs publications parues après la rétractation. Par contre, la rétractation ne semble pas avoir d'effet sur les pratiques de collaboration des chercheurs. Dans un deuxième temps, nos résultats indiquent que l'impact des rétractations sur la productivité et l'impact subséquent des chercheurs varie en fonction de différents facteurs, notamment leurs contributions respectives à l'article rétracté ainsi que la cause de la rétractation.

#### *Distinctions entre fraudes, erreurs et autres causes de rétractation*

Plus spécifiquement, nos résultats montrent clairement que les effets de la rétractation sont plus importants lorsqu'il s'agit de cas de fraude, et moins importants dans les cas d'erreurs. Cela est cohérent avec le fait que la fraude, un acte clairement non souhaitable et délibéré (Steneck 2006), doit impérativement mener à des conséquences pour les chercheurs (Wells et Farthing 2008). À l'inverse, l'erreur est non délibérée et ne devrait généralement pas mener à des conséquences au même niveau que la fraude, ce qui est aussi appuyé par nos résultats.

L'erreur et la fraude sont les deux extrêmes d'un continuum de causes possibles de rétractation et les autres raisons de rétractation se retrouvent généralement quelque part entre

ces deux extrêmes. Plusieurs d'entre elles sont néanmoins liées à des pratiques de recherche peu éthiques. Par exemple, notre échantillon de rétractation contient 24 cas d'autoplagiat (duplication d'article) et 6 cas où la recherche a été effectuée sans l'approbation du comité de protection des personnes (CPP). Un CPP est un comité d'éthique dont le rôle est de s'assurer que la recherche biomédicale respecte certaines règles afin de protéger les personnes participant à une étude donnée. Or, selon nos résultats les conséquences de ces rétractations sur la productivité et l'impact scientifique des chercheurs seraient plus importantes que dans les cas d'erreurs, mais moins importantes que dans les cas de fraude. Ces résultats sont également cohérents avec l'idée voulant que les conséquences soient proportionnelles à la gravité de la faute commise. Cela dit, tel que discuté au chapitre 2, certaines rétractations sont peu informatives quant à la cause de rétractation, et dans certains cas l'information est tout simplement absente. Il est donc possible que les rétractations classées dans la catégorie « autres raisons » aient en fait été des cas de fraude ou d'erreurs.

En somme, nos résultats montrent que tous les types de rétractations ont des conséquences pour les collaborateurs. Toutefois, l'ampleur de ces conséquences varie en fonction de la raison de rétractation. Une des explications possibles est fournie par Azoulay et al. (2012), qui montrent comment les rétractations créent un choc dans la spécialité touchée, entraînant du coup une baisse du nombre de publications sur le sujet ainsi qu'une baisse du financement du National Institute of Health (NIH) dans la spécialité.

#### *Distinctions entre premiers auteurs, derniers auteurs et autres auteurs*

Comme nous l'avons vu au chapitre 2, le statut et les contributions respectives des coauteurs d'un article varient et sont généralement reflétés dans l'ordre des signatures sur

l'article. Cela fait en sorte que la rétractation n'est pas nécessairement vécue de la même façon par chacun des coauteurs. En effet, nos résultats montrent que la productivité des premiers auteurs est plus lourdement affectée par les rétractations, comparativement à celle des derniers auteurs et des autres auteurs. Cela est, somme toute, peu surprenant, étant donné que les premiers auteurs sont, en théorie, ceux ayant fait la plus grande partie du travail de recherche. En effet, on peut s'imaginer que la rétractation d'un article puisse causer une forte réaction chez un chercheur ayant mené le projet et travaillé sur ce dernier à temps plein pendant plusieurs mois, alors qu'à l'inverse, un collaborateur ayant joué un rôle moins central dans le projet n'aura pas le même attachement à la recherche et ne vivra donc vraisemblablement pas cette expérience de la même façon. En plus de leur rôle central dans le projet de recherche, les premiers auteurs sont, en recherche biomédicale, souvent des étudiants ou des post-doctorants. Il est fort probable que la rétractation d'un article en début de carrière puisse causer un « traumatisme » plus important pour ces jeunes chercheurs que pour les chercheurs plus expérimentés.

En revanche, le dernier auteur d'un article est typiquement un chercheur expérimenté occupant un poste permanent et généralement le directeur du laboratoire où la recherche a été menée (Pontille 2004). De ce fait, il est fort probable que leur position dans la structure sociale de la science leur permet de se remettre plus facilement du choc que peut causer la rétractation d'un article. Nos résultats appuient cette idée, puisqu'ils montrent clairement que la productivité des derniers auteurs est beaucoup moins affectée par les rétractations que l'est celle des premiers et des autres auteurs. Cela dit, les cas de fraudes scientifiques, contrairement aux cas d'erreurs et de rétractations pour d'autres raisons, ont tout de même un impact important sur la productivité des derniers auteurs. Ces résultats peuvent aussi

s'expliquer par le fait que, de par leur statut (professeur, directeur de laboratoire, etc.), les derniers auteurs peuvent avoir un grand nombre de chercheurs « junior » travaillant sous leur supervision. Ainsi, si un de ces étudiants commet une fraude ou fait une erreur menant à la rétractation d'un article, il ne s'agit pour le superviseur que d'une partie de son travail qui est perdu, alors que pour le jeune chercheur, il s'agit fort possiblement de l'ensemble de son travail.

Comme nous l'avons vu au chapitre 2, les autres auteurs sont un groupe plus hétérogène que les premiers et les derniers auteurs (Shapiro, Wenger et Shapiro 1994). Ils peuvent être des techniciens de laboratoire ou encore des chercheurs dont la contribution au projet est plutôt périphérique, mais ils peuvent également avoir joué un rôle de premier plan dans le projet de recherche. Par exemple, même si deux étudiants mènent ensemble un projet, ils ne pourront pas être tous les deux premiers auteurs de l'article en résultant. Le deuxième auteur sera considéré comme un « autre auteur » dans le cadre de cette recherche. La même situation survient si plusieurs professeurs dirigent conjointement un projet de recherche impliquant leurs laboratoires respectifs. Ceci rend nos observations plus difficilement généralisables, mais tel que mentionné au chapitre 2, on peut malgré tout considérer qu'en général, les premiers auteurs et les derniers auteurs sont les principaux contributeurs, suivis des deuxièmes auteurs (Burman 1982) puis des autres (Pontille 2004). Cela dit, les résultats de notre recherche montrent que les autres auteurs subissent moins de conséquences que les premiers auteurs et les derniers auteurs en ce qui concerne la productivité. Nos résultats sont donc en accord avec l'idée voulant que la rétractation ait des conséquences proportionnelles à la responsabilité respective des auteurs.

En résumé, en analysant les résultats pour les trois groupes d'auteurs (premiers, derniers et autres), nous arrivons à la conclusion que tous les coauteurs vont généralement subir les conséquences de la rétractation. Par contre, ces conséquences ne sont pas les mêmes pour tous les auteurs et sont en fait proportionnelles à la contribution du chercheur à la recherche. Les conséquences sont également plus importantes pour les premiers auteurs, dont le statut est souvent plutôt précaire (généralement des étudiants ou des post-doctorants). À l'inverse, elles sont moindres pour les derniers auteurs, chercheurs expérimentés dont la situation est en général plus stable. Finalement, les autres auteurs, malgré des profils et des contributions variés, subissent moins les conséquences de la rétractation, ce qui est cohérent avec leur contribution à l'article.

## **5.2. Limites de la recherche**

La recherche présentée dans ce mémoire comporte certaines limites qu'il est important de souligner. La première limite – et probablement la plus évidente – de notre recherche est qu'elle analyse les conséquences des rétractations uniquement dans le domaine biomédical. Ainsi, nos résultats ne peuvent être généralisés aux autres disciplines. En second lieu, notre échantillon de rétractations est limité aux revues indexées dans le WOS, et ne couvre donc pas l'ensemble des cas de fraude et autres rétractations dans le domaine biomédical. Notre échantillon est également un sous-groupe de l'ensemble des cas de fraude scientifique puisque, tel que mentionné dans le chapitre 2, les chercheurs inclus dans notre recherche doivent avoir été coauteurs d'un article ayant été publié dans une revue indexée dans WOS; la fraude, l'erreur ou autre facteur menant à la rétractation doit avoir été identifié; et la revue (ou les auteurs) doit avoir subséquemment publié un avis de rétractation.

Une autre limite est liée à l'information limitée que nous avons sur les différents cas de rétractation. D'une part, il y a certains cas où le manque d'information rend impossible de déterminer la raison de la rétractation. Il est donc possible que des rétractations classées dans la catégorie « autres raisons » aient en fait été des cas de fraude ou d'erreurs. D'autre part, dans bien des cas il n'y a pas eu d'enquête de l'ORI et l'avis de rétractation n'indique pas quels chercheurs sont responsables de la fraude, de l'erreur ou de tout autre acte ayant mené à la rétractation de l'article. Dans de tels cas, nous avons considéré qu'aucun des coauteurs n'est responsable, alors qu'en réalité, ce n'est fort probablement pas le cas. Aussi, même si la responsabilité de ces chercheurs n'a pas été rendue publique, il est possible qu'ils aient subi des conséquences comparables à ceux qui ont été formellement et publiquement identifiés comme responsables.

Une troisième limite est liée à l'ordre des auteurs, qui n'est pas toujours représentatif du travail effectué par les chercheurs (Shapiro, Wenger et Shapiro 1994; Bennet et Taylor 2003), ainsi que de leur statut dans leur position dans la structure sociale de la science. Cela rend difficile, surtout pour les « autres auteurs », de généraliser les résultats à un type particulier de chercheur. Par exemple, malgré les normes illustrées par Pontille (2004) pour les disciplines de la biologie, il est possible que les premiers auteurs soient des chercheurs expérimentés, et que le dernier auteur soit un jeune chercheur avec peu d'expérience et un statut plutôt précaire. De plus, comme nous l'avons vu, les autres auteurs forment un groupe clairement plus hétérogène.

### 5.3. Recherches futures

La présente recherche jette certaines bases conceptuelles et méthodologiques pour de futures recherches visant à mieux comprendre la façon dont les chercheurs et la communauté scientifique réagissent à la suite d'une rétractation. Il pourrait être intéressant de faire une recherche similaire pour d'autres disciplines, afin de mettre en lumière des différences disciplinaires en ce qui concerne la prévalence et les conséquences de la fraude scientifique et des erreurs. De futurs travaux pourraient également viser à voir si la fraude scientifique et les rétractations ont des impacts différents d'un pays à l'autre. En d'autres termes, est-ce qu'il existe des différences culturelles entre les communautés scientifiques locales faisant en sorte que les coauteurs d'articles rétractés sont plus affectés dans certains pays que dans d'autres?

Aussi, notre recherche ne nous permet pas de bien comprendre pourquoi les chercheurs subissent les conséquences observées à la suite d'une rétractation. Ainsi, des recherches futures pourraient chercher à expliquer plus en détails les différents mécanismes qui font que les chercheurs publient moins à la suite d'une rétractation, qu'ils sont moins cités, et qu'ils ont plus de difficultés à publier dans les revues à haut facteur d'impact. Par exemple, est-ce que les conséquences sont causées par le fait que la communauté scientifique est moins réceptive (citations) à l'égard des travaux ultérieurs des chercheurs de notre échantillon? À l'inverse, est-ce plutôt le chercheur lui-même qui, ébranlé par la rétractation, prend un certain temps à s'en remettre et à retrouver son rythme de travail (publications)? Les résultats de notre recherche sont peu informatifs à ce niveau, et d'autres recherches seraient certainement de mise pour répondre à ces questions. Nos résultats pourraient également être enrichis par une

enquête où l'on interrogerait les coauteurs d'articles rétractés afin de comprendre comment ils ont eux-mêmes perçu l'impact de la rétractation sur leur carrière.

En somme, ceci n'est qu'un premier pas dans l'exploration du phénomène des rétractations dans une perspective de responsabilité et de conséquences partagées entre les chercheurs. Malgré les quelques limites de notre recherche, nos résultats sont clairs et confirment que la fraude a bel et bien un impact sur la carrière des collaborateurs. Ainsi, ils fournissent des preuves supplémentaires des effets dommageables qu'ont la fraude scientifique et les autres pratiques de recherche peu éthiques pour les chercheurs et pour la science en général. Il importe ainsi de continuer les recherches sur le sujet et de prendre des mesures afin de réduire la prévalence de ces phénomènes, non seulement dans le domaine biomédical, mais dans l'ensemble des disciplines.

## Références bibliographiques

- Albarrán, Pedro et al. 2011. The Skewness of Science in 219 Sub-fields and a Number of Aggregates. *Scientometrics* 88 no 2 : 385–397.
- Anderson, Paul A. et Scott D. Boden. 2008. Ethical Considerations of Authorship. *SAS Journal* 2, no 3 : 155–158.
- Archambault, Éric et al. 2006. Benchmarking Scientific Output in The Social Sciences and Humanities: The Limits of Existing Databases. *Scientometrics*, 68, no 3 : 329–342.
- Archambault, Éric et Vincent Larivière. 2009. History of the Journal Impact Factor: Contingencies and Consequences. *Scientometrics* 79, no 3 : 635–649.
- Arthur, Charles et Phillip Inman. 2013. The Error That Could Subvert George Osborne's Austerity Programme. *The Guardian* 18 avril.
- Association of Universities and Colleges of Canada. 2007. *Trends in Higher Education – Volume 2 : Faculty*. Ottawa : Association of Universities and Colleges of Canada.
- Atlas, Michael C. 2004. Retraction Policies of High-impact Biomedical Journals. *Journal of the Medical Library Association* 92, no 2 : 242–250.
- Azoulay, Pierre et al. 2012. Retractions. *NBER Working Paper Series* 18449.
- Babbage, Charles. 1830. *Reflections on the Decline of Science in England, and Some of Its Causes*. London : Fellowes.
- Bates, Tamara et al. 2004. Authorship Criteria and Disclosure of Contributions. *Journal of the American Medical Association* 292, no 1 : 86–88.
- Beaver, Donald deB. et Richard Rosen. 1978. Studies in Scientific Collaboration. *Scientometrics* 1, no 1 : 65–84.
- Beaver, Donald deB. et Richard Rosen. 1979. Studies in Scientific collaboration-Part II. Scientific Co-authorship, Research Productivity and Visibility in the French Scientific Elite, 1799–1830. *Scientometrics* 1, no 2 : 133–149.
- Bechtel, H. Kenneth. 1985. Deviant Scientists and Scientific Deviance. *Deviant Behavior* 6, no 3 : 237–252.
- Ben-Yehuda, Nachman. 1986. Deviance in Science - Towards the Criminology of Science. *The British Journal of Criminology* 26, no 1 : 1–27.

- Bennett, Dianne M. et David McD. Taylor. 2003. Unethical Practices in Authorship of Scientific Papers. *Emergency Medicine* 15, no 3 : 263–270.
- Bernal, John Desmond. 1939. *The Social Function of Science*. London : Routledge.
- Bhopal, Raj et al. 1997. “The Vexed Question of Authorship: Views of Researchers in a British Medical Faculty. *British Medical Journal* 314, no 7086 : 1009.
- Biagioli, Mario. 1998. The Instability of Authorship: Credit and Responsibility in Contemporary Biomedicine. *FASEB Journal* 12, no 1 : 3–16.
- Biagioli, Mario. 1999. Aporias of Scientific Authorship: Credit and Responsibility in Contemporary Biomedicine. In *The Science Studies Reader*, 12–30. London : Routledge.
- Biagioli, Mario. 2000. Rights or Rewards? Changing Contexts and Definitions of Scientific Authorship. *Journal of College and University Law* 27, no 1, 83–108.
- Bird, Stephanie J. 2002. Self-Plagiarism and Dual and Redundant Publications: What Is the Problem? Commentary on ‘Seven Ways to Plagiarize: Handling Real Allegations of Research Misconduct’. *Science and Engineering Ethics* 8, no 4 : 543–544.
- Bird, Steven B. et Marco L.A. Sivilotti. 2008. Self-plagiarism, Recycling Fraud, and the Intent to Mislead. *Journal of Medical Toxicology* 4, no 2 : 69–70.
- Birnholtz, Jeremy P. 2006. What Does It Mean to Be an Author? The Intersection of Credit, Contribution, and Collaboration in Science. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 57, no 13 : 1758–1770.
- Bonetta, Laura. 2006. The Aftermath of Scientific Fraud. *Cell* 124, no 5 : 873–875.
- Bornmann, Lutz et al. 2011. A Multilevel Modelling Approach to Investigating the Predictive Validity of Editorial Decisions: Do the Editors of a High-Profile Journal Select Manuscripts that are Highly Cited after Publication? *Journal of the Royal Statistical Society - Series A (Statistics in Society)* 174, no 4 : 857–879.
- Bornmann, Lutz, Felix de Moya Anegón et Loet Leydesdorff. 2012. The new Excellence Indicator in the World Report of the SCImago Institutions Rankings 2011. *Journal of Informetrics* 6, no 2 : 333–335.
- Bornmann, Lutz. 2013. How to Analyze Percentile Citation Impact Data Meaningfully in Bibliometrics: The Statistical Analysis of Distributions, Percentile Rank Classes, and Top-Cited Papers. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* (in press).
- Braunwald, Eugene. 1987. On Analysing Scientific Fraud. *Nature* 325, no 6101 : 215–216.

- Braxton, John M. et Alan E. Bayer. 1994. Perceptions of Research Misconduct and an Analysis of Their Correlates. *Journal of Higher Education* 65, no 3 : 351–372.
- Broad, William J. 1981. Fraud and the Structure of Science. *Science* 212, no 5 : 137.
- Broad, William J. et Nicholas Wade. 1982. *Betrayers of the Truth*. New York : Simon and Schuster.
- Broad, William J. 1983. Notorious Darsee Case Shakes Assumptions About Science. *New York Times*, 14 juin.
- Brodman, Estelle. 1944. Choosing Physiology Journals. *Bulletin of the Medical Library Association* 32, no 4 : 479.
- Budd, John M. et Mary Ellen Siviert. 1999. Effects of Article Retraction on Citation and Practice in Medicine. *Bulletin of the Medical Library Association* 87, no 4 : 437.
- Burman, Kenneth D. 1982. Hanging from the Masthead: Reflections on Authorship. *Annals of Internal Medicine* 97, no 4 : 602–605.
- Cameron, Brian D. 2005. Trends in the Usage of ISI Bibliometric Data: Uses, Abuses, and Implications.” *Portal : Libraries and the Academy* 5, no 1: 105–125.
- Creutzberg, Tijs. 2009. *The State of Research Integrity and Misconduct Policies in Canada*. Ottawa : Canadian Research Integrity Committee.
- Chop, Rose M. et Mary Cipriano Silva. 1991. Scientific Fraud: Definitions, Policies, and Implications for Nursing Research. *Journal of Professional Nursing* 7, no 3 : 166–171.
- Chubin, Daryl E. 1985. Research Malpractice. *BioScience* 35, no 2 : 80–89.
- Clarke, Beverly L. 1964. Multiple Authorship Trends in Scientific Papers. *Science* 143, no 3608 : 822–824.
- Cokol, Murat, Fatih Ozbay et Raul Rodriguez-Esteban. 2008. Retraction Rates Are on the Rise. *EMBO Reports* 9, no 1 : 2.
- Cole, Jonathan R. et Stephen Cole. 1973. *Social Stratification in Science*. Chicago : University of Chicago Press.
- Collier, Roger. 2011. Shedding Light on Retractions. *Canadian Medical Association Journal* 183, no 7 : E385–6.
- Couzin, Jennifer. 2006. Scientific Fraud. *Science* 314, no 5807 : 1853.

- Cronin, Blaise. 2001. Hyperauthorship : A Postmodern Perversion or Evidence of a Structural Shift in Scholarly Communication Practices? *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 52, no 7 : 558–569.
- Culliton, Barbara J. 1974. The Sloan-Kettering Affair: A Story Without a Hero. *Science* 184, no 4137 : 644–650.
- Culliton, Barbara J. 1983. Coping with Fraud: The Darsee Case. *Science* 220, no 4592 : 31.
- Davenport, Elisabeth et Blaise Cronin. 2001. Who Durnit? Metatags and Hyperauthorship. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 52, no 9 : 770–773.
- Debackere, Koenraad et Wolfgang Glänzel. (2004). Using a Bibliometric Approach to Support Research Policy Making: The Case of the Flemish BOF-key. *Scientometrics* 59, no 2 : 253–276.
- De Bellis, Nicola. 2009. *Bibliometrics and Citation Analysis: From the Science Citation Index to Cybermetrics*. Toronto : Scarecrow Press.
- Diodato, Virgil P. 1994. *Dictionary of bibliometrics*. New York : Haworth Press.
- Dong, Eugene. 1991. Confronting Scientific Fraud. *Chronicle of Higher Education* 38, no 7 : A52.
- Dorfman, Donald D. 1978. The Cyril Burt Question: New Findings. *Science* 201, no 4362 : 1177–1186.
- Epstein, Richard J. 1993. Six Authors in Search of a Citation: Villains or Victims of the Vancouver Convention? *British Medical Journal* 306, no 6880 : 765.
- Fanelli, Daniele. 2009. How Many Scientists Fabricate and Falsify Research? A Systematic Review and Meta-Analysis of Survey Data. *PLoS ONE* 4, no 5 : e5738.
- Fang, Ferric C., R. Grant Steen et Arturo Casadevall. 2012. Misconduct Accounts for the Majority of Retracted Scientific Publications. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109, no 42 : 17028–17033.
- Fenning, Trevor M. 2004. Fraud Offers Big Rewards for Relatively Little Risk. *Nature* 427, no 6973 : 393.
- Flanagin, Annette et al. 1998. Prevalence of Articles with Honorary Authors and Ghost Authors in Peer-reviewed Medical Journals. *Journal of the American Medical Association* 280, no 3 : 222–224.

- Frame, J. Davidson et Mark P. Carpenter. 1979. International Research Collaboration. *Social Studies of Science* 9, no 4 : 481–497.
- Furman, Jeffrey L., Kyle Jensen et Fiona Murray. 2012. Governing Knowledge in the Scientific Community: Exploring the Role of Retractions in Biomedicine. *Research Policy* 41, no 2 : 276–290.
- Garfield, Eugene. 1955. Citation Indexes for Science. *Science* 122, no 3159 : 108–111.
- Garfield, Eugene. 1979. Is Citation Analysis a Legitimate Evaluation Tool? *Scientometrics* 1, no 4 : 359–375.
- Garfield, Eugene. 1989. Citation Indexes Can Help Halt the Spread of Fraudulent Research. *Scientist* 3, no 16 : 12.
- Garfield, Eugene. 1990. How ISI Selects Journals for Coverage: Quantitative and Qualitative Considerations. *Essays of an Information Scientist* 13, no 22 : 185–193.
- Garfield, Eugene. 2006. The History and Meaning of the Journal Impact Factor. *Journal of the American Medical Association* 295, no 1 : 90–93.
- Gilvarry, J.J. et H.K. Ihrig. 1959. Group Effort in Modern Physics Research. *Science* 129, no 3358 : 1277–1278.
- Glänzel, Wolfgang et Andras Schubert. 2001. Double Effort = Double Impact? A Critical View at International Co-authorship in Chemistry. *Scientometrics* 50, no 2 : 199–214.
- Godlee, Fiona. 1996. Definition of ‘Authorship’ May Be Changed. *British Medical Journal* 312, no 7045 : 1501–1502.
- Gravel, Pauline. 2013. Un substitut de sang largement utilisé s’avère dangereux. *Le Devoir*, 20 février.
- Grieneisen, Michael L. et Minghua Zhang. 2012. A Comprehensive Survey of Retracted Articles from the Scholarly Literature. *PLoS ONE* 7, no 10 : e44118.
- Gross, Paul L.K. et E.M. Gross. 1927. College Libraries and Chemical Education. *Nature* 66, no 1713 : 385–389.
- Hagen, Nils T. 2008. Harmonic Allocation of Authorship Credit: Source-Level Correction of Bibliometric Bias Assures Accurate Publication and Citation Analysis. *PLoS ONE* 3, no 12 : e4021.
- Hagstrom, Warren O. 1975. *The Scientific Community*. Carbondale : Southern Illinois University Press.

- Hood, William W. et Concepción S. Wilson. 2001. The Literature of Bibliometrics, Scientometrics, and Informetrics. *Scientometrics* 52, no 2 : 291–314.
- Horton, Richard. 1998. The Unmasked Carnival of Science. *The Lancet* 351, no 9104 : 688–689.
- Huth, Edward J. 1986. Irresponsible Authorship and Wasteful Publication. *Annals of Internal Medicine* 104, no 2 : 257–259.
- Hwang, Seong Su et al. 2003. Researcher Contributions and Fulfillment of ICMJE Authorship Criteria: Analysis of Author Contribution Lists in Research Articles with Multiple Authors Published in *Radiology*. *Radiology* 226, no 1 : 16–23.
- ICMJE. 2013. Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals: Roles and Responsibilities of Authors, Contributors, Reviewers, Editors, Publishers, and Owners. <[http://www.icmje.org/roles\\_.html](http://www.icmje.org/roles_.html)>
- Ivaniš, Ana, Darko Hren et Dario Sambunjak. 2008. Quantification of Authors' Contributions and Eligibility for Authorship: Randomized Study in a General Medical Journal. *Journal of General Internal Medicine* 23, no 9 : 1303–1310.
- Judson, Horace Freeland. 2004. *The Great Betrayal : Fraud in Science*. Orlando : Harcourt.
- Karcz, Marcin, et Peter J. Papadakos. 2011. The Consequences of Fraud and Deceit in Medical Research. *Canadian Journal of Respiratory Therapy* 47, no 1 : 18–27.
- Katz, J. Sylvan et Ben R. Martin. 1997. What Is Research Collaboration? *Research Policy* 26, no 1 : 1–18.
- Kilbourne, Maria T. et Brock K. Kilbourne. 1983. The Dark Side of Science. In *AAAS*. San Francisco : American Association for the Advancement of Science, Pacific Division.
- King, David A. 2004. The Scientific Impact of Nations. *Nature* 430, no 6997 : 311–316.
- King Jr, Joseph T. 2000. How Many Neurosurgeons Does It Take to Write a Research Article? Authorship Proliferation in Neurosurgical Research. *Neurosurgery* 47, no 2 : 435–440.
- Kochen, Manfred. 1987. How Well Do We Acknowledge Intellectual Debts? *Journal of Documentation* 43, no 1 : 54–64.
- Koshland, Daniel E. 1987. Fraud in Science. *Science* 235, no 4785 : 141.
- LaFollette, Marcel C. 1992. *Stealing Into Print : Fraud, Plagiarism, and Misconduct in Scientific Publishing*. Berkeley : University of California Press.

- Lancaster, Frederick Wilfrid. 1979. *Measurement and Evaluation of Library Services*. Washington : Information Resources.
- Larivée, Serge et Maria G. Baruffaldi. 1993. *La science au-dessus de tout soupçon : enquête sur les fraudes scientifiques*. Laval, Québec : Méridien.
- Larivière, Vincent. 2007. *L'internationalisation de la recherche scientifique québécoise : comparaisons nationales, disciplinaires et effets de sexe, 1980-2005*. In Institut de la statistique du Québec (Ed.) Compendium d'indicateurs de l'activité scientifique et technologique au Québec, Édition 2007 : L'internationalisation de la science et de la technologie : 63-79.
- Larivière, Vincent. 2010. *A Bibliometric Analysis of Quebec's PhD Students' Contribution to the Advancement of Knowledge*. Thèse de doctorat : McGill University.
- Larivière, Vincent, Éric Archambault, Yves Gingras et Étienne Vignola-Gagné. 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, Vincent, Yves Gingras et Éric Archambault. 2006. Canadian Collaboration Networks: A Comparative Analysis of the Natural Sciences, Social Sciences and the Humanities. *Scientometrics* 68, no 3 : 519–533.
- Leash, Evangeline. 1997. Is It Time for a New Approach to Authorship? *Journal of Dental Research* 76, no 3 : 724–727.
- Lee, Sooho et Barry Bozeman. 2005. The Impact of Research Collaboration on Scientific Productivity. *Social Studies of Science* 35, no 5 : 673–702.
- Leydesdorff, Loet et al. 2011. Turning the tables in citation analysis one more time: principles for comparing sets of documents. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 62, no 7 : 1370-1381.
- Lotka, Alfred J. 1926. The Frequency Distribution of Scientific Productivity. *Journal of the Washington Academy of Sciences* 16, no 12 : 317–324.
- Loui, Michael C. 2002. Seven Ways to Plagiarize: Handling Real Allegations of Research Misconduct. *Science and Engineering Ethics* 8, no 4 : 529–539.
- Lozano, George A., Vincent Larivière et Yves Gingras. 2012. The Weakening Relationship Between the Impact Factor and Papers' Citations in the Digital Age. *Journal of the American Society for Information Science et Technology* 63, no 11 : 2140–2145.

- Majerus, Phil W. 1982. Fraud in Medical Research. *Journal of Clinical Investigation* 70, no 1 : 213–217.
- Marušić, Matko et al. 2004. Authorship in a Small Medical Journal: A Study of Contributorship Statements by Corresponding Authors. *Science and Engineering Ethics* 10, no 3 : 493–502.
- Meadows, A. Jack, et J.G. O’Connor. 1971. Bibliographical Statistics as a Guide to Growth Points in Science. *Social Studies of Science* 1, no 1 : 95–99.
- Merton, Robert K. 1942. The Normative Structure of Science, dans *Social Theory and Social Structure*. New York : Free Press.
- Merton, Robert K. 1957. Priorities in Scientific Discovery, dans *Social Theory and Social Structure*. New York : Free Press.
- Merton, Robert K. 1968. *Social Theory and Social Structure*. New York : Free Press.
- Merton, Robert K. 1973. *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*. Chicago : University of Chicago Press.
- Moed, H.F. 2005. *Citation Analysis in Research Evaluation*. Dordrecht : Springer.
- Moody, James. 2004. The Structure of a Social Science Collaboration Network: Disciplinary Cohesion from 1963–1999. *American Sociological Review* 69, no 2, 213–239.
- Moulopoulos, S.D., Sideris, D.A., et Georgilis, K.A. 1983. Individual Contributions to Multiauthor Papers. *British Medical Journal* 287, no 6405 : 1608.
- Mowatt, Graham et al. 2002. Prevalence of Honorary and Ghost Authorship in Cochrane Reviews. *Journal of the American Medical Association* 287, no 21 : 2769–2771.
- Narin, Francis. 1976. *Evaluative Bibliometrics: The Use of Publication et Citation Analysis in the Evaluation of Scientific Activity*. Washington D.C. : Computer Horizons.
- Nath, Sara B., Steven C. Marcus et Benjamin G. Druss. 2006. Retractions in the Research Literature: Misconduct or Mistakes? *The Medical Journal of Australia* 185, no 3 : 152–154.
- NIH. 2013. The Reorganization of National Library of Medicine (NLM) Bibliographic Databases. U.S. National Library of Medicine.  
<[http://www.nlm.nih.gov/bsd/conversion/conversion\\_status.html](http://www.nlm.nih.gov/bsd/conversion/conversion_status.html)>
- Neale, Anne et al. 2007. Correction and Use of Biomedical Literature Affected by Scientific Misconduct. *Science et Engineering Ethics* 13, no 1 : 5–24.

- Paneth, Nigel. 1998. Separating Authorship Responsibility and Authorship Credit: a Proposal for Biomedical Journals. *American Journal of Public Health* 88, no 5 : 824–826.
- Pfeifer, Mark P. et Gwendolyn Snodgrass. 1990. The Continued Use of Retracted, Invalid Scientific Literature. *Journal of the American Medical Association* 263, no 10 : 1420–1423.
- Public Health Service, DHHS. (1989). Final rule: Responsibilities of awardee and applicant institutions for dealing with and reporting possible misconduct in science. *Federal Register*, 54, 32446-32451.
- Pinching, A J. 1992. On Authorship and Acknowledgements. *The New England Journal of Medicine* 326, no 16 : 1084.
- Pontille, David. 2006. Qu'est-ce qu'un auteur scientifique. *Sciences de la société* 67 : 77–93.
- Pontille, David. 2004. *La signature scientifique : Une sociologie pragmatique de l'attribution*. Paris : CNRS.
- Pozzi, Andrea et Paul A. David. 2007. *Empirical Realities of Scientific Misconduct in Publicly Funded Research*. Working paper, Stanford University.
- Pritchard, Alan. 1969. Statistical Bibliography or Bibliometrics. *Journal of Documentation* 25, no 4 : 348–349.
- Redman, Barbara K., Hossein N. Yarandi et Jon F. Merz. 2008. Empirical Developments in Retraction. *Journal of Medical Ethics* 34, no 11 : 807–809.
- Reich, Eugenie Samuel. 2009. *Plastic Fantastic : How the Biggest Fraud in Physics Shook the Scientific World*. New York : Palgrave Macmillan.
- Rennie, Drummond et Annette Flanagin. 1994. Authorship! Authorship! : Guests, Ghosts, Grafters, and the Two-sided Coin. *Journal of the American Medical Association* 271, no 6 : 469–471.
- Rennie, Drummond et Veronica Yank. 1997. When Authorship Fails: A Proposal to Make Contributors Accountable. *Journal of the American Medical Association* 278, no 7 : 579–585.
- Rennie, Drummond et Veronica Yank. 1998. If Authors Became Contributors, Everyone Would Gain, Especially the Reader. *American Journal of Public Health* 88, no 5 : 828–830.
- Rennie, Drummond, Annette Flanagin et Veronica Yank. 2000. The Contributions of Authors. *Journal of the American Medical Association* 284, no 1 : 89–91.

- Rhoades, Lawrence J. 2004. ORI Closed Investigations into Misconduct Allegations Involving Research Supported by the Public Health Service : 1994-2003.
- Shapiro, David W., Neil S. Wenger et Martin F. Shapiro. 1994. The Contributions of Authors to Multiauthored Biomedical Research Papers. *Journal of the American Medical Association* 271, no 6 : 438–442.
- Sismondo, Sergio. 2009. Ghosts in the Machine: Publication Planning in the Medical Sciences. *Social Studies of Science* 39, no 2 : 171–198.
- Small, Henry G. 1973. Co-citation in the Scientific Literature: A New Measure of the Relationship Between Two Documents. *Journal of the American Society for information Science* 24, no 4 : 265–269.
- Small, Henry G. 1978. Cited Documents as Concept Symbols. *Social Studies of Science* 8, no 3 : 327–340.
- Small, Henry G. et Diana Crane. 1979. Specialties et Disciplines in Science et Social Science : An Examination of Their Structure Using Citation Indexes. *Scientometrics* 1, no 5-6 : 445–461.
- Smith, Jane. 1994. Gift Authorship: A Poisoned Chalice? *British Medical Journal* 309, no 6967 : 1456.
- Smith, Mapheus. 1958. The Trend Toward Multiple Authorship in Psychology. *American Psychologist* 13, no 10 : 596–599.
- Smith, Ricahrd. 1997. Authorship Is Dying: Long Live Contributorship. *British Medical Journal* 315, no 7110 : 696.
- Smith, Richard. 2003. When to Retract? Reserve Retraction for Fraud and Major Error. *British Medical Journal* 327, no 7420 : 883–884A.
- Solla Price, Derek John de. 1963. *Little Science, Big Science*. New York : Columbia University Press.
- Sovacool, Benjamin K. 2008. Exploring Scientific Misconduct: Isolated Individuals, Impure Institutions, or an Inevitable Idiom of Modern Science? *Journal of Bioethical Inquiry* 5, no 4 : 271–282.
- Sox, Harold C. et Drummond Rennie. 2006. Research Misconduct, Retraction, and Cleansing the Medical Literature: Lessons from the Poehlman Case. *Annals of Internal Medicine* 144, no 8 : 609–613.

- Steen, R. Grant. 2011a. Retractions in the Medical Literature: How Many Patients Are Put at Risk by Flawed Research? *Journal of Medical Ethics* 37, no 11 : 688–692.
- Steen, R. Grant. 2011b. Retractions in the Scientific Literature: Is the Incidence of Research Fraud Increasing? *Journal of Medical Ethics* 37, no 4 : 249–253.
- Steen, R. Grant. 2011c. Misinformation in the Medical Literature: What Role Do Error and Fraud Play? *Journal of Medical Ethics* 37, no 8 : 498–503.
- Steen, R. Grant, Arturo Casadevall et Ferric C. Fang. 2013. Why Has the Number of Scientific Retractions Increased? *PLoS ONE* 8, no 7 : e68397.
- Steneck, Nicholas. 2006. Fostering Integrity in Research: Definitions, Current Knowledge, and Future Directions. *Science et Engineering Ethics* 12, no 1 : 53–74.
- Tague-Sutcliffe, Jean. 1992. An Introduction to Informetrics. *Information Processing & Management* 28, no 1 : 1–3.
- Tharyan, Prathap. 2012. Criminals in the Citadel and Deceit All Along the Watchtower: Irresponsibility, Fraud, and Complicity in the Search for Scientific Truth. *Mens Sana Monographs* 10, no 1 : 158–180.
- Tilden, Samuel J. 2010. Incarceration, Restitution, and Lifetime Debarment: Legal Consequences of Scientific Misconduct in the Eric Poehlman Case: Commentary on Scientific Forensics: How the Office of Research Integrity Can Assist Institutional Investigations of Research Miscond. *Science and Engineering Ethics* 16, no 4 : 737–741.
- van Raan, Anthony F. J. 2005. “Measuring Science.” In *Handbook of Quantitative Science et Technology Research : The Use of Publication and Patent Statistics in Studies of S & T Systems*, 19–50. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.
- Wager, Elizabeth. 2007a. Authors, Ghosts, Damned Lies, and Statisticians. *PLoS Medicine* 4, no 1 : e34.
- Wager, Elizabeth. 2007b. Do Medical Journals Provide Clear and Consistent Guidelines on Authorship? *Medscape General Medicine* 9, no 3 : 16.
- Wager, Elizabeth. 2009. Recognition, Reward et Responsibility: Why the Authorship of Scientific Papers Matters. *Maturitas* 62, no 2 : 109–112.
- Weinstein, Deena. 1979. Fraud in Science. *Social Science Quarterly* 59, no 4 : 639–652.
- Weinstein, Deena. 1981a. On the Importance of Fraud in Science. *Perspectives on the Professions* 1, no 3-4 : 4–6.

- Weinstein, Deena. 1981b. Scientific Fraud and Scientific Ethics. *Connecticut Medicine* 45, no 10 : 655–658.
- Wells, Frank et Michael Farthing. 2008. *Fraud and Misconduct in Biomedical Research*. London : Royal Society of Medicine Press.
- Westfall, Richard. S. 1973. Newton and the Fudge Factor. *Science* 179, no 4075 : 751–758.
- Wilcox, Linda J. 1998. Authorship. *Journal of the American Medical Association* 280, no 3 : 216–217.
- Wislar, Joseph S. et al. 2011. Honorary and Ghost Authorship in High Impact Biomedical Journals: a Cross Sectional Survey. *British Medical Journal* 343 : d6128.
- Woolf, Patricia K. 1981. Fraud in Science : How Much, How Serious? *The Hastings Center Report* 11, no 5 : 9–14.
- Wouters, Paul. 1999. *The Citation Culture*. Thèse de doctorat : University of Amsterdam.
- Wuchty, Stefan, Benjamin F. Jones et Brian Uzzi. 2007. The Increasing Dominance of Teams in Production of Knowledge. *Science* 316, no 5827 : 1036–1039.
- Zhang, Minghua et Michael L. Grieneisen. 2012. The Impact of Misconduct on the Published Medical and Non-medical Literature, and the News Media. *Scientometrics* 96, no 2 : 573–587.
- Zipf, George Kingsley. 1949. *Human Behavior and the Principle of Least Effort : An Introduction to Human Ecology*. Cambridge : Addison-Wesley.
- Zuckerman, Harriet A. 1968. Patterns of Name Ordering Among Authors of Scientific Papers: A Study of Social Symbolism and Its Ambiguity. *American Journal of Sociology*, 74, no 3 : 276–291.

