UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

EXPLORER LA CIRCULATION DE LA RECHERCHE À PROPOS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR TWITTER : DES TRACES DE LA RECHERCHE À SA RÉSONANCE

THÈSE

PRÉSENTÉE

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DOCTORAT EN SCIENCE, TECHNOLOGIE ET SOCIÉTÉ

PAR

RÉMI TOUPIN

OCTOBRE 2023

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.04-2020). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Cette recherche doctorale n'aurait pas vu le jour sans le soutien de plusieurs personnes, à commencer par ma direction de recherche, Florence Millerand et Vincent Larivière, dont la présence et les nombreuses discussions ont été précieuses tout au long de mon cheminement. À Florence, ton écoute, tes commentaires judicieux et ton soutien sans faille à tous les niveaux ont été une source d'inspiration durant toutes ces années qu'aura été mon doctorat. À Vincent, tes encouragements et ton appui à plusieurs étapes du processus de recherche ont certainement contribué à façonner certaines de mes orientations futures. Je ne saurai souligner suffisamment les occasions d'échanges et les opportunités que vous avez contribué à créer tout au long de mon parcours.

Je tiens ensuite à remercier toutes les personnes qui ont fourni un espace pour faciliter la rencontre entre différentes perspectives et qui ont contribué à leur manière à fournir un soutien technique, administratif, académique ou moral. Je veux particulièrement souligner l'appui de l'équipe du LabCMO, dont Guillaume Latzko-Toth (Université Laval), Alexandre Coutant, Claudine Bonneau et Mélanie Millette (UQAM) ; du Groupe-Réseaux chapeauté par Pierre Mongeau et Johanne Saint-Charles (UQAM) ; de la Chaire de recherche du Canada sur les transformations de la communication savante, entre autres à l'occasion de toutes les rencontres d'équipe auxquelles j'ai pu participer ; du ScholCommLab, notamment Stefanie Haustein (Université d'Ottawa), Juan Pablo Alperin, Alice Fleerackers et Asura Enkhbayar (Simon Fraser University) ; du CIRST et du BIN, en particulier Martine Foisy, Daniel Letendre, Jean-Benoît Cormier-Landry, Hélène Carlettini, Philippe Nazaire et Louis Renaud-Desjardins ; ainsi que du QSSLab de l'Université Dalhousie et de son directeur Philippe Mongeon. Je tiens également à souligner l'immense contribution qu'ont eu mes discussions avec Rodrigo Costas (Centre for Science and Technology Studies, Leiden University), Ronaldo Araújo (Centre for Science and Technology Studies, Leiden University) et Adrián Díaz-Faes (INGENIO, Technical University of Valencia).

Ma recherche doctorale a été un long processus, souvent anxiogène, et je veux souligner l'importance qu'a eue mon réseau de soutien durant ces huit dernières années. Je pense ici à Mirjam Fines-Neuschild, à Marie-Maude Roy et à Félix Antoine Goudreault, la gang de communication/physique de l'Université de Montréal dont le soutien, tant moral et que technique, a été particulièrement précieux dans les derniers mois ; je pense à Maddie Hare, à Geoff Krause, à Poppy Riddle, à Kellie Dalton, à Glen Smith, à Mandy Paauw à Anna Jacquart, à Kaitlyn Zajdlik, à Paul Bissonnette, à Madison Marshall (sorry guys, it's in french!),

un merveilleux groupe qui m'a accueilli à bras ouverts pour la suite des choses à Halifax ; je pense à Thomas Mongeau, à Anne Reigner, à Emilie Houle, à Marion Sirieix, à Kevin Morin, mes ami·es de Rosemont et de jeux de société, toujours là dans les bons et moins bons moments de la vie d'adulte ; à Thomas Deshaies, à Mariane Ménard, à Marine Caleb, à Marie Lefebvre, à Miruna Craciunescu, à Maryse Brassard-Lévesque et à toute l'équipe de *L'Esprit libre*, un projet qui a bien grandi durant toutes ces années ; à Marie-Soleil Fortier, à Raphaël Pelletier, à Emma Gauthier-Mamaril, à Marc-André Simard, à Iris Bourgault Bouthillier, à Philippe-Vincent Lamarre, à Jérémie Dion, une précieuse amitié qui a germé à la fois dans le sud-ouest de Montréal et dans les différents couloirs du CIRST et de l'EBSI ; à Alexandra Parada, à Laurier Hébert-Jodoin, à Valérie Reid, à Nina Duque, à Gabrielle Mota, à Claire Estagnanié, à Camille Nicol, à Lucie Enel, à Lucie Délias, à Maxime Harvey, à David Myles et à celles et ceux qui ont rendu vivants les locaux J-1090 et N-8280 à un moment ou un autre ; je pense à Sylvain, à Daniel, à Nelson, à Sylvie, à Dominique, à Cindy, à Jeanne-Sophie, à Zacharie, à Marc-André, à Luc-Olivier, ma petite famille de la campagne cuthbertoise pour leur soutien et leur amour inconditionnel malgré la pandémie et l'éloignement, et finalement, je pense à ma bonne amie Marie-Claude Belzile, partie beaucoup trop tôt.

Cette thèse a été menée dans le cadre d'une Bourse d'études supérieures du Canada Joseph-Armand-Bombardier pour le doctorat (767-2017-1329) du Conseil de recherche en sciences humaines (CRSH), d'une Bourse au doctorat en recherche (200695, déclinée après un an) des Fonds de recherche du Québec – Société et culture (FRQSC). Elle a également bénéficié de l'appui financier de l'UQAM (Bourse de recrutement et Bourse de fin de rédaction de la Faculté des sciences humaines), du Centre interuniversitaire de recherche en science et technologie – CIRST (Bourse Maurice L'Abbé et Bourse de fin de rédaction), du Laboratoire sur la communication et le numérique (LabCMO), de la Chaire de recherche du Canada sur les transformations de la communication savante ainsi que de la Coalition Publica. Elle a aussi tiré profit du soutien technique offert par l'Observatoire des sciences et des technologies (OST) et de l'Espace de recherche et d'expérimentation sur les usages numériques (Espace UN) à différentes étapes de la recherche.

DÉDICACE

À ma famille, qui m'a encouragé à découvrir et prendre soin du monde qui m'entoure

À mes amitiés précieuses, qui me permettent d'aller de l'avant et de voir les plus belles choses de ce monde

À mon amie Marie-Claude, qui a quitté ce monde beaucoup trop tôt

AVANT-PROPOS

Cette thèse a été produite en très grande majorité avant le rachat de Twitter (maintenant X) par Elon Musk. Ce faisant les présentations qui sont faites du média social ainsi que les conclusions de la thèse doivent être comprises comme étant représentatives de l'état de la situation avant octobre 2022 ainsi qu'au moment principal de la collecte de données en septembre 2018.

J'ai produit cette thèse dans le contexte d'une crise climatique dont les conséquences ne cessent de paraître sous nos yeux. Feux de forêt, inondations, sécheresses ne sont que quelques-uns des phénomènes météorologiques extrêmes de ces bouleversements, en plus d'un déclin sans précédent de la biodiversité. Ces conséquences ne nous affectent pas toutes et tous de manière égale, ainsi je ne saurais insister assez sur la nécessité d'une action climatique empathique qui vise à assurer le bien-être de celles et ceux que l'on peut avoir tendance à oublier.

C'est d'ailleurs ce constat qui a inspiré mes recherches doctorales. Intéressé depuis longtemps par les enjeux environnementaux, les technologies numériques et la communication scientifique, je souhaite contribuer, avec cette thèse, à ce que les amples connaissances que l'on a des bouleversements en cours puissent être mieux mobilisées pour agir sur la crise climatique, la perte de biodiversité et la dégradation des écosystèmes en général. En mettant l'emphase sur la communication scientifique, j'aspire à ce que le milieu de la recherche puisse s'ouvrir plus largement à l'expérience vécue des changements climatiques pour ainsi mettre ces savoirs au service de celles et ceux qui en subissent davantage les contrecoups. En ce sens, cette thèse doctorale est le fruit d'une conviction que l'on peut continuellement faire en sorte de rendre le monde meilleur par l'empathie et l'écoute.

Quelques notes éditoriales avant de commencer. J'ai rédigé cette thèse en adoptant, autant que faire se peut et au meilleur de mes connaissances du moment, une démarche de rédaction inclusive et épicène (Lessard et Zaccour, 2017). Bien que certains manquements puissent subsister à cet égard, la démarche adoptée vise à rehausser la représentation de certains groupes minorisés dans la littérature scientifique et l'écriture en langue française. Quand on sait, par exemple, qu'à compétence égale, les femmes en recherche publient moins que leurs homologues masculins du fait du temps investi dans les tâches domestiques (Derrick *et al.*, 2022) ou que certains groupes sont affectés de manière différente par les avancées scientifiques et technologiques (D'Ignazio et Klein, 2020), il s'avère nécessaire de soutenir le

développement d'approches inclusives en recherche pour se rapprocher éventuellement de l'idéal universaliste du domaine scientifique tel que proposé par Merton.

Finalement, sur un sujet plus personnel, je ne saurais passer sous silence le défi de faire des études de doctorat au plan de la santé mentale. J'ai pu compter, au long de mon parcours, sur une direction de recherche qui m'a toujours appuyé ainsi que sur un important réseau de soutien. Tout le monde n'a pas cette chance malheureusement, et l'on n'est jamais complètement à l'abri de l'isolement, de la surcharge et des déceptions qui peuvent jalonner ce cheminement. Alors que ces problèmes n'ont jamais été aussi présents parmi la population étudiante, en particulier au doctorat, il faut mettre l'accent plus que jamais sur la nécessité des services de soutien et d'encadrement psychologique. Malgré les tabous qui peuvent subsister autour de la santé mentale et émotionnelle, particulièrement chez les hommes, il ne faut pas attendre avant d'en parler, que ce soit avec des proches ou des spécialistes en soutien psychologique. En parler est le premier pas dans la bonne direction.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS ii

DÉDICACE iv

AVANT-PROPOS v

LISTE DES FIGURES xi

LISTE DES TABLEAUX xii

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES xiv

RÉSUMÉ xvi

ABSTRACT xviii

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE ET PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE 9

1.1 La communication publique de la recherche en contexte numérique 9

1.1.1 L'interface science-société 9
1.1.2 La science ouverte 12
1.1.3 Les modèles de communication scientifique 15
1.1.4 La communication de la recherche sur les médias sociaux 19
1.1.5 Le développement des altmétriques 23
1.1.6 L'impact social de la recherche 26

1.2 La communication de la recherche sur Twitter 29

1.2.1 L'historique et le fonctionnement de Twitter 29
1.2.2 Le milieu de la recherche 34
1.2.3 La diffusion des articles scientifiques sur Twitter 37

1.3 La communication de la recherche sur les changements climatiques 40

1.3.1 La problématique des changements climatiques 40
1.3.2 La mobilisation des savoirs sur les changements climatiques 43
1.3.3 La communication de la recherche à propos des changements climatiques sur Twitter 45

1.4 Synthèse et questions de recherche 47

CHAPITRE 2 DÉMARCHE DE TRAVAIL ET CADRE D'ANALYSE 52

2.1 Concevoir un devis mixte pour la recherche en contexte numérique 52

2.1.1 Un devis mixte pour l'étude de la communication savante sur Twitter 52
2.1.2 Données massives et données denses 55
2.1.3 Méthodes numériques et recherche sur Twitter 57

2.2 Collecte et traitement des données 59

2.2.1 Premier corpus : articles de recherche à propos des changements climatiques sur le Web of Science59
2.2.2 Deuxième corpus : données de Twitter issues d'Altmetric 61
2.3 Analyse des données.....64
2.3.1 Analyse textuelle de descriptifs Twitter 64
2.3.2 Analyse des réseaux de retweets et mentions 69
2.3.3 Analyse qualitative des tweets, entretien avec appui visuel et mise en récit.....71
2.4 Interprétation des résultats : l'impact social et la résonance de la recherche sur Twitter 74
2.5 Fiabilité de l'analyse et qualité de la recherche.....76
CHAPITRE 3 RÉSULTATS : TYPOLOGIE DES COMPTES IMPLIQUÉS DANS LA COMMUNICATION DE LA RECHERCHE SUR TWITTER.....80
3.1 Abstract 82
3.2 Introduction 82
3.2.1 Public conversations of climate change research on Twitter 83
3.2.2 Investigating and representing users in public communication of research on Twitter 85
3.2.3 Purpose of the study.....87
3.3 Material and methods.....87
3.3.1 Data collection and Twitter metrics.....87
3.3.2 Textual analysis of Twitter profile descriptions.....90
3.4 Results.....92
3.4.1 General results.....92
3.4.2 Publics in highly tweeted papers 93
3.5 Discussion.....96
3.6 Conclusion.....99
3.7 Acknowledgements.....100
CHAPITRE 4 RÉSULTATS : ANALYSE DES RÉSEAUX DE RETWEETS ET DE MENTIONS DE DIX ARTICLES DE RECHERCHE HAUTEMENT PARTAGÉS 101
4.1 Abstract.....103
4.2 Introduction 103
4.3 Twitter and the publication communication of climate change research.....104
4.4 Public conversations about research on Twitter 105
4.5 Purpose of study 107
4.6 Material and methods.....108
4.6.1 Data collection 108
4.6.2 Retrieving interactions.....111
4.7 Findings 112
4.7.1 General observations.....112

4.7.2 Chronology of articles diffusion 113
4.7.3 Distribution of users in retweets and mentions network 115
4.7.4 Interactions, betweeness and centrality 117
4.8 Discussion 119
4.9 Conclusion 122
4.10 Acknowledgements 123
CHAPITRE 5 RÉSULTATS : MISE EN RÉCIT DE LA CIRCULATION D'UN ARTICLE SCIENTIFIQUE SUR TWITTER 124
5.1 Résumé 126
5.2 Introduction 126
5.3 Les transformations de la communication savante et l'évaluation de l'impact social de la recherche sur Twitter 127
5.4 L'apport de la macroécologie aux connaissances sur le déclin des insectes pollinisateurs 129
5.5 Mettre en récit la diffusion sur Twitter de la recherche sur les problématiques climatiques 130
5.6 La diffusion de l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents » (Kerr et al. 2015) 131
5.6.1 La structure de la diffusion de l'article sur Twitter 132
5.7 La mise en récit de la diffusion de l'article sur Twitter 137
5.8 Discussion : La résonance sur Twitter d'un article de recherche sur la disparition des bourdons 141
5.9 Conclusion 144
5.10 Remerciements 145
CHAPITRE 6 DISCUSSION 146
6.1 La résonance sur Twitter de la recherche sur les changements climatiques 146
6.1.1 Retour sur le premier article : les comptes impliqués dans le partage des articles scientifiques sur Twitter 148
6.1.2 La construction par les retweets et les mentions des contextes de circulation de la production savante sur Twitter 150
6.1.3 La mise en récit de la communication de l'article sur Twitter 152
6.2 L'impact social de la recherche en contexte numérique 154
6.3 Les apports et limites de la stratégie méthodologique pour étudier les pratiques de communication de la recherche sur Twitter 157
6.4 Les limites de la recherche 160
CONCLUSION 163
Contributions de la recherche 164
Contributions empiriques 164
Contributions méthodologiques 165
Contributions théoriques 166

Contributions pratiques 166
Pistes de recherche 167
ANNEXE A CODES UTILISÉS LORS DE DIFFÉRENTES PARTIES DU PROTOCOLE DE RECHERCHE 168
ANNEXE B RÉSUMÉ DES DONNÉES AGRÉGÉES – CATÉGORISATION DES USAGERS.....198
ANNEXE C PROCÉDURE POUR LE CODAGE MANUEL 202
APPENDICE A MATÉRIEL SUPPLÉMENTAIRE - ARTICLE « WHO TWEETS CLIMATE CHANGE PAPERS? INVESTIGATING PUBLICS OF RESEARCH THROUGH USERS' DESCRIPTIONS »....208
APPENDICE B MATÉRIEL SUPPLÉMENTAIRE - ARTICLE « WHO'S IN, WHO'S OUT : ANALYZING CONVERSATIONS ABOUT CHANGE RESEARCH ON TWITTER » 213
APPENDICE C MATÉRIEL SUPPLÉMENTAIRE - ARTICLE « METTRE EN RÉCIT LA CIRCULATION DES DOCUMENTS SAVANTS SUR TWITTER : ÉTUDE DE CAS EXPLORATOIRE SUR L'ARTICLE « CLIMATE CHANGE IMPACTS ON BUMBLEBEES CONVERGE ACROSS CONTINENTS » (KERR ET AL., 2015) » 245
RÉFÉRENCES 260

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Capture d'écran d'un fil d'accueil de Twitter. 30

Figure 1-2 : Capture d'écran de la page de profil d'un usager 31

Figure 1-3 : Capture d'écran de l'interface de Tweetdeck. 32

Figure 1-4 : Distribution des articles du corpus étudié dans cette thèse au sein des revues savantes. 36

Figure 1-5 : Proportions des articles tweetés et moyenne de partage par articles. 38

Figure 2-1 : Capture d'écran du *Altmetric Badge*. 62

Figure 2-2 : Visualisation produite par CarbonBrief montrant les articles à propos des changements climatiques les plus partagés sur Twitter 62

Figure 2-3 : Exemple d'une fiche développée dans le cadre de l'analyse qualitative des tweets sur la plateforme web de l'Espace UN. 73

Figure 3-1 : Distribution of climate change research tweeted papers in scientific journals. 89

Figure 4-1 : Distribution of the groups of users who shared one of the 10 climate change research articles documented in this study. 113

Figure 4-2 : Timeline of tweets accumulation from 2015-01-01 to 2018-01-01. 114

Figure 4-3 : Distributions of the retweets (above) and mentions (bottom) between the different group of users categorized in our study. 118

Figure 5-1 : Réseau de circulation et diffusion dans le temps de l'article « Climate change impacts bumblebees across continents » sur Twitter au moyen des retweets et des mentions. 134

Figure 5-2 : Réseau de circulation et communautés d'usagers de l'article « Climate change impacts bumblebees across continents » sur Twitter au moyen des retweets et des mentions. 136

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : Récapitulatif des questions de recherche et de la démarche proposée dans chaque article 50

Tableau 2-1 : Revue des méthodes développées pour la catégorisation des comptes Twitter dans une perspective de communication savante..... 65

Tableau 2-2 : Catégories d'usagères et d'usagers examinées dans le cadre de la thèse..... 67

Tableau 3-1 : Categories and matching expressions used for textual analysis of Twitter descriptions (Toupin et Haustein, 2019). 91

Tableau 3-2 : Summary of results across all papers. 92

Tableau 3-3 : Number of Twitter bios with unique of multiple categories. 93

Tableau 3-4 : General results of the word detection analysis..... 94

Tableau 4-1 : Summary of the 10 papers investigated in this study. 109

Tableau 4-2 : Descriptive data about the components in all 10 networks investigated in this study. 116

Tableau A1-1 : Résumé des proportions de comptes assignés à chaque catégorie pour les revues les plus importantes du corpus à l'étude en termes de nombre d'usagères et d'usagers. Les résultats ont été obtenus au moyen du script réalisé pour la catégorisation des comptes dans le cadre du premier article de la thèse. 198

Tableau A1-2 : Résumé des résultats de la catégorisation des comptes par catégories et par année. Les résultats ont été obtenus au moyen du script réalisé pour la catégorisation des comptes dans le cadre du premier article de la thèse. 200

Tableau S1-3 : Specific results for Academia assignations in 10 highly tweeted papers. 208

Tableau S1-4 : Specific results for Communication assignations in 10 highly tweeted papers. 209

Tableau S1-5 : Specific results for Political assignations in 10 highly tweeted papers. 210

Tableau S1-6 : Specific results for Professional assignations in 10 highly tweeted papers. 211

Tableau S1-7 : Specific results for Personal assignations in 10 highly tweeted papers. 212

Tableau S2-8 : Dataset summary..... 213

Tableau S2-9 : Retweets and mentions network profile - Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. 215

Tableau S2-10 : Retweets and mentions network profile - The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 degrees C. 218

Tableau S2-11 : Retweets and mentions network profile - Accelerating extinction risk from climate change. 221

Tableau S2-12 : Retweets and mentions network profile - Health and climate change: policy responses to protect public health. 224

Tableau S2-13 : Retweets and mentions network profile - Climate change impacts on bumblebees converge across continents. 227

Tableau S2-14 : Retweets and mentions network profile - Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. 230

Tableau S2-15 : Retweets and mentions network profile - Oxygen isotope in archaeological bioapatites from India: Implications to climate change and decline of Bronze Age Harappan civilization. 233

Tableau S2-16 : Retweets and mentions network profile - Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study..... 236

Tableau S2-17 : Retweets and mentions network profile - Ecological networks are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change. 239

Tableau S2-18 : Retweets and mentions network profile - Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change. 242

Tableau S3-19 : Résumé non exhaustif des sources d'information qui ont mentionné l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents » (Kerr et al. 2015). 249

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

APC : Frais de traitement des articles / Article Processing Charges

API : Interface de programmation d'application / Application Programming Interface)

CCNUCC : Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques

COP : Conférence des Parties

COP 15 : 15^{e} Conférence des Parties / 15th Conference of the Parties

COP 21 : 21^{e} Conférence des Parties / 21st Conference of the Parties

DOI : Digital Object Identifier

EDI : Équité, diversité et inclusion

GIEC : Groupe d'experts intergouvernmental sur l'évolution du climat

IN : Nœuds isolés / Isolated Nodes

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change

IPCC 5AR : IPCC 5th Assessment Report (Cinquième rapport d'évaluation du GIEC)

LC : Composante principale / Largest Component

MIT : Massachusetts Institute of Technology

MT : Mentions

NSF : National Science Foundation

OGM : Organisme génétiquement modifié

OST : Observatoire des sciences et des technologies

PLOS : Public Library of Science

PNAS : Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America

QP : Question principale

s. d. : Sans date

SQ : Sous-question

SC : Composantes secondaires / Secondary Components

SQL : Structured Query Language

RT : Retweets

UQAM : Université du Québec à Montréal

URL : Uniform Resource Locator

WoS : Web of Science

RÉSUMÉ

Les milieux scientifiques investissent de plus en plus des espaces comme Twitter pour rendre leurs travaux accessibles hors des murs de l'université. En outre, des volumes importants d'articles scientifiques circulent sur ces espaces, touchant des publics plus larges que les strictes communautés savantes auxquelles elles s'adressent en premier lieu. Ce faisant, l'examen des traces laissées par les documents savants sur les médias sociaux a conduit à l'émergence de courants de recherche à la croisée de la bibliométrie, de la communication scientifique et de la communication en contexte numérique dans une perspective d'évaluer « l'impact » de la recherche dans la société. Parallèlement, la science occupe une position de plus en plus névralgique pour agir sur certains enjeux de société, comme les changements climatiques.

Dans cette thèse par articles, je documente la circulation de la recherche à propos des changements climatiques sur Twitter en vue d'en comprendre l'impact éventuel selon les communautés et les comptes impliqués dans le partage des articles. Je conçois ainsi la circulation des articles scientifiques comme un ensemble intégrant les traces laissées par ces documents sur Twitter, les contextes qui permettent de comprendre ces traces (par exemple, dans quelles communautés les articles sont partagés) et les pratiques de communication scientifique et savante sur Twitter qui ont conduit au partage des articles. J'examine ces dimensions afin de mieux comprendre l'impact social de la recherche dans une perspective de résonance. Ce faisant, je propose dans ma thèse une version de l'impact social de la recherche qui va au-delà des métriques et d'une acception purement quantitative de l'évaluation de la recherche afin de s'intéresser aux retombées plus sensibles des articles scientifiques.

Plus spécifiquement, j'examine la circulation d'articles scientifiques à propos des changements climatiques sur Twitter en proposant une stratégie méthodologique en trois volets, présentés dans trois articles. Chaque article correspond à un changement d'échelle, du macro au micro, à travers lequel j'examine les traces laissées par les documents savants à travers les tweets mentionnant un lien vers ces documents. Avec cette démarche, j'explore les contextes de circulation des articles, en particulier à partir des caractéristiques des communautés d'usagères et d'usagers, afin de pouvoir en décrire « l'impact » éventuel. Dans un premier temps, je procède à l'analyse textuelle des descriptifs Twitter d'usagères et d'usagers ayant partagé au moins un de 2628 articles de recherche sur les changements climatiques parus en 2015 et 2016. Cette analyse a consisté en un codage automatisé, basée sur le développement d'un algorithme de catégorisation des expressions employées par les usagères et les usagers, en concordance avec un codage manuel des descriptifs. Dans un second temps, j'analyse les réseaux de retweets et de mentions de 10 articles populaires sur Twitter – au moins 250 tweets – afin de documenter les interactions qui mènent au partage de documents savants. Dans un troisième temps, je procède à la mise en récit de la circulation sur Twitter d'un article en particulier à travers l'analyse combinée des réseaux de retweets et de mentions, l'analyse du contenu des tweets et un entretien avec appui visuel réalisé avec un des auteurs de l'article. Finalement, je soutiens que la documentation des traces laissées par les documents savants sur les médias sociaux peut nous informer sur la résonance éventuelle de la recherche à l'extérieur des strictes communautés savantes, par exemple en montrant comment des communautés spécifiques, comme des professionnels du secteur agroalimentaire ou des organisations de protection de l'environnement, peuvent être impliquées dans le partage de ces documents.

Mots clés : altmétriques, changements climatiques, communication scientifique, communication savante, contextes, méthodes mixtes, Twitter

ABSTRACT

The scientific community is increasingly investing social media like Twitter to make their work accessible more broadly outside of academic communities. Large volumes of scholarly publications circulate on these spaces, reaching wider audiences than the scholarly communities to which they are traditionally addressed. The examination of the traces left by scholarly publications on social media has led to the emergence of research trends at the crossroads of bibliometrics, scientific communication, research evaluation and digital communication, aiming at better understanding and evaluating the "societal impact" of research. In parallel, scientific knowledge and mobilization is becoming increasingly critical to act on certain social issues, such as climate change.

In this article-based thesis, I document the circulation of scholarly publications about climate change on Twitter to better understand its potential impact in relation to the communities and accounts involved in sharing these articles. I approach the circulation of scientific articles as a set of traces left by these documents on Twitter, the contexts that make it possible to understand these traces (e.g., in which communities the articles are shared), and the scientific and scholarly communication practices on Twitter that lead to the sharing of articles. I examine these dimensions to better understand the societal impact of research from a resonance perspective, that is how it relates to users relation to society. In doing so, my dissertation proposes a version of the societal impact of research that goes beyond metrics and a purely quantitative understanding of research evaluation to develop more sensitive approaches to mobilization and evaluation of research.

Specifically, I examine the dissemination of scientific papers about climate change on Twitter through a three-part methodological strategy presented in three articles. Each article corresponds to a change of scale, from macro to micro, through which I examine the traces left by scholarly documents in tweets mentioning a link to these documents. With this approach, I explore the contexts of circulation of the articles, in particular the characteristics of the communities of users sharing them, in order to be able to describe their possible "impact". First, I conduct a textual analysis of the Twitter profiles of users who shared at least one of 2628 research articles on climate change published in 2015 and 2016. This analysis was based on the development of an algorithm to categorize the expressions used by users in their profile descriptions in concordance with a manual coding of the descriptions. In a second step, I analyze the retweet and mention networks of 10 popular articles on Twitter – at least 250 tweets – in order to document the interactions that facilitated the sharing of these documents on Twitter. In a third step, I use a storytelling approach to investigate the circulation of a particular article on Twitter through the combined analysis of retweet and mention networks, content analysis of the tweets, and a visually supported interview conducted with one of the article's authors. Finally, I argue that fine-grained documentation of the traces left by scholarly papers on social media has the potential to better inform the societal impact of research by understanding its resonance outside of strict scholarly communities, for example by showing how communities involved in specific activities and social experiences, such as agribusiness professionals or environmental protection organizations, may be involved in sharing these papers.

Keywords : altmetrics, climate change, contexts, mixed methods, resonance, scholarly communication, scientific communication, Twitter

INTRODUCTION

Les enjeux reliés aux changements climatiques sont de plus en plus saillants dans la société, que ce soit à travers la multiplication des mobilisations citoyennes, l'importance de la recherche scientifique dédiée à l'étude du climat ou la place que ces enjeux occupent dans la couverture médiatique. Fondé en 1988, le GIEC, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, publie ponctuellement un rapport qui fait l'état de la question et qui fait office de base scientifique sur le sujet. Le 5e Rapport d'évaluation sur l'évolution du climat, publié en 2014, a été abondamment discuté, tant du côté des médias traditionnels que sur les médias sociaux[1] (Hickman, 2015 ; IPCC, 2013 ; Newman, 2017 ; O'Neill *et al.*, 2015). Parallèlement, on constate une mobilisation de plus en plus grande autour des répercussions qu'auront les changements climatiques à court et long terme, notamment à travers le mouvement *Fridays for Future* instigué par Greta Thunberg, de même que tout un ensemble d'initiatives au niveau local ou international travaillant à juguler les effets néfastes de ces bouleversements (Fisher et Nasrin, 2021 ; Hestres et Hopke, 2017).

Ces initiatives cherchent à interpeller davantage la classe politique de l'ensemble des états du monde pour qu'elles prenne des mesures adéquates pour l'avenir de leurs sociétés. Chaque année, les Conférences des Parties sur le climat (COP) tiennent lieu de rencontre où les responsables politiques peuvent discuter de certaines initiatives à prendre pour diminuer les émissions de gaz à effets de serre et limiter les changements climatiques sous un certain seuil (Hopke et Hestres, 2017, 2018). Néanmoins, aux yeux de plusieurs, ces initiatives ne seraient pas encore suffisantes et on somme la classe politique d'écouter davantage les groupes produisant des connaissances sur le sujet. À cet égard, les scientifiques figurent aux premières loges de la production des savoirs sur le climat et de nombreux appels se sont fait entendre de leur part, dans les dernières années, enjoignant différentes parties prenantes à se mobiliser davantage dans l'action climatique et le transfert de connaissances vers le public, notamment à travers une communication active des savoirs dans les médias traditionnels et sur les médias sociaux (Ripple *et al.*, 2017, 2019, 2022 ; Walter *et al.*, 2019).

[1] Un 6e rapport d'évaluation a été publié en 2021 et 2022. Plusieurs discussions concernant le rapport ont eu lieu sur Twitter, entre autres.

De nombreux articles scientifiques à propos des changements climatiques circulent sur les médias sociaux, comme Twitter (Haunschild *et al.*, 2019 ; Toupin *et al.*, 2019). Depuis 2015, le média en ligne *CarbonBrief*, spécialisé sur les changements climatiques, produit une analyse des 10 articles sur le sujet ayant le plus circulé dans les médias (McSweeney, 2020, 2022). Ces analyses se fondent sur les données colligées par Altmetric, une organisation dont la mission consiste à suivre les traces laissées par les productions savantes « dans la société ». Concrètement, Altmetric établit la liste des articles scientifiques qui ont eu le plus de visibilité dans les médias selon, par exemple, le nombre de tweets, les publications sur Facebook ou encore les mentions dans les journaux de presse. Dans la foulée d'un intérêt à la fois de la classe politique, notamment en ce qui concerne l'évaluation de la recherche, et du milieu scientifique, ces métriques, aussi appelées altmétriques, permettraient de quantifier « l'impact social de la recherche » (Priem *et al.*, 2010, 2012b).

Néanmoins, ce que ces indicateurs mesurent n'est pas toujours clair. Afin de comprendre ce qu'on peut en dire au-delà d'une simple mesure de la visibilité ou de l'attention reçue par un article, de plus en plus de chercheuses et chercheurs travaillant sur la communication savante ou la communication scientifique développent des approches afin d'appréhender le contexte autour duquel les articles circulent, par exemple à travers des stratégies méthodologiques qualitatives ou mixtes (Fleerackers *et al.*, 2022a ; Haustein *et al.*, 2016a ; Haustein, 2019). Ma thèse en science, technologie et société (STS) s'inscrit dans ce mouvement afin de mieux comprendre les considérations relatives à l'étude de l'attention suscitée par des articles scientifiques à propos des changements climatiques à travers leur circulation sur Twitter.

Mise en contexte

Plusieurs initiatives émergent du milieu scientifique depuis quelques années pour parler des changements climatiques à l'extérieur des murs de l'université. On peut notamment penser au projet du Mila – Institut d'intelligence artificielle du Québec où l'on peut voir ce dont aurait l'air Montréal sous l'eau, ou encore l'utilisation de la musique ou de l'art pour illustrer l'évolution accentuée du climat dans les dernières années (Bentz, 2020; Schmidt *et al.*, 2021). Les initiatives médiatiques aussi se multiplient, alors que de nombreuses chaînes de télévision, des stations de radio ou des journaux cherchent à couvrir davantage les changements climatiques, comme *UnPointCinq* ici au Québec ou bien *CarbonBrief* en Grande-Bretagne. En cause, les effets des changements climatiques iraient en s'exacerbant, si bien qu'on pourrait constater des conséquences importantes d'ici quelques années (IPCC, 2021b). Certaines tribunes suggèrent même

que l'on constate déjà ces répercussions à plusieurs endroits dans le monde, par exemple avec les importants feux de forêt que connaît l'ouest du Canada et des États-Unis (Climate Atlas of Canada, s. d.). Si certaines populations sont épargnées pour le moment, il n'en demeure pas moins que la communication reliée aux changements climatiques s'arrime à un sentiment d'urgence. Comme les scientifiques et les savoirs produits par la recherche jouent un rôle de premier plan dans la compréhension de ce phénomène complexe, mieux comprendre la résonance de ces savoirs entre différentes communautés, notamment pour tendre vers de bonnes pistes d'action, constitue un enjeu important pour la recherche sur la communication scientifique.

En parallèle, l'émergence des médias sociaux a transformé notre rapport à l'information. Le rôle des grands médias, des universités et des journalistes dans la communication de l'expertise scientifique se trouve chamboulé face à une crise de confiance envers ces institutions traditionnellement gardiennes du savoir (Grosbois, 2022). Cette crise de confiance se manifesterait notamment par une divergence entre les imaginaires sociaux et culturels des élites, comme les institutions, les médias traditionnels ou le milieu scientifique, et les imaginaires populaires, conduisant notamment à une remise en question de l'autorité sur la production et la transmission des savoirs. Les scientifiques sont, de leur côté, de plus en plus appelés à s'impliquer sur les médias sociaux afin de contrebalancer la circulation de mauvaises informations sur différents sujets, allant de la vaccination à l'implantation de nouvelles technologies en passant par les enjeux environnementaux (David *et al.*, 2020 ; Jünger et Fähnrich, 2019). Cet état des choses remet aussi en question le rôle de la communication scientifique et de son rapport à la « vérité » afin de tendre vers des modèles qui favorisent l'échange et la compréhension en relation avec des « publics » qui, loin d'être passifs, ont des intérêts et des sensibilités par rapport au monde dans lequel ils agissent (Grosbois, 2022).

L'intégration croissante des médias sociaux dans les pratiques quotidiennes a aussi changé durablement les communications dans le monde de la recherche (Della Guista *et al.*, 2020 ; Grande *et al.*, 2014 ; Walter *et al.*, 2019). D'abord, l'utilisation de Twitter, Facebook, Instagram ou YouTube, parmi toute une panoplie de plateformes, ouvre de nouveaux canaux pour la communication des savoirs scientifiques sous différents formats, qu'il s'agisse du partage de documents savants, d'infographies, de balados ou de vidéos, entre autres exemples (Phillips *et al.*, 2022 ; Sugimoto *et al.*, 2017 ; Welbourne et Grant, 2016). Ce faisant, les articles scientifiques ont désormais le potentiel de toucher des publics plus larges et variés, alors que la création de nouveaux médiums de transmission des connaissances, par exemple à travers des créations visuelles, audios ou vidéos, semble sans limite. Les traces laissées par la circulation des articles en ligne,

conjuguées à une pression politique et scientifique pour la recherche d'indicateurs de « l'impact social de la recherche », suscitent ainsi des transformations pour la communication savante (Haustein, 2019 ; Sugimoto *et al.*, 2017). En effet, l'impact de la recherche n'est plus seulement défini par les mesures de citation, mais engloberait également l'évaluation de l'impact social de la production savante en ligne et dans les médias, incitant notamment les chercheuses et chercheurs à faire circuler davantage leurs travaux sur les médias sociaux. Toutefois, les recherches récentes tendent à montrer la faiblesse des mesures d'évaluation de l'impact social de la recherche en raison de l'incapacité de nombreux indicateurs à saisir les contextes de production et de communication des savoirs scientifiques, comme les publics ciblés ou effectivement rejoints, les ressources allouées à la communication, ou encore simplement les objets et les thèmes de recherche (Araujo, 2020 ; Díaz-Faes *et al.*, 2019). En particulier, j'avance dans ma thèse que l'attention publique envers la recherche doit d'abord être compris à partir des groupes et des publics qui la partage puisque ceux-ci sont un reflet de la portée et de la résonance que peuvent avoir des articles scientifiques sur les plans sociaux et sémantiques.

Ces constats trouvent une résonance particulière du côté des enjeux climatiques et environnementaux. Les scientifiques sont notamment de plus en plus appelés à se mobiliser pour aider à la convergence vers des pistes de solutions pour limiter les effets néfastes d'un climat en plein bouleversement (Cottey, 2022 ; Jankó *et al.*, 2020 ; Walter *et al.*, 2019). Cela passe notamment par une présence accrue sur les médias sociaux, où les scientifiques pourraient entrer en contact avec de larges bassins de personnes, tout dépendant des objectifs de communication. En parallèle, les articles scientifiques, par leur forme, sont sujets à circuler, parfois abondamment, sur une plateforme comme Twitter (Haustein, 2019). Ce contexte de communication offrirait plusieurs possibilités pour une mise en contact entre l'information scientifique et la société à propos des changements climatiques sur les médias sociaux.

Parmi les médias sociaux, Twitter reste encore à ce jour une des plateformes les plus utilisées dans la communication politique et le journalisme (Cision et Canterbury Christ Church University, 2018), bien qu'en termes d'usage, les citoyennes et citoyens y étaient moins présents que sur d'autres médias sociaux d'après une enquête NETendances de 2021 (Académie de la transformation numérique, 2022)[2]. Les

[2] Les constats présentées sont issus de l'enquête menée en 2021, avant le rachat de Twitter par Elon Musk qui a modifié de manière significative la démographie de la plateforme.

changements climatiques y occupent aussi une place importante et de précédentes recherches ont constaté que la discussion autour de la publication du cinquième rapport d'évaluation du GIEC était à la fois le fait des élites médiatiques et politiques, mais aussi de la société civile qui cherchait à apporter un autre point de vue que ce qui était couvert par ces élites (Holmberg et Hellsten, 2016a, 2016b; Newman, 2017; Pearce *et al.*, 2014). En ce sens, Twitter pourrait être propice aux échanges et à la discussion, si ce n'était que la plupart des conversations semblent avoir lieu en vases relativement clos. En effet, les usagères et les usagers de Twitter ont tendance à suivre ou commenter positivement les contenus des comptes en qui ils ont confiance, résultant en de potentielles chambres d'écho (Williams *et al.*, 2015). Néanmoins, Twitter est un cas intéressant pour étudier la circulation de la recherche scientifique sur les changements climatiques puisque de nombreux articles savants y sont partagés au sein de publics et de communautés variées, autant à l'intérieur qu'à l'extérieur des milieux savants.

Afin d'examiner la circulation de la recherche sur Twitter, en particulier l'intérêt que peuvent avoir les articles savants à l'extérieur des milieux savants, en particulier l'idée que celle-ci doit mener à des changements sociaux, à propos des changements climatiques sur Twitter, ma thèse porte donc sur les contextes de circulation auprès de différents groupes d'usagères et d'usagers dans une perspective de résonance. Je conçois dans ma thèse la résonance comme une forme de rapport des usagères et usagers envers les articles scientifiques selon leur manière d'entrer en relation avec la société, par exemple à partir de leurs intérêts ou de leur position dans l'écosystème scientifique. En examinant les comptes qui contribuent à partager ces articles, je documente qui sont ces entités, mais aussi les interactions qui contribuent à la circulation des articles au sein des communautés impliquées. Ce faisant, je veux examiner les groupes d'usagères et d'usagers qui partagent des articles afin de voir qui se sent interpellé, en tenant aussi compte de la stratégie de communication, du contenu des tweets et de l'histoire de la circulation des articles dans un temps et lieu donné afin de comprendre la résonance de ces articles sur Twitter.

Les objectifs de la recherche

Ma thèse vise dans un premier temps à proposer des outils méthodologiques et théoriques pour mieux comprendre les pratiques de circulation des articles scientifiques sur Twitter dans un contexte où la mobilisation des savoirs prend de plus en plus d'importance, notamment pour faire face à des enjeux comme les changements climatiques. En effet, on constate depuis quelques années la nécessité d'aller au-delà des nombres afin de comprendre la portée que peuvent avoir les productions savantes sur les médias

sociaux. En particulier, la présence significative du milieu de la recherche sur Twitter, l'importante quantité de documents savants qui y circulent, et les affordances en place sur la plateforme ont contribué à ce que Twitter devienne un lieu important de la communication savante en contexte numérique avant son rachat par Elon Musk (Haustein, 2019). En m'inscrivant dans la continuité de récents travaux proposant le déploiement de stratégies de recherche à la fois quantitative et qualitative, je veux ainsi montrer les apports et les limites d'une approche basée sur une stratégie méthodologique mixte séquentielle visant à passer d'une vision macro à une vision micro pour être en mesure d'examiner finement la circulation des articles scientifiques sur Twitter.

En suivant une approche en trois temps, ma thèse documente une approche méthodologique pour l'étude des traces de la recherche en contexte numériques à travers l'examen de trois dimensions qui permettent d'envisager la manière dont la recherche circule sur Twitter, soit 1) **qui partage des articles scientifiques** à propos des changements climatiques ; 2) **comment circulent les articles** à travers les retweets et les mentions ; 3) **comment peut-on reconstruire l'histoire de la circulation d'un article** à travers l'analyse combinée des tweets et des entretiens avec les personnes directement impliquées dans le processus de publication. Spécifiquement, ma recherche part d'un corpus de plus de 4 730 articles sur les changements climatiques pour cerner les catégories d'usagères et d'usagers qui partagent des articles scientifiques sur Twitter (1ere dimension), pour ensuite analyser un ensemble réduit d'articles parmi les plus partagés (2e dimension), puis ultimement cibler la circulation d'un article précis à la (3e dimension). Les informations recueillies lors de l'analyse de chaque dimension alimentent celles qui suivent de manière à avoir une compréhension de plus en plus en fine du processus de communication d'articles scientifiques sur Twitter.

À travers l'examen de ces dimensions, je vise donc à mieux comprendre les transformations associées à l'examen de l'attention publique envers la recherche par la circulation des articles scientifiques sur Twitter, particulièrement en ce qui concerne le développement d'indicateurs pour observer et décrire la résonance de la recherche et la mobilisation des savoirs auprès des communautés impliquées. En ce sens, je défini l'attention publique envers la recherche comme étant un intérêt observable envers des productions savantes qu'il est possible de documenter à partir de l'étude contextuelle des traces de la recherche laissées en ligne. À terme, les résultats de ma thèse visent à mieux comprendre comment la recherche peut résonner auprès de différentes communautés sur Twitter et ainsi mieux nous outiller au regard des considérations de l'attention publique envers la recherche à travers les traces laissées en ligne.

Finalement, ma recherche cible le domaine des changements climatiques en raison de l'attention particulière que suscite cet enjeu et de ses conséquences sociopolitiques, comme l'accentuation des inégalités sociales, la dégradation de l'environnement et la perte de plusieurs ressources agroalimentaires. Je veux donc montrer comment l'examen de la circulation des articles scientifiques sur Twitter nous renseigne sur l'impact social des savoirs scientifiques sur la crise climatique selon les communautés qui les partagent, en plus de proposer des pistes de réflexion pour la mobilisation des connaissances en contexte numérique.

Organisation et structure de la recherche

J'ai choisi de présenter les résultats de mes recherches doctorales sous forme de thèse par articles. Ce faisant, le cœur du présent travail inclut trois articles, acceptés ou soumis, présentant une étape distincte du processus de recherche. Les articles ont été rédigés de manière à faire sens individuellement, mais leur mise en relation met en valeur la stratégie de recherche que j'ai déployée en trois temps afin d'approfondir la compréhension des pratiques de communication étudiées. Ainsi, un premier article (**« Who tweets climate Change papers? investigating publics of research through users' descriptions »**) porte sur ma démarche d'analyse des descriptifs sous les profils Twitter afin d'examiner qui partage des articles scientifiques sur les changements climatiques ; un deuxième article (**« Who' s in, who's out: analyzing retweets and mentions in climate change research diffusion on Twitter »**) présente une analyse des retweets et des mentions, sous forme de réseaux, pour comprendre l'organisation du processus de communication des articles sur Twitter et mettre en valeur certains facteurs ayant contribué à la circulation de documents hautement partagés ; finalement, le troisième article (**« La mise en récit de la diffusion de la recherche sur Twitter : le cas des changements climatiques et du déclin des pollinisateurs »**), axé sur l'analyse fine des tweets et d'un entretien avec appui visuel, décrit et raconte le processus de communication d'un article spécifique, « Climate change impacts on bumblebees converge across continents » (Kerr et al., 2015), afin de documenter plus finement son impact dans une perspective de résonance selon les communautés d'usagères et d'usagers qui l'ont partagé sur Twitter.

Afin d'encadrer la démarche déployée dans la thèse, le premier chapitre présente une revue de la littérature sur les enjeux de la communication scientifique en contexte numérique, en particulier en ce qui concerne Twitter et les changements climatiques, pour ainsi présenter la problématique à l'étude et les questions de recherche qui ont guidé la thèse. Dans un second chapitre, je présente la démarche de

recherche, soit la stratégie méthodologique et les ancrages théoriques qui appuient cette thèse. Les trois chapitres suivants présenteront chacun des articles préparés pour cette thèse et constituent le cœur et les résultats de ma recherche doctorale. Finalement, je reviens dans un dernier chapitre sur l'articulation entre la revue de littérature, la démarche de recherche et les articles présentés afin de documenter les apports et les contributions de la thèse. Ce dernier chapitre fait également un retour sur les objectifs généraux de ce travail doctoral, en discutant 1) les contributions des trois articles à la compréhension de la circulation des articles de recherche sur Twitter en lien avec l'impact social de la recherche, particulièrement en ce qui concerne les changements climatiques ; 2) les contributions d'une stratégie méthodologique mixte pour comprendre les contextes de circulation des articles scientifiques sur Twitter ; 3) les éléments théoriques associés au potentiel de Twitter et des médias sociaux pour mieux comprendre l'impact social de la recherche ; 4) les limites de la thèse et de l'approche mobilisée. Finalement, je reviens en conclusion sur la synthèse de mes recherches doctorales et leurs apports empiriques, méthodologiques, théoriques et pratiques pour la circulation de la recherche sur les médias sociaux.

CHAPITRE 1

REVUE DE LITTÉRATURE ET PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

Dans ce chapitre, je présente la revue de la littérature pertinente pour contextualiser et problématiser le travail de recherche effectué pour ma thèse. J'expose d'abord le cadre général et les éléments principaux concernant l'interface science-société et la communication publique de la recherche du point de vue des transformations suscitées par l'utilisation croissante des médias sociaux. Je m'intéresse ensuite plus spécifiquement au cas de Twitter et à son utilisation pour la circulation des savoirs scientifiques. Je présente notamment un état des lieux sur les facteurs facilitant la circulation des documents savants sur Twitter. Dans la section subséquente, je présente une revue de la littérature sur la recherche à propos des changements climatiques et les enjeux reliés à la communication climatique, en plus de faire une synthèse des travaux récents sur la communication de la recherche à propos des changements climatiques sur Twitter. Finalement, j'établis la problématique précise de ma thèse et les questions de recherche qui ont guidé mes recherches.

1.1 La communication publique de la recherche en contexte numérique

1.1.1 L'interface science-société

La question des rapports entre science et société est une préoccupation de longue date des chercheuses et chercheurs en sociologie et communication des sciences. Déjà vers le milieu du 20^{e} siècle, l'enjeu des rapports sociétaux envers les savoirs technoscientifiques émerge en tant que problématique sociale alors que l'on constate les répercussions plus larges de la science et la technologie à l'issue de la Deuxième Guerre mondiale (Otto, 2016). C'est aussi à cette époque qu'est publié le rapport *Science – The endless frontier* aux États-Unis qui démontre l'importance des interactions entre science, technologie et société, et que s'institutionnalise une industrie médiatique chargée de la transmission de l'information à l'ensemble de la société (Bush, 1980).

Parallèlement, la communication et le journalisme scientifique se professionnalisent. Au Québec, les canaux de vulgarisation scientifique sont de plus en plus nombreux, comme l'Acfas (depuis 1923), le magazine *Québec Science* (depuis 1962) ou bien les émissions le Sel de la semaine (de 1965 à 1970), Aujourd'hui la science (1982-1994) qui deviendra Les Années lumières, ainsi que Découverte (depuis 1988) (David, 2022 ; Gingras, 2023). Tant en contexte québécois qu'ailleurs dans le monde occidental, on

constate l'émergence de figures marquantes de la communication scientifique, comme Fernand Séguin, Rachel Carson, Carl Sagan, Jane Goodall, Stephen Jay Gould ou Stephen Hawking (Krauss, 2015). Marquée par un souci de démocratiser l'accès au savoir scientifique, cette professionnalisation de la communication scientifique s'accompagne d'une cristallisation des relations entre science, technologie et société, particulièrement en ce qui concerne des enjeux avec des implications sociales comme la santé et l'environnement.

Ces différents phénomènes amènent l'émergence de courants de recherche qui s'intéressent directement à la problématique de la communication publique de la science et de la technologie (Miller, 1992; Miller, 2001). Ces courants de recherche, par leurs interactions avec différentes disciplines des sciences sociales, abordent aujourd'hui des thèmes allant des technologies médiatiques dans la communication savante aux différentes formes de rapports sociétaux envers le savoir en passant par l'engagement et la participation citoyenne dans les débats entourant les enjeux technoscientifiques (Bauer et Howard, 2013; Nisbet, 2009; Schiele *et al.*, 2015).

Plus récemment, la communication au grand public des connaissances scientifiques est amenée à jouer un rôle crucial dans l'action collective autour des enjeux climatiques (Ripple *et al.*, 2019, 2022). En effet, les savoirs issus de la recherche permettent de documenter les conséquences des bouleversements écologiques en cours et de réfléchir à des pistes de solution. En outre, la circulation des connaissances scientifiques, notamment par l'entremise du milieu de la recherche et des médias, permettrait d'influencer le discours public et la mise en place de politiques publiques. Ainsi, que ce soit pour mieux comprendre l'impact de l'activité humaine sur le climat, envisager des pistes de mitigation ou d'adaptation, ou influencer les discours et la prise de décision politique, des pistes de réflexion émergent concernant les avenues les plus propices pour communiquer les savoirs sur les changements climatiques, le tout en tenant compte de l'état de la situation et de son évolution rapide (Cottey, 2022 ; IPCC, 2013, 2021b ; Tvinnereim *et al.*, 2017). À travers un réseau intriqué de personnes et d'institutions, ces avenues peuvent prendre autant la forme de rapports d'évaluation sur l'état du climat, comme le fait le GIEC, que celle d'une couverture médiatique poussée, notamment avec des médias spécialisés comme *UnPointCinq* ou *Carbone* chez Radio-Canada, ou d'organisations politiques et de collectifs citoyens dont l'action mise sur la transformation sociale et politique (Daignault *et al.*, 2018 ; IPCC, 2021b ; Radio-Canada.ca, s. d.).

Par ailleurs, l'étude des transformations de nos rapports au savoir à travers l'utilisation croissante des technologies et des médias numériques constitue un sujet d'intérêt pour de nombreux groupes sociaux, que l'on pense à l'industrie médiatique, aux pouvoirs politiques ou encore à la communauté scientifique (Borgman, 2007; Newman, 2017). Les médias sociaux, figure emblématique de ces technologies, ont notamment contribué à accélérer la production et la consommation d'information à travers des structures permettant d'échanger et de se connecter facilement entre usagères et usagers (Proulx *et al.*, 2012). De fait, l'utilisation de ces technologies a entraîné une mise en valeur de discours qui ne sont pas issus des milieux communicationnels traditionnels, permettant ainsi l'émergence de nouveaux canaux de communication basés davantage sur un modèle interactif. On considère que l'émergence de ces modèles communicationnels aurait suscité une mutation de l'autorité et de l'expertise dans la circulation de l'information, bouleversant l'écosystème médiatique et politique traditionnel (Hopke et Simis, 2015; Newman, 2017). Ces transformations suscitent également des interrogations particulières au sein des communautés savantes alors que de plus en plus d'enjeux sociétaux laissent présager des mécaniques sociales et technoscientifiques complexes, la santé et l'environnement au premier plan (Hopke et Simis, 2015; Kite *et al.*, 2016).

À travers cette sensibilité croissante aux interactions entre science et société, la mission universitaire se transforme également. Les institutions de recherche accordent notamment une place de plus en plus importante à la mobilisation des connaissances – « l'idée que les connaissances issues de la recherche ou les résultats de recherches mènent, à moyen et à long termes, à l'action (i.e. à des innovations technologiques, médicales, sociales sous forme de produits, de procédés, de pratiques, de politiques, etc.) et à un changement qui répond à des préoccupations, besoins ou problèmes des milieux en lien avec l'objet de la recherche », ciblant spécifiquement les utilisatrices et utilisateurs directs de ces connaissances –, entre autres par l'entremise de programmes spécialisés et l'embauche de personnel qualifié (Fonds de recherche du Québec, s. d.). Les médias sociaux sont y également considérés comme des vecteurs importants pour la mobilisation des connaissances, comme le souligne notamment le Conseil de recherche en sciences humaines du Canada (CRSH) (2019), bien que d'autres programmes, comme Dialogue au Fonds de recherche du Québec, souligne qu'une mobilisation uniquement sur les médias sociaux n'est généralement pas suffisante (Fonds de recherche du Québec, 2023). À cet égard, la mobilisation des connaissances au sein des services de recherche vise à assurer tant la liaison avec des partenaires stratégiques dans le secteur industriel, politique ou communautaire qu'à faciliter la diffusion de la recherche dans la sphère publique. L'objectif de la mobilisation des connaissances, du point de vue des

institutions de recherche, est à la fois de faire le pont avec différentes communautés d'intérêts et de s'inscrire au sein des enjeux qui touchent la société. Cette sensibilité aux enjeux sociaux contribue également au développement de nouvelles pratiques visant à transformer l'organisation de la recherche, entre autres dans le but d'en faire des milieux plus inclusifs. Les missions universitaires en recherche misent donc de plus en plus sur l'intégration de certaines valeurs, comme l'EDI, par l'entremise de cibles à atteindre (Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2022). Afin d'atteindre ces cibles, le développement d'indicateurs de l'impact social de la recherche s'avère indispensable.

1.1.2 La science ouverte

La généalogie des transformations en cours vis-à-vis de l'impact social de la recherche est également tributaire des mouvements en faveur de la science ouverte et de l'accès libre. Notamment, l'utilisation croissante des technologies numériques s'est accompagnée d'une volonté de démocratiser l'accès à l'information dans ses différentes formes (Cribb et Sari, 2010). Cette idée de démocratisation, bien présente au sein de la communauté scientifique depuis plusieurs années, a comme objectif de rendre plus accessibles différentes formes de savoir, parmi lesquelles la production savante figure au premier plan (Irwin, 2014). C'est sous ce principe qu'on a vu la création de nombreux mouvements en faveur d'une ouverture du savoir, qu'ils se présentent comme étant de la science ouverte, des données ouvertes, ou encore du libre accès (Bartling et Friesike, 2014). Si le concept d'ouverture peut renvoyer à différents phénomènes, les différents mouvements mentionnés plus haut ont en commun de vouloir faire émerger des structures et des réflexions pour faciliter l'accès aux productions intellectuelles (Pomerantz et Peek, 2016 ; Scheliga et Friesike, 2014).

L'ouverture du savoir technoscientifique se manifeste de différentes manières. Par exemple, les organismes subventionnaires inscrivent de plus en plus la transmission des connaissances et l'impact social de la recherche au sein de leurs différentes politiques et de leurs programmes (Higher Education Funding Council for England, 2011). Dans la mesure où de nouveaux dispositifs facilitent ces processus et que le financement de la recherche provient majoritairement de fonds publics, ces mesures ont pour but d'inciter davantage les chercheuses et les chercheurs à rendre directement accessibles les connaissances qu'elles et ils produisent à la société. Ces mécanismes sont toutefois émergents et des incitatifs concrets demeurent encore à mettre en place, notamment afin de transformer le milieu de l'édition savante (Friesike et Schildhauer, 2015). En outre, on constate de plus en plus les effets de cette volonté d'ouverture, que ce soit par la multiplication des outils de communication publique de la science, ou encore par la

croissance des projets se revendiquant de la science participative – intégrant une participation des amateurs à la création du savoir scientifique, particulièrement présent en astronomie et différentes disciplines d'étude de la biodiversité – et de la science citoyenne – orientés vers la création de savoirs destinés à une activité citoyenne (Schiele *et al.*, 2015).

Le développement des technologies numériques a notamment transformé les pratiques d'édition, avec comme promesse centrale de faciliter l'accès aux productions savantes, en particulier les revues et les articles (Simard *et al.*, 2022). Plus spécifiquement, l'objectif serait de rendre disponibles gratuitement les productions de la recherche à toutes et tous, en particulier lorsque celles-ci sont financées par des fonds publics. Certains éditeurs sont particulièrement emblématiques de ce mouvement, comme la Public Library of Science (PLOS) et les presses du MIT qui offrent plusieurs revues et livres en accès libre (MIT Press, s. d. ; Public Library of Science, s. d.). Par ailleurs, afin d'encourager la diffusion des productions savantes, la publication des articles sur des archives ouvertes, comme HAL, ArXiv ou SocArXiv, est de plus en plus mise de l'avant, tant par les éditeurs savants que les chercheuses et chercheurs (Bar-Ilan, 2014 ; Carlson et Harris, 2020 ; Fleerackers *et al.*, 2022a). Bien que les articles déposés dans ces archives n'aient pas toutes les garanties de la révision par les pairs, leur utilisation contribue à la diffusion des productions de la recherche, comme on a pu le constater durant la pandémie de Covid-19 (Fleerackers *et al.*, 2022a). Les universités rendent également disponibles des archives institutionnelles, comme Archipel à l'UQAM ou Papyrus à l'Université de Montréal, à leurs chercheuses et chercheurs afin d'encourager le dépôt des travaux de recherche, c'est-à-dire l'enregistrement d'une version préliminaire ou initiale de travaux de recherche au sein d'un répertoire institutionnel ouvert. Ces processus s'inscrivent dans l'implantation croissante de politiques d'accès libre par les universités.

Bien que de nombreuses avancées aient été faites dans les dernières années pour faciliter l'accès gratuit aux productions savantes, de nombreux défis subsistent pour transformer durablement les pratiques d'édition savante dans une perspective d'accès libre. Entre autres, le milieu de l'édition savante reste largement l'œuvre d'un oligopole ayant une forte emprise sur l'accès aux revues savantes (Butler *et al.*, 2022 ; Larivière *et al.*, 2015). Ces grands conglomérats de l'édition savante contrôlent encore la diffusion de la production savante en chargeant à fort prix l'accès à des ensembles de revues. Ainsi, en-dehors des publications disponibles en accès libre, les bibliothèques universitaires peuvent rendre accessibles un grand nombre de productions de recherche à leurs membres, mais la sélection des revues disponibles est souvent contrainte par les ententes avec les éditeurs savants à travers lesquels des ensembles de revues

seront fournis à un prix donné, souvent exorbitant, que les bibliothèques devront payer pour avoir rendre disponibles les articles de ces revues. De même, bien que le choix de publier un article en accès libre est généralement disponible auprès d'une majorité d'éditeurs, le choix est à la discrétion des chercheuses ou chercheurs moyennant des frais, souvent élevés, pour le traitement des articles (*Article Processing Charges* ou APC) (Alperin, 2022 ; Butler *et al.*, 2022). Ce faisant, le fardeau de la publication en accès libre repose majoritairement sur les épaules des bibliothèques universitaires ainsi que sur celles des chercheuses et chercheurs.

Différents modèles sont mis de l'avant pour rendre possible l'accès libre aux productions savantes, que ce soit par des périodes d'embargo sur la diffusion des nouveaux articles, le dépôt de versions préliminaires, ou des frais de traitement des articles. Parmi les plus connus, on retrouve les modèles vert, or et diamant (Fuchs et Sandoval, 2013 ; Harnad *et al.*, 2004 ; Laakso *et al.*, 2021 ; Piwowar *et al.*, 2018).

> Accès libre vert : L'article est soumis à une revue scientifique et l'autrice ou l'auteur rend accessible le manuscrit dans une archive ouverte ou un dépôt institutionnel. Plusieurs éditeurs peuvent mettre des embargos et des conditions sur la manière de rendre l'article accessible.
>
> Accès libre or : Les accès sont directement disponibles gratuitement sur le site de la revue. Des frais de traitement sont généralement occasionnés.
>
> Accès libre diamant : Les articles sont disponibles gratuitement et aucuns frais ne sont chargés aux autrices et aux auteurs pour la publication.

En plus de faciliter la diffusion des connaissances scientifiques, l'accès libre aux articles et revues savantes a tendance à entraîner des répercussions positives pour les éditeurs (Butler *et al.*, 2022). En effet, les articles en accès libre généreront davantage de citations et d'attention dans les médias (Harnad et Brody, 2004 ; Piwowar *et al.*, 2018). Finalement, l'idée derrière l'accès ouvert aux productions savantes est de contribuer à la mise en commun des savoirs scientifiques, particulièrement lorsque ceux-ci sont produits grâce à du soutien public.

1.1.3 Les modèles de communication scientifique

Les controverses scientifiques et les enjeux de société ayant des ramifications en science et technologie, comme les mesures de santé publique durant la pandémie de COVID-19 ou les actions en prendre en lien avec les changements climatiques, ont contribué dans les dernières années à créer une image de la communication scientifique à plusieurs visages (Burns et Medvecky, 2018; Cook *et al.*, 2004; Fang et Costas, 2020; Fuentes et Peterson, 2021; Gagliardone *et al.*, 2021; Grosbois, 2022; Heidenreich, 2018; Lörcher et Taddicken, 2017). D'une part, ces enjeux mettent en lumière l'importance de la communication des résultats de la recherche universitaire pour mieux les comprendre et agir de manière éclairée. D'autre part, la confiance envers l'institution scientifique et médiatique est remise en question à plusieurs niveaux, participant à un effritement de la communication publique de la recherche et une polarisation accrue des points de vue. Les causes de cette crise de confiance seraient multiples, qu'elle soit issue de la hiérarchisation des savoirs, des différences socioculturelles et de visions du monde, des médias sociaux et de la désinformation, ou encore de remises en question de certains critères d'autorité (Burns et Medvecky, 2018 ; Grosbois, 2022 ; Williams Kirkpatrick, 2020).

Les recherches en communication publique de la science et de la technologie, ou « *public understanding of science* » (PUS) cherchent, sur le plan théorique, à mettre en lumière les tendances et les transformations des relations entre science, technologie et société à travers une perspective communicationnelle et, sur le plan pratique, à proposer de nouveaux moyens de transmission des connaissances sur la science et la technologie vers le public (Trench et Bucchi, 2015). Au sein de ce courant, on dénote en particulier un intérêt pour les questions d'engagement des publics, ce qui a contribué à faire émerger dans les dernières années un sous-champ de recherche autour de ces problématiques, celui de l'engagement public envers la science et la technologie ou « *public engagement with science and technology* » (Delgado *et al.*, 2011 ; Sleenhoff et Osseweijer, 2016 ; Stocklmayer, 2013). Par ailleurs, l'étude des technologies numériques dans les interactions entre science et société constitue un terrain relativement nouveau pour la communication publique de la science et de la technologie (Hopke et Simis, 2015; Kouper, 2010; Welbourne et Grant, 2016). Des terrains fertiles pour étudier l'utilisation de ces dispositifs ont été ceux de la science participative, soit l'intégration de citoyennes et de citoyens au sein des projets de recherche de chercheuses et de chercheurs, et de la science citoyenne, soit des projets scientifiques menés par des collectifs citoyens eux-mêmes (Dias da Silva *et al.*, 2017 ; Heaton *et al.*, 2018 ; Lipinski, 2015 ; Stafford *et al.*, 2010).

Un premier modèle théorique proposé est celui du déficit, lequel envisage la communication publique de la science et de la technologie comme une manière de combler les lacunes de connaissances à l'extérieur des milieux savants à travers un mode de transmission unilatérale, des scientifiques vers le public (Wynne, 1991). Cette conception accorde ainsi un statut particulier à la science, laquelle se veut déterminante pour le développement social, politique et économique d'une société (Simis *et al.*, 2016 ; Stocklmayer, 2013). Bien que cette vision ait évolué sur le plan théorique avec plusieurs travaux en sociologie des sciences, en communication ainsi qu'en philosophie, en plus d'adopter des cadres accordant une plus grande liberté d'action aux publics, par exemple avec les questions traitant d'engagement, on constate un retour constant vers les traditions du modèle du déficit dans la pratique (Cortassa, 2016 ; Delgado *et al.*, 2011).

Par ailleurs, les études traitant de l'engagement public envers la science et la technologie mettent de l'avant des cadres selon lesquels les processus d'interaction entre science, technologie et société doivent considérer que la résonance des connaissances dans la société implique certaines négociations et que le « public » a également ses expériences, ses savoirs et ses sensibilités (Burns et Medvecky, 2018 ; Grosbois, 2022 ; Rosa, 2018). À travers les perspectives misant sur l'engagement et la participation, les personnes et organisations impliquées dans la communication sont considérées comme étant davantage pourvues d'agentivité. Les dossiers controversés constituent d'ailleurs des terrains d'étude fertiles pour l'engagement et la participation étant donné le degré important d'incertitude entourant leur communication à l'extérieur du milieu académique (Delgado *et al.*, 2011 ; Rowe *et al.*, 2005 ; Veltri, 2013). Néanmoins, les études portant sur les contextes informels de communication savante restent très marginales, les recherches en communication publique de la science et de la technologie étant orientées vers les processus de transmission du savoir ayant un ancrage institutionnel (Davies *et al.*, 2009; Delgado *et al.*, 2011; Entradas et Bauer, 2016 ; Haywood et Besley, 2014). Soulignons néanmoins l'apport d'études en recherche-action, participative et communautaire à cet égard, notamment pour observer les pratiques amateures et citoyennes en science (Heaton *et al.,* 2018).

Par ailleurs, si la tendance est aux modèles dialogiques et participatifs, les processus communicationnels tels qu'ils sont mis en oeuvre témoignent fréquemment d'un souci d'éduquer un public qui aurait un manque de connaissances scientifiques, le tout basé sur un objectif de redonner confiance en l'institution scientifique (Cortassa, 2016 ; Simis *et al.* 2016 ; Sleenhoff et Osseweijer, 2016 ; Suldovsky, 2016, 2017). En ce sens, les modèles interactifs sont présentés comme des outils permettant de faciliter la communication avec le public, bien que la communication soit orientée selon les besoins de ses instigateurs (Delgado *et*

al., 2011). On demeure ainsi dans une logique de la théorie du déficit du point de vue de la transmission des connaissances, laquelle viserait à combler des lacunes en littératie scientifique et d'écouter davantage la science. Il ne s'agit donc pas tant de collaborer à la création de sens autour des enjeux technoscientifiques que de donner le « bon sens » aux publics. Néanmoins, un nombre croissant d'initiatives utilisant les technologies numériques visent à créer des discussions et des pratiques participant à la création de sens collectif sur différents enjeux en articulant la mobilisation des connaissances aux intérêts et expériences des participantes et des participants (Barger, 2021 ; Cortassa, 2016 ; Jahng et Lee, 2018 ; Simis *et al.*, 2016 ; Suldovsky, 2016 ; Zohou, 2015).

Ensuite, les notions d'engagement et de participation, bien qu'abondamment utilisées, renvoient à des concepts ayant plusieurs dimensions et on constate que leur théorisation fait défaut dans le cas des dynamiques de communication publique de la science et de la technologie (Sleenhoff et Osseweijer, 2016 ; Stilgoe *et al.*, 2014). Notamment, l'engagement a surtout été utilisé afin de décrire un nouveau modèle dialogique de la communication scientifique :

> The public engagement approach often uses and builds on public understanding efforts, while moving toward more comprehensive and interactive opportunities for dialogue and exchange. Through engagement, scientists and the public participate in discussions about the benefits and risks of the science and technology impacting our daily lives. In doing so, questions and concerns can be better understood and addressed. (Center for Public Engagement with Science and Technology, 2013)

Or, dans sa description actuelle, le concept d'engagement envers la science renvoie vaguement aux interactions entre science et société, dans une perspective de popularisation de la science du point de vue des scientifiques :

> Popularization activities are defined by scientists themselves who address and reach a wider and non-specialized public. This vague definition makes the categorical distinction a discursive resource for self-serving purposes: if the outreach activity serves the scientists it is just "good communication," if it does not, or if it involves anti-scientific undertones, then it is called "popularization," with a pejorative connotation. This ambivalence in the definition of PE [engagement public envers la science et la technologie] activities allows scientists to police the boundaries of science/society flexibly and with their own interests in mind. (Bauer et Jensen, 2011)

Ainsi, les activités décrites plus haut correspondent à différentes formes d'interactions, allant du dialogue à la participation. À la lumière de ces considérations, il nous semble nécessaire de théoriser davantage

l'engagement et la participation dans le contexte de la communication savante, notamment en lien avec l'utilisation croissante des médias sociaux. Dans sa forme actuelle, le concept d'engagement renvoie aux activités d'interaction entre sciences et société se déroulant dans un cadre formel ou institutionnel (Achterberg *et al.*, 2015). À notre sens, cela invisibilise les dispositifs de communication savante informels, que ce soit hors ligne ou en ligne (Davies, *et al.* 2009). Par ailleurs, dans de nombreux cas il ne s'agit pas tant d'engager les non-scientifiques dans une perspective inclusive, mais plutôt de dialoguer avec eux et elles et de les consulter tout en gardant une vision d'autorité de l'institution scientifique. Dans ce cadre, les interactions sont plutôt orientées de façon à donner confiance en la science par le biais d'approches qui se veulent plus près des citoyennes et des citoyens (Irwin, 2014 ; Sleenhoff et Osseweijer, 2016 ; Stilgoe *et al.*,2014 ; Sturgis, 2014 ; Wynne, 2006). Ainsi, les non-scientifiques se retrouvent devant le fait accompli :

> The increasing institutionalisation of PP/PE [engagement ou participation publique envers la science et la technologie] exercises has, however, come under criticism from some STS scholars as representing a response to a new type of deficit model – a public deficit of trust in experts and science […]. The fear is that where science has lost public confidence, PP/PE exercises are being used to deactivate scepticism and opposition to new technologies. It has been argued that PP/PE exercises commonly reproduce assumptions and consequences of the deficit model, whereby science still proceeds by excluding lay views instead of opening up for real dialogue […]. In line with this, STS scholars have recommended that it is important to "mind the gap" between the theoretical ideals of PP/PE and the realities of their implementation in practice […]. (Delgado *et al.*, 2011)

Sur le plan analytique, les modèles théoriques mis de l'avant par la communication publique de la science et de la technologie vont d'une transmission unidirectionnelle de l'information dans le cadre du modèle du déficit à une participation intégrante du public dans le processus d'acquisition des connaissances (Stocklmayer, 2013). En ce sens, les dynamiques de communication des savoirs diffèrent principalement en fonction du degré d'implication des participantes et des participants aux événements étudiés. Initialement, les pratiques unidirectionnelles étaient perçues comme le meilleur moyen de transférer de l'information aux non-scientifiques que l'on considérait comme ayant des lacunes en termes de connaissances scientifiques. Cette transmission d'informations avait une fonction d'éducation, et c'est à travers ces pratiques que s'est cristallisé le rôle de l'expert scientifique doté d'une autorité épistémologique (Irwin, 2014 ; Wynne, 2006). Ce modèle est toutefois de plus en plus critiqué pour tendre vers des modèles favorisant les échanges, le dialogue et la participation des publics (Besley et Dudo, 2017 ; Besley et Nisbet, 2013). Plusieurs cartographies ont été proposées pour ces modèles, en dépit de lacunes épistémologiques autour des notions de dialogue, d'engagement et de participation. Trench propose ainsi de les étudier à travers les modèles du déficit, dialogique, engagé et participatif (Trench, 2006, 2008).

Nisbet distingue plutôt deux approches dominantes, soit le modèle déficitaire et les perspectives d'engagement public envers la science et la technologie (Nisbet, 2009 ; Nisbet et Scheufele, 2009). Finalement, Stocklmayer propose de comprendre les activités de communication scientifique en fonction du but visé, par exemple la génération de débat, la popularisation de la science, le partage de connaissances ou la création de nouveaux savoirs (Stocklmayer, 2013).

1.1.4 La communication de la recherche sur les médias sociaux

Les médias socionumériques, ou plus simplement médias sociaux, sont bien présents dans l'écosystème informationnel depuis une dizaine d'années. Ces plateformes ont en commun certains principes généraux comme la création d'un profil public ou semi-public, des fonctionnalités orientées vers les interactions entre comptes, et une organisation visant la production massive d'information (boyd et Ellison, 2007). Elles présentent généralement une interface attrayante pour les usagères et les usagers de manière à les solliciter au maximum (boyd et Ellison, 2007). Elles sont également conçues selon des organisations sociotechniques et des affordances qui contribuent à la création d'usages spécifiques à chaque plateforme, bien que certaines pratiques aient eu tendance à se généraliser – comme l'utilisation des mots-clics (Stenger et Coutant, 2013). Plusieurs catégorisations existent pour distinguer les médias sociaux en fonction de leurs infrastructures : on peut ainsi penser aux plateformes de réseaux socionumériques (Facebook, Academia, ResearchGate), aux wikis (Wikipedia), aux services de partage de photos et de vidéos (Instagram, Youtube), aux plateformes de microblogage (Twitter), aux forums (Reddit), aux outils de travail collaboratif (Zotero, Mendeley) ou encore aux systèmes de recommandation (F1000Prime, Pubpeer) (boyd et Ellison, 2007; Sugimoto *et al.*, 2017). L'ensemble de ces plateformes a en commun l'inscription dans une logique économique et politique basée sur le capitalisme informationnel, dans un écosystème encore assez peu régulé (Winseck et Jin, 2011). Ainsi basées sur une production rapide et massive d'information à partir de traces d'usage, contenus, et interactions, ces plateformes génèrent un grand nombre de données servant à la fois à leur fonctionnement (pour alimenter les algorithmes) et comme valeur marchande auprès de tiers (Halford *et al.*, 2017). La production de ces données nécessite par ailleurs d'imposantes infrastructures pour être en mesure d'assurer le stockage et le traitement, lesquelles consomment une quantité significative de ressources énergétiques pour les faire fonctionner (Hogan, 2015).

Les médias sociaux s'inscrivent ainsi dans cette logique du capitalisme informationnel (Cardon, 2015). Dans cette perspective, la collecte de données et les algorithmes contribuent à faire émerger les contenus

les plus susceptibles d'intéresser les usagères et les usagers afin de leur donner « la meilleure expérience possible » lorsqu'ils naviguent sur la plateforme (Cardon, 2015). Cela peut contribuer à créer des bulles informationnelles et des chambres d'écho, que nous pouvons définir comme étant une organisation autour des traces d'usage qui contribue à guider l'usagère ou l'usager vers des contenus auxquels il est déjà familier (Pariser, 2011). Elles contribuent également à regrouper ensemble des usagères et des usagers aux profils similaires, partageant des intérêts et des points de vue similaires, ce qui amène, par exemple, à des regroupements entre personnes convaincues autour des enjeux sociétaux (Williams *et al.*, 2015). Par ailleurs, de nombreuses controverses ont mis en valeur le manque de régulation autour des médias sociaux. À l'exception de quelques cas spécifiques, l'écosystème des technologies numériques ne répond à l'heure actuelle qu'aux règles fixées par les entreprises et il n'existe que peu ou pas de tentatives d'encadrement par des instances gouvernementales ou indépendantes (Newman *et al.*, 2017). Lorsqu'un système de régulation existe, il est souvent laissé aux usagères et aux usagers de la plateforme en misant sur des structures ouvertes et collaboratives, comme c'est le cas avec Wikipédia (et les wikis en général) (Chesney, 2006). Et en l'absence de telles structures, comme c'est le cas avec Facebook, on laisse encore une fois le soin aux usagères et aux usagers de réguler les contenus, contribuant à accentuer l'effet des bulles informationnelles alors que ce sont les contenus préférés des usagères et des usagers qui seront plutôt mis en valeur (Bessi *et al.*, 2016). Il n'y a donc que peu ou pas de régulation de la véracité des informations par les dispositifs, c'est-à-dire des mécanismes de contrôle qui permettraient d'attester que des événements ou des faits sont avérés. Plus récemment, face à cette problématique, on constate un effort de certaines plateformes et de certaines institutions pour mieux mettre en valeur les contenus vérifiés ou fournir des outils aux usagères et aux usagers pour qu'ils puissent faire eux-mêmes cette vérification (Levin, 2018).

Les interactions permises par les médias sociaux, que ce soient les interconnexions entre comptes, les discussions ou encore le partage de contenu en ligne, ont facilité l'accès à une grande variété de contenus par leurs usagères et usagers et s'en suit un potentiel pour ces derniers de participer à la création de nouveaux contenus ou à la circulation de contenus déjà existants (Hopke et Hestres, 2017 ; Newman, 2017). Ces plateformes ont ainsi participé à la mise en visibilité de discours peu présents au sein du système médiatico-politique traditionnel, favorisant l'émergence de groupes de résistance autour de certains enjeux (Millette, 2015). Par ailleurs, les médias sociaux ont facilité la mise en réseau de personnes et d'organisations intéressées par des enjeux similaires ou vivant des expériences semblables dans des contextes d'activité différents (Ballew *et al.*, 2015). Cette mise en réseau a permis à certaines associations

et à certains mouvements de se créer à travers l'utilisation des médias sociaux (Faris, 2015). On voit notamment la constitution de regroupements autour des enjeux environnementaux, comme les changements climatiques (Segerberg, 2017 ; Segerberg et Bennett, 2011 ; Vu *et al.*, 2020).

La diffusion de la recherche – par l'entremise des liens menant vers des articles scientifiques – et la participation des milieux scientifiques sur les médias sociaux ont considérablement cru depuis une dizaine d'années (Haustein, 2019; Sugimoto *et al.*, 2017). Cette croissance apporte avec elle certaines préoccupations à la fois pour les chercheuses et chercheurs, particulièrement dans les sciences sociales, environnementales et de la santé, mais aussi pour les journalistes et le milieu de la mobilisation des savoirs (Kouper, 2010 ; Van Noorden, 2014). En particulier, avec le potentiel de rejoindre de nouveaux publics, l'utilisation des médias sociaux pour et par la recherche s'est accompagnée d'un intérêt de plus en plus important pour saisir l'impact de la recherche dans la société, non seulement du point de vue des controverses comme celles entourant les OGM ou les nanotechnologies, mais aussi pour l'émergence d'un dialogue entre les milieux scientifiques, les classes dirigeantes, les organisations politiques et le « grand public » (Delgado *et al.*, 2011). Parallèlement, la croissance des technologies numériques a amené de nouveaux outils et de nouvelles façons de faire pour la communication publique de la science et de la technologie (Nielsen, 2012). On voit dans ces outils, en particulier les médias sociaux, la possibilité de rassembler et mobiliser un plus grand nombre de personnes et d'organisations autour des enjeux technoscientifiques afin d'en faciliter la résonance auprès de différentes communautés (Heldman *et al.*, 2013 ; Keller *et al.*, 2014 ; Pearce, 2015).

L'utilisation des médias sociaux permet aussi de tisser des liens avec de nouveaux collègues, d'entretenir des relations professionnelles, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du milieu scientifique, en plus de faciliter la communication des résultats de recherche et des savoirs auprès de publics variés (Bowman, 2015 ; Sills, 2022 ; Veletsianos, 2012, 2016). La possibilité de communiquer facilement des contenus audiovisuels ou interactifs apporte également de nouvelles manières de stimuler l'intérêt vis-à-vis les objets de la recherche, par exemple en recourant à l'image ou au jeu (Klöckner et Sommer, 2021 ; Li et Molder, 2021). En outre, l'amplification de la communication permise par les médias sociaux permet de rejoindre des personnes ou des groupes d'intérêt qui seraient restés dans l'ombre autrement, en plus de faciliter la prise de parole au sein de communautés traditionnellement peu entendues. Ainsi, les médias sociaux pourraient faciliter et amplifier la diffusion des connaissances scientifiques, en plus de permettre l'émergence de nouvelles perspectives et de nouvelles voix en recherche (Howell *et al.*, 2019). Finalement, les médias

sociaux permettent de connecter des personnes à travers plusieurs continents, une plus-value qui permet notamment de faciliter l'accès des participantes et participants au contenu des congrès scientifiques, en particulier les personnes pour qui il est plus difficile de se déplacer (Bombaci *et al.*, 2016).

Les médias sociaux ont d'ailleurs été largement intégrés dans les projets de production de savoir impliquant des groupes amateurs ou des citoyens. D'une part, ils offrent des plateformes autour desquelles peuvent se structurer des communautés de travail et favoriser l'émergence d'un sentiment d'appartenance (Lipinski, 2015). On peut penser au projet BeeID au cours duquel les affordances de la plateforme Flickr ont été mises à profit afin de faciliter le partage de photos géolocGrande-Bretagneles en Grande-Bretagne afin d'en recenser la distribution (Stafford *et al.*, 2010). D'autre part, plusieurs projets de science participative ont misé sur le potentiel de ludification des dispositifs numériques – bien que ce soit –oins présent sur les médias sociaux - pour attirer les amateurs dans la production des connaissances, comme cela a été le cas avec EyeWire ou FoldIt (Lipinski, 2015). Dans le cadre de ces initiatives, l'aspect média social est surtout présent pour échanger entre participants. De façon générale, on attribue aux médias sociaux la capacité de favoriser les discussions, agissant ainsi comme un catalyseur pour la création de communautés de travail ou d'intérêts autour d'enjeux spécifiques (Triezenberg *et al.*, 2012). Dans le cadre des projets de science participative ou citoyenne, cela se manifeste principalement dans les cas où les amateurs sont fortement impliqués dans le projet (Heaton *et al.*, 2018).

Par ailleurs, plusieurs facteurs peuvent inhiber l'intérêt des chercheuses et chercheurs à se mobiliser sur les médias sociaux. Entre autres, tant du point de vue des scientifiques que de celui des milieux professionnels en information, plusieurs plateformes connues étaient et restent considérées comme des sources peu fiables d'information par une proportion importante de scientifiques en raison de l'absence d'une vérification effectuée par le média en tant que tel (Grande *et al.*, 2014 ; Sills, 2022). Pour certaines et certains, le fait que le micro soit partagé tant par des personnes expertes que non-expertes tend à lisser les propos, faisant en sorte que la forme prime grandement sur le fond pour convaincre (Sills, 2022). Comme la communication sur les médias sociaux est très rapide, les contenus doivent souvent être brefs et attirants pour susciter de l'attention. Le manque de régulation peut également entraîner du stress par l'entremise d'attaques, d'insultes ou de menaces, en particulier chez des chercheuses ou chercheurs issus de communautés historiquement marginalisées (D'Ignazio et Klein, 2020 ; Phillips *et al.*, 2022).

On constate que l'utilisation des médias sociaux par les chercheuses ou chercheurs reste très variable selon les disciplines ou les critères géodémographiques, en dépit de leur connaissance par une majorité (Sugimoto *et al.*, 2017 ; Thelwall *et al.*, 2013a ; Van Noorden, 2014). Ces variations peuvent s'expliquer par le fait que la production et la communication savantes varient selon les contextes et les disciplines. Par exemple, les connaissances dans les sciences de l'environnement suscitent généralement plus d'attention que celles que dans le domaine des mathématiques (Haustein, 2019 ; Toupin, 2020). Elles peuvent aussi s'expliquer par le statut de la chercheuse ou du chercheur – l'utilisation des médias sociaux peut nuire ou favoriser sa position dans le champ scientifique en fonction de son articulation avec d'autres facteurs comme l'importance de sa production savante (Grande *et al.*, 2014). Par ailleurs, une utilisation efficace des médias sociaux nécessite un bagage technique et social qui prend beaucoup de temps à maîtriser pour des retombées qui ne sont peut-être pas favorables ou immédiates (Bik et Goldstein, 2013).

L'utilisation des médias sociaux pour la recherche suscite aussi des questionnements pour les organisations de la recherche, comme les éditeurs scientifiques responsables de publier les documents savants, les universités ou les organismes subventionnaires. En fait, ces organisations jouent un rôle important dans la diffusion de la recherche sur les médias sociaux puisque « l'impact social » de cette recherche peut avoir des retombées importantes sur leur position dans l'écosystème de la recherche (Fecher et Hebing, 2021 ; Haustein, 2019). La mesure de cet impact à travers les traces laissées par les documents savants en ligne permettrait ainsi de mesurer l'incidence des travaux de « leurs » chercheuses et chercheurs sur la société. En outre, une part significative de la réputation et de la visibilité des institutions passe aujourd'hui par leur stratégie d'utilisation des médias sociaux (Birkholz *et al.*, 2015). À cet égard, si on a hypothétisé que les plus petites revues savantes gagneraient en visibilité en contexte numérique, on constate que ce sont encore les grands éditeurs, comme Nature, qui accaparent la plus grande part du gâteau du point de vue des métriques des médias sociaux (Haustein, 2019 ; Toupin, 2020). En ce sens, l'utilisation des médias pourrait avoir amplifié certaines inégalités préexistantes au sein des milieux de l'édition scientifique.

1.1.5 Le développement des altmétriques

Dans les milieux de la communication savante et de l'évaluation de la recherche, l'utilisation croissante des médias sociaux pour la diffusion des articles scientifiques et autres productions de recherche a été marquée par le potentiel de quantifier les traces laissées par ces documents dans le but d'en mesurer « l'impact social » ou « impact sociétal » (Haustein, 2019 ; Kassab *et al.*, 2020). Cet intérêt est basé sur

l'hypothèse que la production savante peut rejoindre, sur des plateformes comme Twitter, des publics au-delà de la communauté scientifique traditionnelle (Haustein, 2016 ; Sugimoto *et al.*, 2017). Ce faisant, « l'impact social » pourrait se définir comment étant toute forme d'impact par les communautés scientifiques à l'extérieur des communautés savantes (Holmbert *et al.*, 2019). C'est ainsi qu'ont émergées, en 2010, les altmétriques dont l'objectif est de mesurer et évaluer la circulation de la production savante à travers les traces numériques laissées, entre autres, sur les médias sociaux, dans les documents politiques, ainsi que dans les nouvelles de la presse conventionnelle (Priem *et al.*, 2010 ; Priem et Costello, 2010). Cette émergence de nouvelles métriques de l'impact de la recherche a aussi été marquée par des transformations des pratiques d'édition numérique par lesquelles on a pu se doter d'un ensemble toujours croissant d'outils pour retracer les productions scientifiques de même que les usages, discours, interactions, réseaux et contenus qui leur sont associés (Priem *et al.*, 2012b).Les promesses initiales ont toutefois laissé place à des bémols quant à ce qui est réellement mesuré, c'est-à-dire que les indicateurs développés ne sont que peu ou pas rattachés à des pratiques sociales précises, au contraire de ce que l'on peut constater avec les citations par exemple (Haustein, 2019 ; Larivière et Sugimoto, 2018). Face aux nombreuses limites rencontrées, les recherches actuelles s'attardent davantage à mieux comprendre les contextes dans lesquels circulent ces documents (Alperin *et al.*, 2018 ; Araujo, 2020 ; Arroyo-Machado *et al.*, 2021 ; Díaz-Faes *et al.*, 2019 ; Robinson-Garcia *et al.*, 2018).

C'est vers la fin des années 1990 que l'on a commencé à considérer le potentiel du web comme source d'information sur l'activité scientifique, contribuant ainsi à l'émergence de la webométrie (Björneborn et Ingwersen, 2001 ; Thelwall, 2016). Avec la convergence 1) d'un intérêt croissant pour l'évaluation de l'impact social de la science et de la technique dans les politiques, tant publiques que scientifiques, 2) du développement rapide des technologiques et dispositifs numériques, et 3) de la mise en valeur de la science ouverte, la mesure de l'activité scientifique sur les médias sociaux se propose comme une alternative aux métriques d'évaluation traditionnelles basées sur les citations en cherchant à comprendre « l'impact » de la recherche dans un cadre plus large (Priem *et al.*, 2010, 2012a, 2012b). Cette mesure de l'activité scientifique sur les médias sociaux s'est aussi accompagnée d'un intérêt grandissant pour la mobilisation des savoirs, en particulier au sein des institutions (Dahler-Larsen, 2012 ; Haustein, 2016 ; Higher Education Funding Council for England, 2011 ; Moed, 2016).

Ainsi, les métriques de la recherche en contexte numérique, comme les altmétriques, constituent la matérialisation d'un intérêt pour évaluer plus largement « l'impact » social de la recherche (Bornmann,

2016 ; Haustein *et al.*, 2016a). Toutefois, en raison de l'hétérogénéité des dispositifs et de la médiation floue des pratiques qui s'y déroule – on ne peut savoir si un article téléchargé a été lu – il est difficile de conceptualiser ce qui est réellement mesuré. Il est aussi rapidement devenu visible que, à l'exception de quelques plateformes plus spécialisées comme Mendeley, les différents indicateurs considérés ne peuvent renvoyer au sens traditionnel de l'activité scientifique – par exemple, un tweet n'est pas une citation (Bar-Ilan *et al.*, 2012 ; Haustein *et al.*, 2014, 2014, 2015 ; Li *et al.*, 2012 ; Mohammadi *et al.*, 2015 ; Thelwall et Sud, 2016 ; Zahedi *et al.*, 2014a). Ainsi, il est difficile de bien comprendre à la fois ce à quoi renvoient les activités effectuées sur ces plateformes et qui sont les usagères et les usagers qui les constituent, notamment en raison du paysage mouvant et très hétérogène de ces espaces (Haustein *et al.*, 2016 ; Sugimoto *et al.*, 2017). Ce faisant, l'objectif des recherches sur la communication savante en contexte numérique est passé de la mesure à la description des contextes d'activités entourant la circulation des documents savants sur les médias sociaux (Alperin *et al.*, 2018 ; Araujo, 2020 ; Díaz-Faes *et al.*, 2019 ; Haustein *et al.*, 2016 ; Holmberg *et al.*, 2019).

Sur le plan méthodologique, l'étude de la circulation de la production savante en contexte numérique passe par l'extraction de données depuis les plateformes de médias sociaux. Il existe des agrégateurs, comme Altmetric ou ImpactStory, qui participent à collecter ces événements et à les rendre disponibles aux chercheuses, chercheurs et gestionnaires (Sugimoto *et al.*, 2017). L'emploi de données issues de ces agrégateurs a toutefois des limites dans la mesure où les chercheuses et les chercheurs ont peu de contrôle sur les données. Par exemple, ces agrégateurs ne récoltent les traces d'activité médiatique que pour les documents ayant des identifiants uniques, comme le DOI (*Digital Object Identifier*), alors que de nombreux documents savants, par exemple les publications au sein de revues plus locales, n'en ont pas nécessairement (Haustein *et al.*, 2015 ; Liu et Adie, 2013). Les données peuvent néanmoins être extraites sans passer par ces agrégateurs, au moyen des API mis à disposition par les médias sociaux. Bien que le processus soit plus technique, cela permet de collecter les données recherchées tout en ayant une meilleure compréhension du fonctionnement et des contraintes liées à la collecte. Toutefois, les API sont plus ou moins accessibles selon les plateformes : certaines, comme Twitter[3] et Mendeley, les ont rendues

[3] L'accès à l'API de Twitter était gratuit et public pendant la majorité de cette thèse. Toutefois, Twitter a annoncé le 2 février 2023 que son API devient payante : https://twitter.com/TwitterDev/status/1621026986784337922?t=UUBH-XUil70kpJutE-zlOQ&s=35

publiques, alors que d'autres, comme celles d'Academia et ResearchGate, ne sont pas accessibles (Wilsdon *et al.*, 2015). Les données disponibles à travers les API sont par ailleurs dépendantes des politiques d'accès et des filtres mis en place par les plateformes à l'égard de leur collecte (Zahedi *et al.*, 2014b). Étant donné un ancrage quantitatif fort, l'analyse des données à travers les approches s'inspirant de la mesure de l'activité scientifique sur les médias sociaux s'effectue principalement au moyen d'outils statistiques. Ces études peuvent néanmoins prendre plusieurs formes, comme des analyses de réseau ou des analyses textuelles, et se consacrer à différentes échelles, tels que l'étude de grands corpus pour mettre en lumière des tendances ou des caractéristiques générales de la communication savante sur Twitter, à celles de corpus plus restreints au sein desquelles on vise à dégager des pratiques singulières (Holmberg *et al.*, 2014 ; Sugimoto *et al.*, 2017).

La plateforme de microblogage Twitter est un des médias sociaux les plus étudiés du point de vue des altmétriques, essentiellement parce que les traces laissées par les documents savants ont longtemps relevé du domaine public et étaient donc relativement accessibles pour les besoins de la recherche (Haustein, 2019). À travers les pratiques d'édition numérique encourageant l'attachement d'un identifiant unique aux publications savantes (comme les *DOI – Digital Object Identifiers*) et les politiques d'utilisation des API de Twitter, on a ainsi constaté son potentiel pour étudier la circulation des productions savantes en contexte numérique (Haustein *et al.*, 2014 ; Mahrt *et al.*, 2014 ; Priem *et al.*, 2010, 2012b ; Sugimoto *et al.*, 2017). De fait, un nombre croissant d'articles et de publications scientifiques y est partagé (Holmberg et Thelwall, 2014). Il s'agit également d'un des premiers espaces auxquels se sont consacrées les études sur la mesure de l'activité scientifique sur les médias sociaux (Bornmann, 2014 ; Sugimoto *et al.*, 2017). S'il est difficile de comprendre ce que signifient ces actes apparemment individuels, comme la publication d'un tweet partageant un lien vers un article scientifique, le potentiel de Twitter pour étudier la circulation des publications savantes à un niveau plus général et collectif a été démontré (Haustein *et al.*, 2016a).

1.1.6 L'impact social de la recherche

Comme on l'a constaté dans la précédente section, la tendance des dernières années est à l'élargissement de la communication des savoirs savants vers la société, et les technologies numériques, particulièrement les médias sociaux, sont vues par un nombre significatif de chercheuses et de chercheurs, de gestionnaires et d'autres membres de la société civile comme un moyen d'assurer cette communication (Moed, 2016). De fait, les médias sociaux pourraient favoriser l'émergence d'incitatifs pour les chercheuses et chercheurs pour tendre vers une plus grande communication publique de leurs travaux (Bornmann, 2016). On a ainsi

cherché à mesurer la circulation des documents savants sur différentes plateformes afin de soutenir la création de mécanismes et d'indicateurs de mesure de l'impact de la recherche sur la société (Sugimoto *et al.*, 2017). Toutefois, si les médias sociaux peuvent constituer un terrain d'étude approprié pour comprendre les dynamiques de la communication savante à l'extérieur des communautés scientifiques, différentes populations et dynamiques sont à l'œuvre sur chaque plateforme (Sugimoto *et al.*, 2017). En ce sens, la circulation de la recherche doit être mise en contexte en tenant compte des spécificités des environnements dans lesquels elle se déroule. En outre, à défaut de mesurer l'impact des publications savantes sur les médias sociaux, de récents travaux s'intéresse davantage aux concepts d'attention publique envers la recherche, notamment à travers des communautés d'attention – c'est-à-dire les différents groupes d'usagers qui participent activement à la circulation de la recherche (Díaz-Faes *et al.*, 2019). En ce sens, l'attention publique envers la recherche se définit comme étant une forme de participation au partage de documents savants qu'il est possible d'observer à travers différentes dimensions techniques et sociosémantiques, comme le nombre d'abonnés, le nombre d'interactions, ou encore la nature de celles-ci (Araujo, 2020 ; Arroyo-Machado *et al.*, 2021). Il faut aussi être en mesure de créer des outils dynamiques qui pourront évoluer parallèlement à ce paysage en constant changement (Bornmann 2014, 2015). Ces considérations sont d'autant plus importantes pour les enjeux technoscientifiques ayant un profond ancrage social, comme c'est le cas avec les sciences de l'environnement et les changements climatiques.

De manière générale, on peut considérer « l'impact social de la recherche » comme étant l'influence que peut avoir la recherche à l'extérieur des milieux scientifiques, en particulier l'idée que celle-ci doit mener à des changements sociaux (Fecher et Hebing, 2021 ; Haustein *et al.*, 2016a). Du point de vue des altmétriques, l'idée serait qu'on puisse mesure « l'impact social » à partir de l'attention que suscite les documents savants. Concrètement, cette manifestation peut être interprétée de différentes manières selon les milieux ou communautés à qui l'on s'adresse (Burns et Medvecky, 2018 ; Heidenreich, 2018). Ainsi, l'impact social de la recherche peut avoir un sens différent pour une université en contexte urbain ou rural, une chercheuse ou un chercheur travaillant sur les effets de la loterie dans un quartier, ou encore une équipe de scientifiques travaillant sur les répercussions des changements climatiques sur les populations de pollinisateurs (D'Ignazio et Klein, 2020 ; Fecher et Hebing, 2021). Les motivations derrière l'impact social de la recherche peuvent aussi être multiples, de la mise en œuvre de réels changements sociaux à une manière d'acquérir du capital symbolique et de la réputation (Fecher et Hebing, 2021).

Néanmoins, il s'agit d'un concept essentiellement unidirectionnel à travers lequel on cherche à observer et mesurer les contributions « sociales » de la recherche pour les acteurs de ladite recherche.

Du point de vue des chercheuses et chercheurs, avoir un impact social de la recherche est généralement vu d'un bon œil, avec des variations selon les disciplines, les contextes géographiques et les critères sociodémographiques (Fecher et Hebing, 2021). L'ajout de critères d'évaluation de l'impact social de la recherche inciterait en outre les chercheuses et les chercheurs à tenir davantage compte des répercussions sociales de leurs travaux. Néanmoins, le choix des bons indicateurs ou du bon processus d'évaluation demeure sujet à débat, comme on peut le constater en ce qui concerne les altmétriques (Alperin *et al.*, 2018 ; Kassab *et al.*, 2020 ; Neresini et Bucchi, 2011). Par ailleurs, bien qu'une proportion significative de chercheuses et de chercheurs soient en faveur de l'impact social de la recherche, ce qui constitue un « bon » impact reste à définir. En outre, il existe plusieurs formes de contributions sociales (brevets, recherche-action, recherche participative, partage de connaissances, etc.) qui ne peuvent pas être considérées de manière similaire (Holmberg *et al.*, 2019). Ce faisant, l'examen de « l'impact social » de la recherche dans une perspective d'évaluation se butte à plusieurs enjeux. Néanmoins, les traces laissées par la recherche sur les médias sociaux constituent une opportunité pour observer certaines contributions sociales de la recherche en fonction des communautés qui participent activement à la circulation de ces travaux, et ainsi fournir des outils aux chercheuses et chercheurs intéressés à examiner le potentiel de portée publique de leurs travaux et à entrer en contact avec des groupes intéressés.

Comme mentionné dans la section précédente, l'objectif des altmétriques est de mesurer et évaluer l'attention publique envers la recherche à travers les traces laissées en ligne par les documents savants. Il reste cependant des limites à surmonter pour que les altmétriques soient réellement signifiantes, qui concernent à la fois la structure même de la diffusion savante et son articulation dans les environnements numériques (Haustein *et al.*, 2016a ; Sugimoto *et al.*, 2017). Les productions de la recherche n'ont pas toutes la même visibilité en ligne, ni les mêmes communautés ciblées, ni les mêmes retombées escomptées. Or, la structure actuelle de la communication savante en contexte numérique encourage d'abord la popularité et la promotion de soi plutôt qu'un engagement réel avec le contenu des publications (Haustein, 2018a, 2019 ; Thelwall *et al.*, 2013a). En ce sens, il reste encore documenter la manière dont les articles scientifiques circulent effectivement sur les médias sociaux, comment ils sont effectivement reçus et ce qui en découle en termes de retombées concrètes.

Dans le cas de ma thèse, je cherche également à considérer l'impact social de la recherche sur les médias sociaux en termes de résonance, c'est-à-dire la relation de réponse sociosémantique qui s'établit entre les articles et les usagers qui les partage en fonction des mondes d'appartenance des usagères et usagers (Araujo, 2020 ; Rosa, 2018). Ces mondes d'appartenance peuvent être construits et approchés à la fois à partir des informations présentées par les usagères et usagers, comme des intérêts ou des catégories professionnels dans les descriptifs Twitter, et par les interactions qu'ils peuvent entretenir avec des communautés particulières, par exemple le monde professionnel du secteur agroalimentaire au Royaume-Uni ou le milieu de la recherche à propos des pollinisateurs au Canada. Dans la définition de résonance proposée dans cette thèse, ces considérations agissent comme le reflet du rapport que les usagères et les usagers peuvent entretenir avec les productions savantes. Dans cette perspective, tant les productions savantes que les usagères et les usagers sont considérés comme des parties autonomes ayant un potentiel de transformation, d'une part en contribuant à la réflexion et à l'action éventuelles des usagères et des usagers sur des enjeux scientifiques, et d'autre part en alimentant les réflexions de celles et ceux qui produisent la recherche en fonction de l'expérience des entités touchées.

1.2 La communication de la recherche sur Twitter

1.2.1 L'historique et le fonctionnement de Twitter

Créé en 2006, Twitter est une plateforme de microblogage proposant la création de contenus à travers de courts messages, initialement de 140 caractères (Weller *et al.*, 2014). Depuis la fin 2017, cette limite a doublé afin d'offrir un plus grand espace aux usagères et usagers pour la rédaction de leurs tweets (Busby, 2017). Organisée comme un réseau social, l'idée derrière Twitter reprend le concept des textos en proposant un espace où les usagères et usagers peuvent diffuser publiquement et instantanément de courts messages. En suivant d'autres comptes, les tweets de ces derniers, les « j'aime » qu'ils ont donnés, leurs retweets et des propositions de comptes à suivre deviennent accessibles sur le fil Twitter - la page d'accueil – de l'abonné (Figure 1-1).

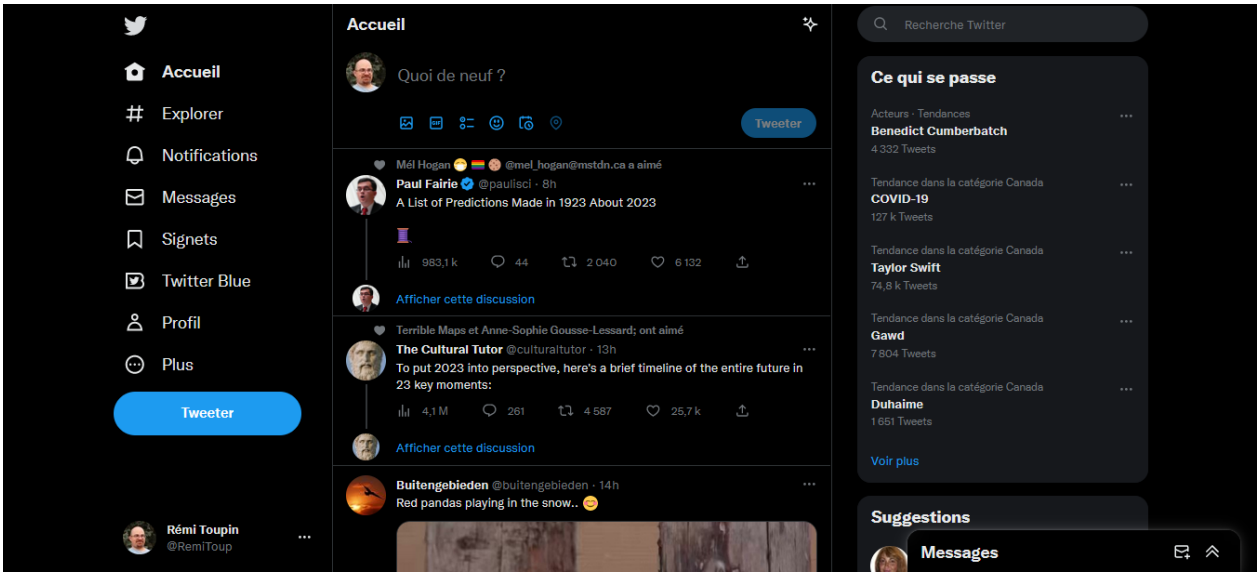


Figure 1-1 : Capture d'écran d'un fil d'accueil de Twitter.

Les abonnements sur Twitter sont asymétriques, c'est-à-dire qu'il n'y a pas forcément de réciprocité associée au fait de suivre un compte (Bruns et Moe, 2014). De plus, la force de Twitter repose sur l'instantanéité de l'information – il est beaucoup plus facile de publier des contenus très rapidement – et la création de réseaux basés sur un mélange de liens forts – comptes que l'on connaît bien – et de liens faibles – comptes que l'on connaît peu – contribuant à créer des communautés d'usagères et d'usagers (Krämer *et al.*, 2021). À travers ces liens, la communication a le potentiel d'être amplifiée auprès de publics partageant des intérêts similaires (Williams *et al.*, 2015). Finalement, Twitter se base sur la création d'un profil public constitué de quelques informations descriptives très succinctes et d'un nom d'utilisatrice ou d'utilisateur pour se présenter aux autres comptes (Figure 1-2).

Figure 1-2 : Capture d'écran de la page de profil d'un usager.

Au fil des années, les usages de la plateforme ont contribué à en faire un vecteur important des contenus médiatiques, politiques et scientifiques (Weller *et al.*, 2014). Plusieurs affordances ont émergé des usages que faisaient les abonnés de Twitter, comme les mots-clics (hashtags - #), les retweets (RT) ou les mentions (@) (Halavais, 2014). De nombreuses URL (*Uniform Resource Locator*) sont par ailleurs partagées pour diriger vers des contenus plus détaillés. Les mots-clics accolent des sujets aux tweets et peuvent être utilisés pour relier les contenus à des thèmes recoupant des tendances dans l'actualité, des communautés d'intérêts, en plus de participer à la viralité de certains sujets (Bruns et Moe, 2014). Les retweets et les mentions témoignent quant à eux des interactions entre usagères et usagers, soit en partageant le contenu rédigé par un autre compte ou en attachant un autre compte à un contenu. Les retweets peuvent être faits en copiant et en collant un tweet précédé de « RT @Compte » ou en utilisant la fonction automatique de retweet de Twitter. De même, il existe deux manières de mentionner des usagers, soit avec ou sans l'utilisation d'un point avant la mention (.@Compte ou @Compte). L'utilisation du point permet de rendre le tweet visible auprès de toute sa liste de comptes abonnés, et pas seulement les usagères et les usagers qui sont aussi abonnés au compte mentionné. Depuis septembre 2016, Twitter ne compte plus les caractères associés à l'insertion des images, GIF et vidéos dans un tweet, ce qui a pour effet de faciliter la circulation de contenus visuels et de libérer vingt caractères dans les tweets (Twitter, 2016). Néanmoins, les caractères associés aux URL demeurent comptabilisés. Les usagères et les usagers peuvent accéder à Twitter depuis des services tiers, comme TweetDeck ou Hootsuite (Figure 1-3). Ces

services peuvent être utilisés pour gérer plusieurs comptes Twitter simultanément, à l'instar de Tweetdeck, ou bien gérer un ensemble de comptes sur plusieurs médias sociaux, comme Hootsuite.

Figure 1-3 : Capture d'écran de l'interface de Tweetdeck.

En plus d'être retweetées, les publications sur Twitter peuvent aussi être aimées (« j'aime » ou *like*, associé à un coeur) et commentées. La fonctionnalité des commentaires a facilité l'émergence des *threads* à travers lesquels une usagère ou un usager peut publier un ensemble de tweets pour approfondir un point ou ajouter des éléments de contexte (Longhi, 2021). Les usagères et les usagers peuvent également limiter l'accessibilité de leurs tweets en configurant leur compte de manière à ce qu'il soit privé.

Les relations entre les comptes et les entités qui leur sont associées sont souvent ambiguës sur Twitter. Si les comptes peuvent bien représenter des personnes ou des organisations, la configuration de Twitter en a fait un espace propice à l'automatisation des contenus et à la prolifération des « bots » et des « trolls » (Bessi et Ferrara, 2016 ; Haustein *et al.*, 2018 ; Milman, 2020 ; Synnott *et al.*, 2017). En ce sens, la reconnaissance d'une certaine légitimité entre les comptes est basée tant sur les informations présentées sur le profil que sur le comportement du compte sur Twitter. En outre, les personnes et les organisations pouvaient jusqu'à récemment faire la demande de valider leur compte, à la fin duquel processus ces comptes obtenaient un « crochet bleu » à la suite de leur nom d'utilisatrice ou d'utilisateur en guise de gage de légitimité des contenus associés à ce compte.

Le nombre d'usagères et d'usagers de Twitter est en constante fluctuation avec un seuil à plus de 300 millions de comptes actifs annuellement depuis 2019 (Statista, 2022b). La plus grande part des comptes actifs serait aux États-Unis, avec d'autres marchés importants au Japon, en Inde, au Brésil, en Asie du Sud-Est, en Europe de l'Ouest, au Moyen-Orient, au Mexique, en Corée du Sud et au Canada (Statista, 2022a). Certains gouvernements en interdisent toutefois l'usage, comme la Chine, l'Iran, la Corée du Nord et le Turkménistan (Barry, 2022). En termes démographiques et professionnels, une part significative des usagères et usagers serait issue de la « génération Z », des milieux de l'information, de la politique et du divertissement (Pew Research Center, 2019).

L'instantanéité des contenus a contribué à la popularité de Twitter pour la diffusion des contenus médiatiques et politiques. À travers Twitter, l'usagère ou l'usager peut facilement diffuser des contenus d'intérêt public sans passer par les canaux traditionnels du journalisme (Wihbey *et al.*, 2019). Ce potentiel d'instantanéité est donc particulièrement utile pour informer et s'informer rapidement, en plus de faciliter les échanges et l'organisation collective lors d'événements majeurs (Bruns et Burgess, 2014 ; Bruns et Liang, 2012). De la même manière, Twitter est devenu un incontournable des conférences internationales, comme les Conférences des partis sur le climat (COP), puisqu'il est possible d'y suivre en temps réel les discussions en cours (Hopke et Hestres, 2018 ; Walter *et al.*, 2018, 2019).

Ce potentiel d'instantanéité est toutefois à double tranchant. En effet, les contenus de toutes sortes prolifèrent sur Twitter, entraînant rapidement un état de saturation informationnelle. À l'instar d'autres plateformes, l'algorithme de Twitter favorise la mise en valeur des contenus les plus susceptibles d'intéresser l'usagère ou l'usager (Bandy et Diakopoulos, 2021). En outre, il devient de plus en plus difficile pour les usagères et les usagers d'attester de la légitimité des contenus qui circulent et de distinguer ceux qui sont les plus pertinents (Lanier *et al.*, 2022). À cet égard, d'anciennes employées et des usagères et usagers ont reconnu les ratés de Twitter tant dans la lutte envers la violence et la haine en ligne qu'en matière de régulation des contenus (D'Ignazio et Klein, 2020 ; Warzel, 2016). Bien qu'il existe depuis 2013 une fonctionnalité permettant de signaler des contenus problématiques, la plateforme a longtemps tardé à agir sur ces contenus. Ce n'est que récemment, à la suite des contrecoups de la pandémie de COVID-19 et de l'assaut sur le Capitole étatsunien, que des mesures plus drastiques ont été entreprises, notamment la suspension définitive de plusieurs comptes de l'extrême droite (BBC News, 2021). Néanmoins, les enjeux de haine en ligne ont été et demeurent un enjeu particulièrement saillant de l'utilisation de Twitter, ciblant particulièrement des groupes professionnels, comme les journalistes, et des communautés davantage

marginalisées, comme les femmes, les personnes non binaires ou les personnes de couleur (D'Ignazio et Klein, 2020).

Twitter est également sous le coup de nombreuses controverses depuis son rachat le 27 octobre 2022 par Elon Musk, qui déclare avoir racheté la plateforme au nom de la liberté d'expression (McCarten, 2022). Ses déclarations et les mesures qu'il a entrepris de mettre en place ont ainsi contribué au départ, forcé ou volontaire, de plusieurs hauts dirigeants et de milliers d'employés. De nombreux annonceurs font également le choix de quitter la plateforme tandis qu'un grand nombre d'usagères et d'usagers la délaisse pour d'autres médias sociaux, comme Mastodon (Milmo, 2022). Parmi les mesures les plus impopulaires, soulignons la réactivation de plusieurs comptes associés aux courants conspirationnistes ou à l'extrême droite, la création d'abonnements payants pour avoir un compte certifié, le mode de gestion plus ou moins transparent de la plateforme, et la suspension de comptes de journalistes employés par des médias comme le New York Times et le Washington Post (Milman, 2022 ; Paul *et al.*, 2022).

1.2.2 Le milieu de la recherche

Dans les dernières années, Twitter a joué un rôle majeur pour la visibilité publique de la communication scientifique et du milieu de la recherche. Du côté de la communication scientifique, Twitter agit d'abord comme un rouage au service de nombreuses initiatives développées par les chercheuses et chercheurs eux-mêmes (Hopke et Hestres, 2018 ; Moukarzel *et al.*, 2020). En ce sens, la maîtrise des outils numériques figure de plus en plus dans la trousse des jeunes chercheuses et chercheurs, contribuant à la création de projets de communication scientifique à travers des formats variés alliant contenus textuels, visuels, audio et vidéo (Daume et Galaz, 2016 ; Hopke et Hestres, 2018 ; Yeo *et al.*, 2021). Ces projets permettent aux chercheuses et chercheurs de s'engager et de valoriser leurs expertises directement auprès de différents publics. En ce sens, l'utilisation stratégique de Twitter par ces chercheuses et chercheurs leur permet de gagner en visibilité à titre d'actrices ou acteurs de la communication scientifique, en plus de participer à la diffusion de contenus sur les avancées de la recherche.

D'après des sondages et des enquêtes menés auprès de chercheuses et de chercheurs, une forte proportion serait active sur les médias sociaux en général, dont Twitter qui figure parmi les plateformes les plus populaires (Costas *et al.*, 2020 ; Ke *et al.*, 2017 ; Van Noorden, 2014). Ces études font également état de variations selon les disciplines scientifiques, les caractéristiques sociodémographiques et les contextes géographiques. Ainsi, selon les études, la communauté de recherche en sciences sociales, en

sciences de la santé et biomédicales et en sciences de l'environnement serait particulièrement active sur Twitter, tout comme les doctorantes et doctorants et les chercheuses et chercheurs en début de carrière (Haustein, 2019 ; Sugimoto *et al.*, 2017 ; Work *et al.*, 2015). Parmi les motivations avancées pour s'investir activement sur Twitter, les personnes sondées mentionnent le fait de communiquer les résultats de leurs travaux plus facilement, de partager des nouvelles et d'entrer en contact avec des collègues, de découvrir de nouvelles opportunités ou collaborations de recherche et de connaître rapidement les travaux les plus récents dans leur domaine de recherche (Bowman, 2015 ; Veletsianos, 2012). Les chercheuses et chercheurs soulignent d'ailleurs le potentiel de Twitter pour rejoindre de nouveaux publics. Bien que la majorité de leurs interactions se fasse avec d'autres membres des milieux savants, des études mettent de l'avant des interactions avec les journalistes, la classe politique et le grand public (Côté et Darling, 2018 ; Walter *et al.*, 2019). L'utilisation de Twitter est également significative lors de la tenue de conférences scientifiques, permettant aux chercheuses et chercheurs présents d'échanger en direct avec des collègues et de faire résonner plus largement le contenu des conférences (Bombaci *et al.*, 2016).

En plus des chercheuses et chercheurs, les institutions de la recherche, telles que les universités, les centres de recherche et les organismes subventionnaires, sont également de plus en plus actives sur Twitter. De manière générale, la recherche d'une forte présence en ligne relève des stratégies médiatiques des institutions visant à les inscrire dans l'espace public (Birkholz *et al.*, 2015). Une veille et une participation stratégique et régulière sur les médias sociaux permet d'améliorer le recrutement, particulièrement à l'international, de rendre visibles des programmes ou des opportunités d'intérêt pour la communauté de recherche, de soutenir les échanges avec des partenaires et d'assurer la visibilité de l'institution en recherche. Le personnel en mobilisation des connaissances tend ainsi à participer activement à la visibilité des institutions sur les médias sociaux (Woolcott *et al.*, 2020). À cet égard, Twitter est utile pour diffuser des nouvelles touchant l'institution ou ses membres, pour marquer sa relation avec des partenaires stratégiques et pour mettre en valeur des initiatives de mobilisation des connaissances.

La présence significative du milieu de la recherche sur Twitter et les affordances en place sur la plateforme ont contribué à ce que Twitter devienne un lieu important de la communication savante en contexte numérique (Haustein, 2019 ; Priem et Costello, 2010). Ce faisant, les éditeurs savants ont su profiter de ces transformations à des degrés variables pour gagner en capital symbolique (Merga, 2021 ; Sugimoto *et al.*, 2017). À cet égard, si l'une des promesses de l'utilisation des médias sociaux pour la communication savante était de rééquilibrer les inégalités existantes entre les éditeurs du fait des indicateurs traditionnels,

l'utilisation croissante de Twitter semble avoir plutôt exacerbé ces inégalités puisque ce sont les organisations qui jouissent de plus de ressources médiatiques, comme *Science*, *Nature* ou *PNAS*, qui sont en mesure d'avoir le plus visibilité (Figure 1-4).

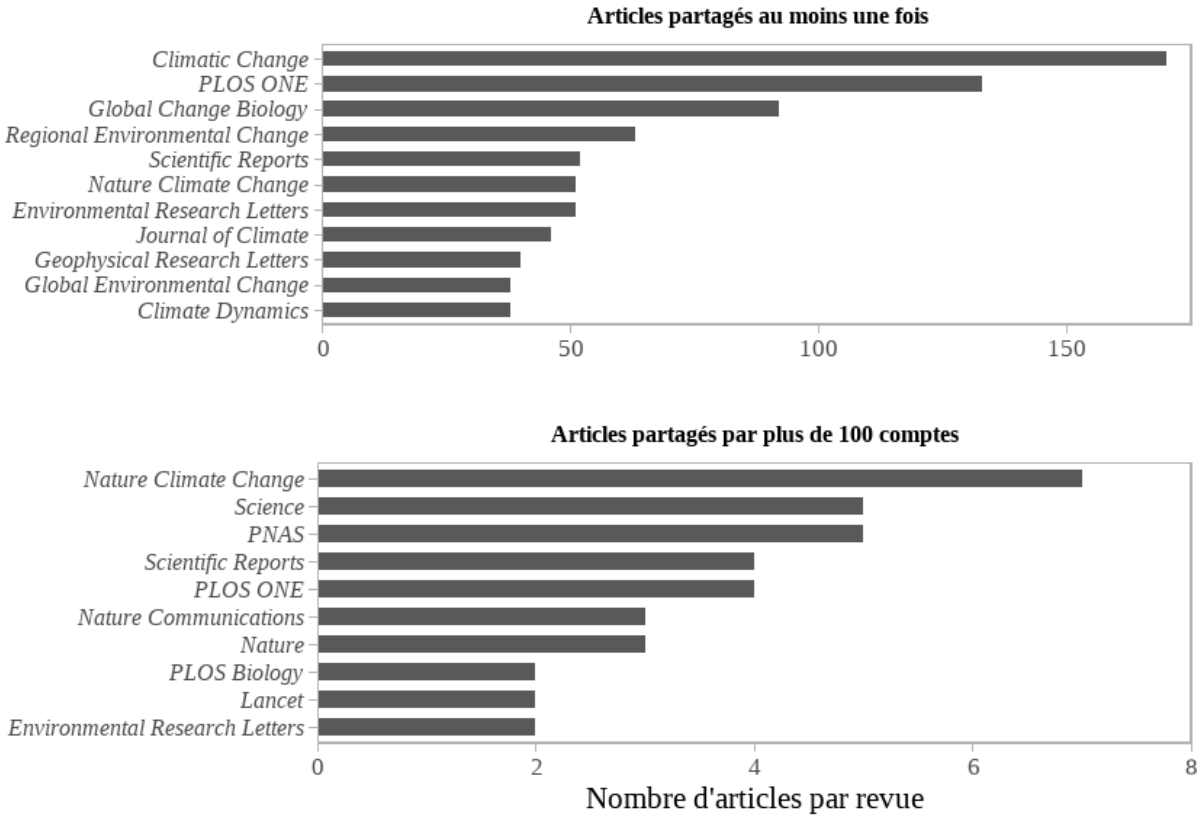


Figure 1-4 : Distribution des articles du corpus étudié dans cette thèse au sein des revues savantes.

Cette figure présente la distribution des articles partagés au moins une fois sur Twitter et ceux partagés par plus de 100 comptes. Graphique initialement publié dans un article pour la revue *Le Climatoscope* (Toupin, 2020).

D'ailleurs, le portrait que l'on connaît de la communication savante sur Twitter concerne principalement les revues publiées en anglais et indexées dans les principales bases de données bibliométriques du Web of Science (Clarivate Analytics), de Scopus et d'Altmetric (Haustein, 2019). Néanmoins, la participation régulière sur Twitter d'éditeurs plus petits, locaux ou en d'autres langues que l'anglais leur assure une certaine visibilité et un ancrage au sein d'une communauté d'intérêts, tandis que des plateformes comme

Érudit et SCiELO consolident leur présence pour la diffusion et la promotion de la recherche en français, en espagnol et en portugais (Larivière et Sugimoto, 2018 ; Rozemblum *et al.*, 2021).

1.2.3 La diffusion des articles scientifiques sur Twitter

En plus des différentes personnes et organisations impliquées en recherche et en communication scientifique qui s'engagent activement sur Twitter, un volume significatif de documents savants y circule par l'entremise de liens inclus dans les tweets (Thelwall *et al.*, 2013b). Selon les disciplines, différentes études rapportent que ce sont entre 6 et 60 % des documents savants, comme les articles scientifiques, qui suscitent au moins un tweet, tandis qu'environ la moitié des articles tweetés au moins une fois sont retweetés (Haustein, 2019 ; Holmberg et Thelwall, 2014 ; Toupin, 2020). La figure 1-5 présente un portrait de la diffusion des productions savantes sur Twitter d'après les données et les disciplines du Web of Science et d'Altmetric et selon le pourcentage d'articles partagés et le nombre moyen de comptes qui partage les articles (Haustein, 2019). J'y ai ajouté le corpus à l'étude dans ma thèse afin de situer la communication de la recherche sur les changements climatiques selon les données que j'ai récoltées.

Dépendamment des disciplines, ce sont en moyenne entre deux et six comptes qui partagent les articles tweetés au moins une fois. Les courbes de distribution montrent toutefois que ce n'est qu'une faible proportion de publications qui suscitent la majorité des tweets, reproduisant les inégalités d'attention que montrent d'autres indicateurs comme les citations (Díaz-Faes *et al.*, 2019 ; Haustein, 2019). Ainsi, la majorité de l'attention reste concentrée sur un petit nombre de publications savantes. Néanmoins, il n'y aurait pas nécessairement de corrélation entre les citations et les indicateurs de l'attention sur Twitter (Sugimoto *et al.*, 2017; Williams, 2022). Ainsi, les indicateurs de la communication savante sur Twitter pourraient montrer un impact différent que ce qui est traditionnellement mesuré par les citations (Haustein, 2016 ; Haustein *et al.*, 2016a).

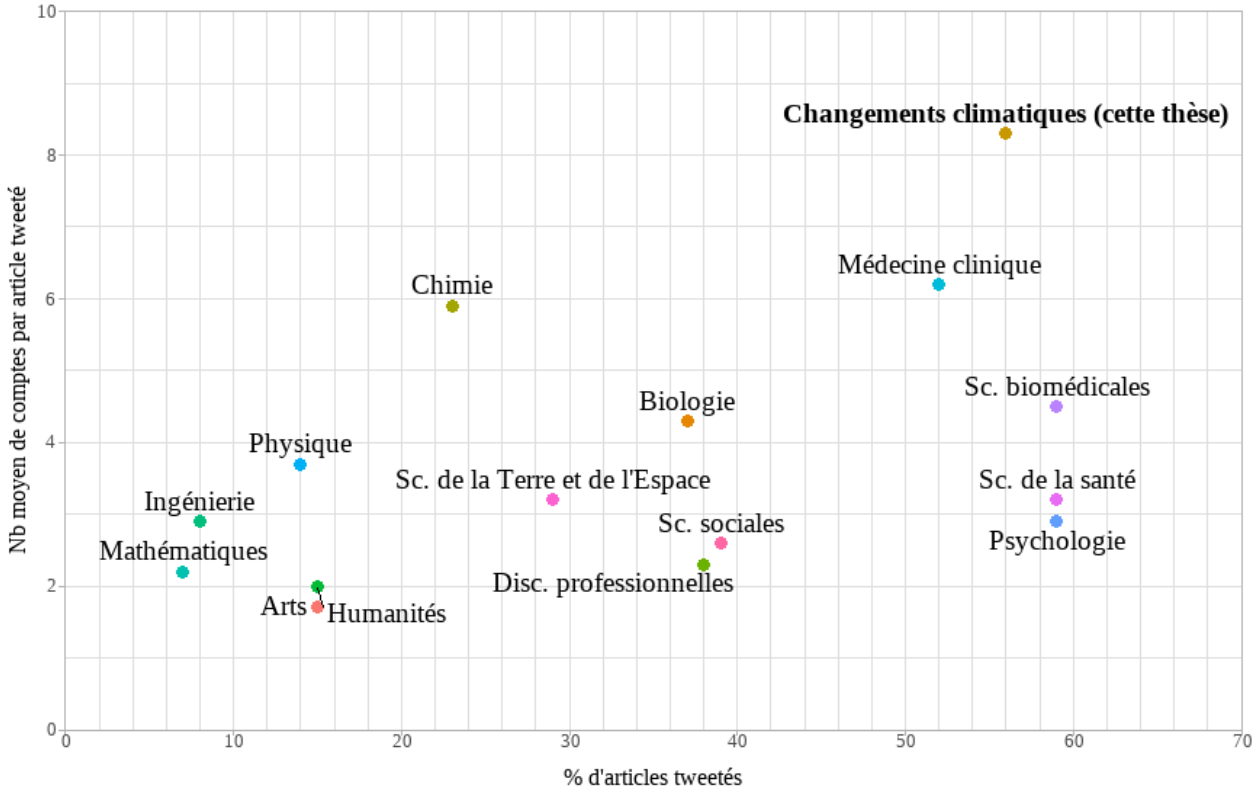


Figure 1-5 : Proportions des articles tweetés et moyenne de partage par articles.

Proportions des articles tweetés au moins une fois et moyenne de comptes partageant ces articles en fonction des disciplines basés sur les données du Web of Science. Données et indicateurs tirés de Haustein (2019). Graphique initialement publié dans un article pour la revue *Le Climatoscope* (Toupin, 2020). Les catégories sont issues du système de catégorisation pour les articles et les revues de la base de données du Web of Science.

En général, les tweets vers des publications savantes sont souvent neutres, incluant uniquement le titre ou un résumé synthétique de la publication en plus du lien vers celle-ci (Thelwall *et al.*, 2013b). Les commentaires sont rares, bien que les articles portant sur des sujets plus politiques ou sensibles puissent générer plus d'attention. Ainsi, peu de discussions émergeraient sous les tweets eux-mêmes. La majorité des tweets sont concentrés tout juste après le moment de publication de l'article, bien qu'ils puissent être disponibles avant si une version de l'article est disponible avant la publication officielle par la revue, par exemple en le déposant sur une archive de prépublication (Alperin *et al.*, 2018). Par ailleurs, bien que les articles tendent à susciter de moins en moins d'attention sur Twitter au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la date de publication, ils peuvent continuer à accumuler des tweets, démontrant une certaine attention à long terme. Le partage par une figure influente sur Twitter peut également contribuer à un regain d'attention envers l'article (Münch *et al.*, 2021). Finalement, encore peu d'études ont porté sur les

pratiques de partage des articles, à savoir par exemple si les partages se font depuis le bouton disponible sur la page web de l'article ou en créant un tweet original sur Twitter ou un service tiers comme TweetDeck, ou bien quels sont les dispositifs privilégiés, comme les postes de travail, les tablettes ou les téléphones. Documenter ces pratiques permettraient de mieux comprendre certaines des stratégies ou constats derrières les traces laissés par les articles scientifiques en contexte numérique.

La prémisse derrière l'association entre la diffusion de la recherche sur les médias sociaux et la mesure de l'impact social de cette recherche est que les articles scientifiques pourraient circuler plus largement à l'extérieur des communautés savantes. Néanmoins, les articles scientifiques ne sont généralement pas des documents susceptibles de circuler largement dans la sphère publique. De par leur nature et leur format, ils s'adressent à un public spécialisé (Alperin *et al.*, 2018). Ainsi, les chercheuses et les chercheurs sont en théorie davantage impliqués dans le partage actif des articles scientifiques sur Twitter étant donné qu'elles et ils en sont le public cible. (Haustein et Costas, 2015 ; Toupin *et al.*, 2019 ; Vainio et Holmberg, 2017 ; Walter *et al.*, 2019). Les documents de deuxième ordre, comme des articles de presse, des résumés synthétiques ou des textes de vulgarisation scientifique seraient plus susceptibles de rejoindre les personnes et les groupes externes aux milieux savants et spécialisés.

La forme et l'intensité de la diffusion des articles scientifiques sur Twitter peuvent être influencées par plusieurs facteurs. D'abord, la communication de la recherche sur Twitter reflète les inégalités de la communication savante, faisant en sorte que certaines revues et certains éditeurs jouissant de davantage de capital symbolique sont en mesure d'avoir une plus grande visibilité de leurs articles sur Twitter (Larivière *et al.*, 2015). Ensuite, les articles qui présentent moins d'éléments techniques sont plus susceptibles d'être partagés, ce qui se reflète par exemple dans les corrélations entre le nombre de pages et de références et le nombre de tweets (Haustein *et al.*, 2015). Plus un article est court et moins il contient de références, plus il aurait le potentiel de générer de l'attention sur Twitter. De même, les publications qui contiennent un niveau de langage plus familier et moins technique suscitent plus d'attention (Bullock *et al.*, 2019). Le sujet et les thématiques abordés jouent aussi sur le potentiel de l'article à être partagé sur Twitter. Par exemple, ce qui touche davantage la recherche en santé et en sciences biomédicales, les changements climatiques et les enjeux de société en général, suscite plus d'intérêt (Haustein, 2019). Finalement, la disponibilité des articles en accès libre a aussi un effet sur leur visibilité sur Twitter (Butler *et al.*, 2022).

Si les facteurs inhérents au format de l'article scientifique contribuent à son potentiel de visibilité sur Twitter, les facteurs qui relèvent davantage de la stratégie médiatique et de la communication elle-même pourraient peser encore davantage sur sa visibilité (Boothby *et al.*, 2021). Comme il a été noté précédemment, les revues et éditeurs ayant davantage de ressources sont avantagés puisque ces ressources peuvent être mises à profit pour élaborer et exécuter des stratégiques médiatiques et numériques plus étoffées. Notamment, en articulant la diffusion sur Twitter avec d'autres plateformes et avec des campagnes de presse dans les médias traditionnels, certains articles peuvent jouir d'une visibilité considérable. Ensuite, la forme de l'activité sur Twitter a aussi un effet sur la diffusion des articles. Par exemple, selon que les usagères et les usagers partageant des articles sont particulièrement actifs, sont membres de communautés particulières, ou parviennent à toucher des comptes ayant un grand nombre d'abonnés, que ce soit accidentellement ou au moyen de mots-clics et de mentions, la circulation des articles peut se trouver amplifier (Araujo, 2020 ; Bruns et Burgess, 2015 ; Díaz-Faes *et al.*, 2019 ; Tsou *et al.*, 2015). Finalement, le recours à des contenus visuels, des vidéos ou interactifs contribue également à susciter de l'intérêt. Ces contenus sont d'ailleurs particulièrement mobilisés par des usagères et usagers impliqués dans la communication des connaissances sur les changements climatiques (Duan *et al.*, 2021 ; Klöckner et Sommer, 2021). En outre, la manière de construire les tweets, par exemple l'ajout d'éléments visuels ou l'utilisation de mots-clics, a également un impact sur la manière dont les articles seront visibles et partagés (Boothby *et al.*, 2021 ; Fang *et al.*, 2021).

1.3 La communication de la recherche sur les changements climatiques

1.3.1 La problématique des changements climatiques

Au courant des dernières années, les problématiques associées aux changements climatiques ont gagné en importance dans la sphère publique. En effet, bien qu'elles soient connues depuis longtemps et que de nombreuses rencontres internationales aient eu lieu depuis, l'intérêt et l'inquiétude qu'elles suscitent ne cessent de croître au fur et à mesure qu'on en sait plus sur les conséquences de ces bouleversements. Parmi les conséquences avancées, notons une incidence accrue des événements météorologiques majeurs, comme les inondations, les sécheresses, les ouragans ou les feux de forêt et de broussaille, la fonte de l'Arctique et de l'Antarctique, l'acidification des océans, la dégradation des écosystèmes et la perte de biodiversité (IPCC, 2019, 2021b ; United Nations, 2021b). En outre, ces conséquences ont un impact sur l'accès et la distribution des ressources alimentaires, la mobilité des populations, le bien-être et la jouissance de certaines activités. Si ces conséquences sont bien globales, leurs répercussions ont des impacts différents selon le contexte de vie des individus et des communautés (Malm, 2017). Notamment,

certains groupes seraient plus susceptibles aux effets des changements climatiques, comme les populations côtières, de nombreuses communautés autochtones, ou encore les personnes en situation de précarité financière (Gournay, 2020 ; IPCC, 2019). Ainsi les changements climatiques ont des conséquences sociales importantes, tout en touchant les populations et les personnes de manière inégale.

Cela fait maintenant près de 40 ans que des chercheuses et des chercheurs ont constaté pour la première fois un bouleversement anormal du climat terrestre ayant comme principal agent perturbateur une augmentation de la concentration en dioxyde de carbone et autres gaz à effet de serre à l'échelle globale, que l'on reliera quelques années plus tard à l'activité humaine (Moser, 2009). On met ainsi en lumière un bouleversement climatique anthropogénique, aussi nommé plus familièrement changements climatiques ou réchauffement climatique (Crutzen, 2002). Initialement circonscrites à un cercle de spécialistes issus de la recherche universitaire, les préoccupations entourant les perturbations climatiques intégreront éventuellement les autres sphères de la société, jusqu'à être considérées comme un des enjeux les plus importants du 21e siècle (Dunne, 2017 ; Watts *et al.*, 2018). Ainsi, des scientifiques, des chercheuses et chercheurs en sciences sociales, des économistes, des associations environnementales, des membres des classes politiques et professionnelles, des communautés autochtones, ainsi que d'autres membres de la société civile tenteront de s'approprier ces préoccupations afin de créer des formes d'action qui puissent éventuellement servir à régler le problème climatique (Kalafatis *et al.*, 2015).

Les changements climatiques font l'objet d'une importante surveillance de la part de la communauté internationale. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), créé en 1988, rassemble des expertes et des experts de partout dans le monde afin de suivre l'évolution des bouleversements climatiques et proposer des pistes d'actions aux responsables politiques (IPCC, 2021b). Plus spécifiquement, les travaux du GIEC sont organisés en trois groupes de travail, portants respectivement sur 1) les aspects scientifiques des changements climatiques ; 2) les conséquences, la vulnérabilité et l'adaptation des systèmes socio-économiques ; et 3) l'atténuation des changements climatiques (IPCC, 2014). Ponctuellement, les efforts de chaque groupe de travail font l'objet de synthèses dans les Rapports d'évaluation du GIEC (IPCC, 2013, 2021b). Chaque rapport d'évaluation inclut un rapport de chaque groupe de travail et un résumé à l'intention des décideurs. En plus de ces rapports d'évaluation, des équipes du GIEC travaillent sur des chantiers spéciaux, comme l'impact des changements climatiques sur les océans ou la dégradation des terres (IPCC, 2019). À noter que le cinquième rapport a fait l'objet d'une couverture médiatique importante, en particulier en ligne, sur Twitter (Holmberg et Hellsten, 2016a,

2016b; Newman, 2017; Pearce *et al.*, 2014, 2018). Un sixième rapport d'évaluation est paru en 2021 (IPCC, 2021a).

Si les travaux du GIEC agissent comme le bras scientifique de l'action internationale envers les changements climatiques, les Conférences des parties (COP) pour la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) font figure de bras politique (Hopke et Hestres, 2018 ; Walter *et al.*, 2018). Organisées annuellement depuis 1995, ces conférences sont issues d'un processus initié par l'ONU à la suite du Sommet de Rio en 1992 afin de doter les États d'un cadre d'action pour limiter les effets des changements climatiques. Ce sont ces conférences qui ont mené au Protocole de Kyoto en 1997 et à l'Accord de Paris en 2015, lequel vise à limiter le réchauffement climatique à deux degrés Celsius, seuil au-dessus duquel les conséquences des changements climatiques seraient potentiellement irréversibles (Yeo, 2016).

Parallèlement, les manifestations pour le climat gagnent en popularité, tout comme le mouvement des grèves pour le climat instigué par Greta Thunberg (Ley et Brewer, 2018 ; Sorce, 2022 ; von Zabern et Tulloch, 2021). Ce mécontentement est particulièrement manifeste chez les jeunes adultes et les communautés autochtones, notamment à travers des poursuites mettant directement en cause les États (Bernier, 2022). La communauté scientifique souligne quant à elle la nécessité d'agir rapidement contre les changements climatiques. Des lettres sont publiées régulièrement dans la revue *BioScience* depuis 2017 afin de mettre l'accent sur la nécessité de mieux communiquer les savoirs relativement aux changements climatiques et d'agir davantage dans un contexte où la fenêtre pour en atténuer les conséquences réduit de plus en plus (Ripple *et al.*, 2017, 2019). À travers ces manifestations, on souligne que les savoirs nécessaires pour agir vis-à-vis les changements climatiques sont déjà là, qu'ils soient issus de la recherche scientifique, de l'expérience citoyenne ou de l'écoute des peuples autochtones.

Plusieurs pistes de solutions ont été mises de l'avant afin d'atténuer ou inverser les tendances climatiques actuelles. Ces solutions misent, par exemple, sur la décarbonisation de la société, l'atteinte de cibles de carboneutralité, l'adaptation des populations, la sortie des énergies fossiles, la transformation des pratiques de mobilité et de consommation, ou encore le recours à des mesures fiscales pour les bourses du carbone. Les pistes proposées se situent à différentes échelles, qu'il s'agisse de l'intégration de nouvelles technologies ou l'amélioration des dispositifs existants, la reconstitution de milieux naturels, la transformation des pratiques individuelles ou encore la mise en place de mesures structurantes. Les pistes

sont multiples, et la communication de la recherche sur les changements climatiques vise notamment à faire résonner les meilleures mesures à mettre en place en égard des communautés concernées.

1.3.2 La mobilisation des savoirs sur les changements climatiques

L'action face aux conséquences des changements climatiques est confrontée à la communication des nombreuses incertitudes qui concernent tant la description du phénomène que la mise en œuvre des mesures d'adaptation et de mitigation (Adler et Hadorn, 2014). En effet, le concept des changements climatiques est d'abord une description et une modélisation de l'évolution du climat en lien avec l'activité humaine à travers qui se manifeste par une recrudescence de phénomènes concrets, comme des événements météorologiques extrêmes, mais aussi le déplacement ou la destruction des écosystèmes ainsi que des bouleversements physiques comme la transformation des courants océaniques, qui ne semblent a priori pas relié à cet ensemble climatiques plus large. Il est difficile, voire impossible de rattacher des phénomènes tangibles, comme des feux de forêt, aux conséquences des changements climatiques (IPCC, 2021a). Le signal des conséquences est plutôt à long terme, comme l'incidence accrue de certains phénomènes et des transformations environnementales localisées qui prennent de l'ampleur d'une année à l'autre.

En plus des incertitudes concernant l'observation directe des changements climatiques, il n'y a pas de consensus ni sur les pistes d'action à suivre ni sur leur efficacité. Celles-ci sont de plusieurs ordres, qu'il s'agisse des accords gouvernementaux comme l'Accord de Paris, des solutions technologiques à implanter pour réduire l'empreinte carbone et opérer une transition énergétique, de transformations urbaines pour faciliter une mobilité durable ou encore de remises en question du système économique (Fisher et Nasrin, 2021 ; Malm, 2017 ; Yearley, 2017). En outre, tant les causes et conséquences des changements climatiques et les solutions proposées pour y faire face ont des implications politiques importantes, d'une part puisque cela implique une remise en question des systèmes socioéconomiques, et d'autre part en raison des effets inégaux des changements climatiques sur les individus et les populations (Gournay, 2020 ; Malm, 2017). Certaines communautés remettent d'ailleurs en question la réalité des changements climatiques ou de ses conséquences, bien que le consensus soit de plus en plus établi dans différents milieux, de la recherche au journalisme et à la classe politique (Cook, 2016 ; Kerr et Wilson, 2018 ; Milman, 2022 ; Oreskes, 2004).

La mobilisation des savoirs autour des changements climatiques est donc cruciale afin de faire face aux changements climatiques et aux incertitudes qui en découlent (Callison et Tindall, 2017). Celle-ci vise à contrer la désinformation, à mettre de l'avant les plus récentes recherches et connaissances sur ces enjeux, à proposer des solutions à différents niveaux et à contribuer à la consolidation des communautés. Différentes initiatives de communication climatique ont d'ailleurs émergé au Québec, comme *Carbone* de Radio-Canada, *UnPointCinq* et le consortium Ouranos, et ailleurs dans le monde, telles que *CarbonBrief* en au Royaume-Uni et *Bon Pote* en France. Le milieu du journalisme a aussi pris des mesures, par exemple le refus des climatosceptiques sur certaines tribunes au Québec et la création d'une charte pour un journalisme écologique en France (Tourangeau, 2015).

En outre, les chercheuses et chercheurs et les institutions scientifiques sont au cœur de la production des connaissances sur les changements climatiques. On peut considérer que la recherche travaille sur deux fronts : d'une part, des études et analyses plus fondamentales à travers lesquelles climatologues, biologistes, chimistes, économistes, anthropologues et autres spécialistes cherchent à comprendre et modéliser l'évolution du climat et de ses effets auprès des écosystèmes naturels ou des sociétés humaines ; d'autre part, une recherche plus appliquée cherchant à établir des moyens de mitigation des risques du dérèglement climatique ou d'adaptation à ses effets, bref des outils et des réflexions qui permettent de nourrir directement la lutte aux changements climatiques (Haunschild *et al.*, 2016 ; Kalafatis *et al.*, 2015 ; Oreskes, 2004). Il s'agit dans le premier cas de comprendre le phénomène et dans le second de se doter des ressources nécessaires pour se donner un pouvoir d'action. La question de l'agir sur les changements climatiques trouve une emprise auprès de plusieurs pans de la société, que ce soit les entrepreneures, entrepreneurs et les jeunes pousses pour qui cela peut passer par le développement technologique, ou les associations environnementales, qui vont plutôt miser sur des façons de changer les modes de vie, en passant par les agences gouvernementales qui cherchent à se doter de plan de luttes aux changements climatiques (Wright et Nyberg, 2017). Transversale à ces dynamiques, la communication des connaissances sur le climat constitue un point névralgique contribuant à guider l'ensemble de ces actions et réflexions dans la lutte ou l'adaptation aux changements climatiques (Besley et Dudo, 2017; Hoffman, 2016; Moser, 2017; Mukherjee et Howlett, 2016).

La communication de la recherche sur les changements climatiques vise à mieux comprendre la circulation et l'engagement envers ces différents registres de savoir, allant de la communication des risques aux cadrages médiatiques en passant par la réception des discours, le rôle de la culture populaire ou la

participation de différentes communautés épistémiques et professionnelles (Callison et Tindall, 2017 ; Hine *et al.*, 2017 ; Leiserowitz et Smith, 2017 ; Schäfer et O'Neill, 2017). Les technologies numériques et les médias sociaux constituent également un champ d'études effervescent, par exemple sur leur potentiel pour la transmission du savoir sur les changements climatiques et la mobilisation des publics (Anderson, 2017 ; Su *et al.*, 2017 ; Tandoc Jr et Eng, 2017).

1.3.3 La communication de la recherche à propos des changements climatiques sur Twitter

En complément des médias traditionnels, les médias sociaux sont vus comme des outils efficaces pour la communication des savoirs sur le climat (Tandoc et Eng, 2017). Ainsi, les champs de recherche sur la communication des changements climatiques ont largement intégré les problématiques entourant l'utilisation des médias sociaux. Plusieurs études ont porté sur le cas de Twitter, autour de sujets se rapportant aux cadrages, aux comportements ou aux attitudes envers la question climatique (Anderson, 2017 ; Su *et al.*, 2017). D'autres ont porté sur les tensions existant autour de cet enjeu, les médias sociaux ayant constitué des plateformes de communication pour ceux et celles dont le discours va à l'encontre du consensus scientifique et médiatique (Anderson, 2017 ; Anderson et Huntington, 2017 ; Williams *et al.*, 2015). Plus largement, l'utilisation des médias sociaux a facilité la mise en visibilité des discours provenant des milieux non-scientifiques, contribuant à créer de nouvelles formes d'engagement autour des changements climatiques par des relations plus fréquentes entre ceux-ci et les secteurs médiatiques, politiques et scientifiques (Hopke et Simis, 2015 ; Newman, 2016). Ils ont aussi facilité la mobilisation autour des enjeux climatiques en permettant de créer des réseaux d'action plus serrés (Askanius et Uldam, 2011 ; Segerberg et Bennett, 2011). Toutefois, la majorité des recherches ont jusqu'ici reposé sur des approches quantitatives, et très peu ont porté sur la communication savante autour des changements climatiques (Tandoc et Eng, 2017).

On peut considérer que l'utilisation des médias sociaux dans la communication climatique répond à trois champs d'interaction, soit l'information, la discussion et la mobilisation (Tandoc et Eng, 2017). Le premier champ souligne le potentiel de ces plateformes pour recevoir et partager des articles de presse, rapports et productions savantes, entre autres choses. Le second champ désigne le caractère interactif des médias sociaux qui a permis à tout un ensemble de personnes et d'organisations de se structurer au sein d'un espace invitant au dialogue autour des enjeux climatiques (Tandoc et Eng, 2017). Finalement, la mobilisation met en valeur le rôle des espaces sociomédiatiques pour la création de réseaux d'action autour de questions d'intérêt social. L'ensemble de ces domaines communicationnels recoupent ainsi une

grande potentialité d'usages des médias sociaux pour un engagement envers les changements climatiques (Tandoc et Eng, 2017).

Du point de vue de la production savante, un intérêt particulier a été porté sur la réception, la couverture et la circulation du 5e rapport du GIEC sur Twitter. Ainsi, une première étude s'est intéressée aux interactions entre les usagères et usagers issus de la société et les membres de l'élite - considéré comme la classe politique et les médias dans l'étude - afin de voir comment se construisait la couverture du rapport à travers ces échanges (Newman, 2017). Les résultats ont permis de constater que Twitter conduit à une décentralisation, amenant de nouveaux rapports de pouvoir entre la société civile, les médias et la classe politique en accordant une plus grande place aux premiers face aux thèmes suscitant le plus d'intérêt. Dans une autre étude, l'accent a été mis sur les contenus et les sentiments qui étaient partagés à travers des tweets mentionnant le rapport (Holmberg et Hellsten, 2016a). Ces analyses ont mis en lumière le rôle du langage dans la communication climatique, à savoir que les communautés positives ou négatives envers les conclusions du GIEC se distinguaient nettement sur la base du contexte linguistique.

D'autres recherches sur la couverture du rapport se sont intéressées aux campagnes entourant sa diffusion et sa circulation en ligne, particulièrement au Royaume-Uni et en Australie. Une étude souligne que différentes communautés se sont formées autour de mots-clics représentant des thèmes spécifiques, comme la science (#science), des enjeux sociaux ou politiques reliés aux changements climatiques (#auspol) ou des solutions comme la géoingénierie (#geoengineering) (Pearce *et al.*, 2014). Des campagnes ont également été coordonnées par certaines associations politiques ou militantes, comme cela a été le cas pour Avaaz[4] (Holmberg et Hellsten, 2016b ; Pearce *et al.*, 2014). Ces campagnes se sont matérialisées sur Twitter par l'utilisation de mots-clics spécifiques comme #debateisover, #thedebateisover, #telltheclimatetruth soulignant qu'il n'y a pas de matière à débat autour du rapport du GIEC et que les organisations politiques doivent agir maintenant pour prévenir les conséquences graves des changements climatiques (Holmberg et Hellsten, 2016b).

En dépit d'une littérature abondante sur la circulation de la production savante d'une part et sur la communication autour des changements climatiques d'autre part, les analyses croisant ces deux

[4] https://secure.avaaz.org/page/fr/

perspectives dans une perspective compréhensive constituent un domaine de recherche au sein duquel assez peu de travaux ont été effectués, hormis dans le cadre d'études quantitatives principalement orientées vers la compréhension des contenus circulant à propos des changements climatiques sur Twitter (Cody *et al.*, 2015 ; Holmberg et Hellsten, 2016a, 2016b ; Newman, 2017 ; Pearce *et al.*, 2014 ; Williams *et al.*, 2015). Les études sur la communication savante autour des changements climatiques sur Twitter permettent, par exemple, de mettre en valeur les discours entourant les productions scientifiques sur le sujet ou encore d'examiner comment la participation à la circulation de ces productions contribue à leur insertion sociale (Haunschild *et al.*, 2019 ; McSweeney, 2022).

Twitter constitue ainsi un terrain fertile pour les études quantitatives de la communication des changements climatiques sur les médias sociaux. Des cartographies ont notamment été effectuées pour mettre en lumière les réseaux de communication climatique au sein de cet espace sociomédiatique (Swain, 2016, 2017). Par ailleurs, des études ont permis d'étudier comment se structuraient différentes communautés épistémiques à l'égard des changements climatiques à travers les mots-clics, affordances et sentiments déployés par ces communautés (Williams *et al.*, 2015). À ce sujet, les résultats soulignent que la structure en réseau des dispositifs communicationnels, couplée à leur organisation sociotechnique, favoriseraient l'émergence de chambres d'écho où les discussions se déroulent entre convaincus. En outre, une analyse de contenu et une analyse de réseau d'un corpus de 60 000 tweets ont mis en valeur le rôle toujours important des médias traditionnels dans la transmission d'informations et le petit nombre de sources différentes consultées par les usagères et les usagers (Veltri et Atanasova, 2015). Le potentiel de Twitter comme source de données par le biais de l'extraction de données a été aussi documenté dans le cadre d'une étude sur la géographie des enjeux climatiques et la constitution du discours public à travers un corpus de près de deux millions de tweets (Kirilenko et Stepchenkova, 2014). Finalement, des analyses de sentiment sur un corpus de tweets en relation avec l'évolution de ceux-ci au gré de l'actualité des changements climatiques ont mis en lumière les relations et significations différentes que les usagères et les usagers peuvent accorder à ces enjeux (Cody *et al.*, 2015).

1.4 Synthèse et questions de recherche

À la lumière des éléments mentionnés ci-dessus, ma thèse vise à mieux comprendre comment l'utilisation de Twitter transforme la circulation des productions savantes, en particulier à propos des changements climatiques, en m'intéressant plus spécifiquement aux considérations que ces transformations suscitent pour l'examen de l'attention publique envers de la recherche, plus particulièrement pour observer les

éventuelles retombées que peuvent avoir les articles scientifiques au-delà des communautés savantes. En particulier, je m'intéresse à l'examen de l'impact social de la recherche dans une perspective de résonance, c'est-à-dire en m'intéressant aux rapports que peuvent entretenir les usagères et les usagers envers les articles scientifiques en fonction de leur relation avec leur environnement social, par exemple selon leurs intérêts ou leur profession. Je reviendrai sur ces considérations plus en détail dans la section 2.4 consacrée à l'interprétation des résultats de la thèse. Je m'intéresse plus spécifiquement à trois dimensions qui permettent d'établir un lien entre les articles et les publics qui les partagent dans la mesure où ces derniers peuvent être indicatifs de la résonance des articles à l'extérieur des communautés savantes. Ces dimensions sont 1) dans quelles proportions les publics non-scientifiques participent à la circulation des articles sur Twitter ; 2) quelles sont les interactions par lesquelles les non-scientifiques sont impliqués dans le partage des articles ; et 3) quelles sont les communautés d'usagers spécifiques qui se forment à travers le partage des articles. À travers l'examen de ces dimensions, je veux faire ressortir les implications de la diffusion des articles scientifiques sur Twitter pour l'observation de « l'impact social » de la recherche, la communication scientifique, ainsi que la mobilisation des savoirs, en particulier en ce qui concerne les changements climatiques. Je présente donc dans cette thèse par articles les résultats de trois études portant sur 1) la catégorisation des usagères et usagers impliqués dans le partage d'articles scientifiques sur Twitter ; 2) la circulation d'une sélection d'articles populaires à travers les retweets et les mentions ; 3) la reconstitution de l'histoire communicationnelle d'un article populaire à travers l'analyse de ces tweets et leur ancrage dans le contexte communicationnel plus large autour de l'article. Ma thèse vise plus spécifiquement à répondre à la question suivante :

> **Question principale :** Comment la circulation sur Twitter d'articles de recherche à propos des changements climatiques participe-t-elle à leur résonance selon les usagères et usagers impliquées dans leur partage ?

En examinant les contextes de circulation des articles sur Twitter, j'aspire à mieux comprendre comment ceux-ci circulent au sein de différentes communautés en m'intéressant plus particulièrement aux liens entre les usagers, les articles, et les thèmes abordés dans les articles. En mobilisant un cadre méthodologique mixte, il s'agit donc d'examiner à la fois les tendances générales qui participent à la diffusion des articles scientifiques sur le changement climatique, mais aussi d'appréhender les spécificités des articles individuels pour dégager leur résonance particulière sur Twitter. En ce sens, je veux proposer dans ma thèse un cadre pour étudier l'attention publique envers la recherche de manière à mieux

comprendre ses retombées auprès des communautés touchées, en plus de contribuer à saisir les implications actuelles de l'utilisation des médias sociaux pour la communication publique de la recherche sur les changements climatiques. En particulier, les trois articles qui composent le cœur de ma thèse portent sur les dimensions et questions de recherche suivantes :

La catégorisation des usagères et usagers qui participent à la circulation des articles de recherche sur les changements climatiques.

SQ1 : Qui partage sur Twitter des articles de recherche sur les changements climatiques ?

La structure de la circulation des articles de recherche les plus populaires à travers les retweets et les mentions

SQ2.1 : Comment la circulation de populaires articles scientifiques sur les changements climatiques se développe-t-elle à travers les retweets et les mentions ?

SQ2.2 : Comment les non-scientifiques participent-ils à la circulation de ces articles à travers les retweets et les mentions ?

SQ2.3 : Comment certains comptes agissent-ils comme des points centraux ou intermédiaires de la diffusion de ces articles à travers les retweets et les mentions ?

La mise en récit de la circulation d'un article de recherche sur l'impact des changements climatiques sur les pollinisateurs

SQ3.1 : Comment reconstituer la diffusion d'un article scientifique sur Twitter à partir de sa mise en récit ?

SQ3.2 : Comment cette mise en récit témoigne-t-elle de l'attention publique suscitée par la recherche ?

Tableau 1-1 : Récapitulatif des questions de recherche et de la démarche proposée dans chaque article

Article	**Questions de recherche**	**Méthodologie**	**Corpus**
	QP : Comment la circulation sur Twitter d'articles de recherche à propos des changements climatiques participe-t-elle à leur impact social selon les usagères et usagers impliquées dans leur partage ?	Méthodologie détaillée pour chaque sous-question	Corpus détaillé pour chaque sous-question
Article 1 : « Who tweets climate change papers? investigating publics of research through users' descriptions »	**SQ1** : Qui partage sur Twitter des articles de recherche sur les changements climatiques ?	1) Catégorisation des publics par l'analyse de texte des descriptifs Twitter	Tous les articles du corpus, avec un focus sur 10 articles, 5 les plus partagés (> 200 comptes) par année (2015 et 2016)
Article 2 : « Who's in, who's out: analyzing retweets and mentions in climate change research diffusion on Twitter »	**SQ2.1 :** Comment la circulation de populaires articles scientifiques sur les changements climatiques se développe-t-elle à travers les retweets et les mentions ? **SQ2.2 :** Comment les non-scientifiques participent-ils à la circulation de ces articles à travers les retweets et les mentions ? **SQ2.3 :** Comment certains comptes agissent-ils comme des points centraux ou intermédiaires de la diffusion de ces articles à travers les retweets et les mentions ?	2) Analyse des réseaux de retweets et de mentions	10 articles, 5 les plus partagés (> 200 comptes) par année (2015 et 2016)

Article 3 : « La mise en récit de la diffusion de la recherche sur Twitter : le cas des changements climatiques et du déclin des pollinisateurs »	**SQ3.1 :** Comment reconstituer la diffusion d'un article scientifique sur Twitter à partir de sa mise en récit ? **SQ3.2** : Comment cette mise en récit témoigne-t-elle de l'attention publique suscitée par la recherche ?	3) Analyse de tweets, entretien avec support visuel et mise en récit	L'article *Climate change impacts on bumblebees converge across continents* – 407 tweets et un entretien avec appui visuel auprès de l'auteur principal de l'article

CHAPITRE 2
DÉMARCHE DE TRAVAIL ET CADRE D'ANALYSE

Dans ce chapitre, j'établis la démarche de travail qui a guidé ma thèse doctorale, de la collecte de données à l'interprétation des résultats. D'abord, je présente les éléments méthodologiques et théoriques qui ont servi à construire mon cadre d'analyse et ma stratégie de recherche, soit la construction d'un devis mixte inspiré par les méthodes de recherche en contexte numérique et l'analyse des traces laissées en ligne afin de découvrir les contextes et la portée de la recherche à propos des changements climatiques qui a circulé sur Twitter. Ensuite, je détaille les étapes de la collecte de données qui m'ont permis de constituer les corpus d'articles scientifiques, de tweets et de comptes Twitter que j'ai étudiés et je présente brièvement ces différents corpus. Je précise ensuite la stratégie d'analyse que j'ai mobilisée pour produire les résultats présentés dans cette thèse, de même que dans les trois articles qui en composent le cœur. Finalement, je décris ma démarche d'interprétation des résultats ainsi que les critères sur lesquels j'établis la qualité des contributions de ma thèse à l'avancement des connaissances.

2.1 Concevoir un devis mixte pour la recherche en contexte numérique

2.1.1 Un devis mixte pour l'étude de la communication savante sur Twitter

Cette recherche s'appuie sur une stratégie méthodologique en trois volets, chacun correspondant à un objectif empirique de la thèse. Cette stratégie s'inscrit dans une perspective de triangulation des méthodes afin d'examiner différentes facettes des pratiques de communication en ligne et ainsi les étudier en profondeur. Plus spécifiquement, j'ai conçu ma démarche de manière à ce que les différents volets de la recherche s'enrichissent mutuellement et successivement pour documenter certains des aspects les plus complexes de la circulation des articles scientifiques sur Twitter, et ainsi mieux comprendre leur portée. J'approche d'abord un corpus plus large au moyen de méthodes basées sur le traitement automatisé (analyse de textes) et la mise en relation (analyse réseau) de données issues de Twitter, pour ensuite approcher ces données avec un regard plus fin ancré dans l'analyse qualitative des tweets et la documentation du processus de publication et de communication des articles par des entretiens avec support visuel.

Le développement des stratégies méthodologiques mixtes a été relativement tardif en sciences humaines et sociales. L'objectif du déploiement de ces méthodes est de combiner à la fois des outils qualitatifs et

quantitatifs au sein d'un même protocole de recherche (Creswell, 2011 ; Greene *et al.*, 1989). L'intégration de ces méthodes permet notamment de combiner les forces des différents ensembles méthodologiques et de compenser leurs faiblesses en s'alimentant mutuellement. Ainsi, les méthodes qualitatives peuvent aider à l'interprétation des résultats issus des méthodes quantitatives, tandis que les méthodes quantitatives peuvent aider à faire émerger des tendances sur la base des résultats issus de méthodes qualitatives. Pluye (2012) et Tashakori et Teddlie (2010) distinguent trois grandes approches pour l'implantation des méthodes mixtes dans les protocoles de recherche :

1) L'approche complémentaire – les résultats des différentes méthodes sont présentés de manière distincte en soulignant que les deux ensembles se complètent l'un et l'autre.
2) L'approche par tension dialectique – les résultats des différentes méthodes sont intégrés en un seul ensemble, tout en soulignant les divergences entre les outils méthodologiques et comment les résoudre. Cette approche postule que chaque méthode apporte des « visions partielles du monde » (Teddlie et Tashakkori, 2003, p. 18).
3) L'approche par assimilation – les résultats des différentes méthodes sont assimilés en un seul ensemble et il n'y a pas de distinction claire entre les ce qui relève du qualitatif et du quantitatif.

À travers ces approches, les devis peuvent être séquentiels – une méthode qualitative suit une méthode quantitative ou vice-versa – ou concomitants – les différentes méthodes sont combinées dans le protocole de recherche (Creswell et Plano Clark, 2018 ; Pluye, 2012). Les méthodes peuvent ainsi être plus ou moins intégrées selon les programmes et des objectifs de recherche. Par ailleurs, des incompatibilités entre les épistémologies reliées aux différentes méthodes peuvent mener à des tensions quant à leur intégration. En outre, les tensions entre les différentes épistémologies font en sorte qu'une logique prévaut généralement sur l'autre dans les projets de recherche, en plus de compliquer la création d'un vocabulaire commun aux méthodes mixtes (Morgan, 2019). Par ailleurs, certains spécialistes considèrent comme artificielle et arbitraire la dichotomie entre méthodes quantitatives et qualitatives, arguant de mettre d'abord l'accent sur les paradigmes de recherche (Gorard, 2010 ; Onwuegbuzie, 2002). Dans cette voie, d'autres en appellent à considérer les méthodes mixtes selon un continuum de fusion des méthodes où celles-ci sont naturellement imbriquées selon les objectifs de recherche (Bazeley, 2016 ; Gobo, 2016 ; Leech et Onwuegbuzie, 2009 ; Yousefi Nooraie *et al.*, 2020).

La dichotomie entre épistémologies quantitatives et qualitatives est également bien présente dans l'évolution des courants de recherche en études des sciences et des technologies (*science and technology studies,* STS) (Leydesdorff *et al.*, 2020). Les orientations quantitatives ont participé à la fondation de courants majeurs, comme la bibliométrie et l'évaluation de la recherche, tandis que les orientations qualitatives ont permis l'émergence d'autres courants d'étude, par exemple en ce qui concerne la construction des savoirs et des technologies (Collins et Evans, 2002 ; Garfield, 1964 ; Knorr-Cetina, 2013 ; Larivière et Sugimoto, 2018 ; Trench et Bucchi, 2015). En 1997, Leydesdorff et Van des Besselaar ont cartographié, sur la base des citations agrégées entre revues, trois grands champs de recherche en STS regroupés autour d'épistémologies distinctes, représentées respectivement par des revues comme *Social Studies of Science* (orientation qualitative), *Scientometrics* (orientation quantitative) et *Research Policy* (entre les revues avec orientation qualitative et les études quantitatives en innovation). Néanmoins, un rapprochement s'opère depuis quelques années, manifesté notamment par la publication d'un numéro spécial de la revue *Quantitative Science Studies* (QSS) dédié à l'articulation des approches quantitatives et qualitatives pour repenser le focus sur les métriques en sciences sociales (Leydesdorff *et al.*, 2020). Ce rapprochement se manifeste également dans la recherche en contexte numérique à travers l'articulation de différents registres méthodologiques pour comprendre les pratiques de communication en ligne (Marres, 2012 ; Millerand *et al.*, 2020).

La mise en place de protocoles de recherche mixtes connaît un intérêt grandissant particulièrement dans les disciplines se consacrant aux recherches en contexte numérique (Millerand *et al.*, 2020 ; Sloan et Quan-Haase, 2017). Les transformations des pratiques de communication en contexte numérique sont telles qu'il convient de développer de nouvelles stratégies de recherche misant sur le croisement de différentes sources de données et d'observations. D'une part, de nombreuses recherches misent sur l'inscription de ces technologies dans des processus de numérisation pour développer des méthodes tirant profit des traces laissées en ligne, qu'il s'agisse d'entretiens basés sur l'historique de publications Facebook des participants ou l'analyse à grande échelle des métriques de la communication savante sur Twitter (Gallant *et al.*, 2015 ; Haustein, 2019). Ces recherches ont contribué à l'émergence d'approches basées sur les données (*data-driven*) ou sur la fouille de données (*data-mining*), lesquelles sont à la base de stratégies de plus en plus poussées pour automatiser certaines facettes de la collecte ou de l'analyse des données, notamment par l'entremise de l'apprentissage machine (Carlson et Harris, 2020 ; D'Ignazio et Klein, 2020 ; Leonelli, 2016). En parallèle de ces développements, les méthodes qualitatives permettent quant à elle de prendre un certain recul sur les phénomènes étudiés en apportant une profondeur à l'analyse des traces

d'usages (Latzko-Toth *et al.*, 2017). Dans le cas des phénomènes observés en contexte numérique, elles permettant ainsi d'apporter plus d'éléments sur ce qui se passe hors ligne et d'articuler à la fois l'activité en ligne et hors ligne des usagères et des usagers (Gallant *et al.*, 2015). Ainsi, les méthodes quantitatives, notamment par l'utilisation de processus automatisés, visent à analyser de grands ensembles de données pour dégager des tendances, alors que les méthodes qualitatives apportent un niveau d'analyse plus fin en vue de décrire et interpréter des phénomènes précis.

Les méthodes quantitatives basées sur l'analyse de texte et l'analyse réseau sont couramment employées en bibliométrie, notamment pour l'analyse des réseaux de citations (Sugimoto et Larivière, 2018). Plus récemment, elles figurent dans la boîte à outils de la mesure de l'activité scientifique sur les médias sociaux, particulièrement Twitter (Arroyo-Machado *et al.*, 2021 ; Díaz-Faes *et al.*, 2019). Elles s'inscrivent donc au sein d'une expertise déjà établie en matière de collecte de grands ensembles de données et d'analyse de réseaux, de textes et d'indicateurs (Haustein, 2019 ; Sugimoto *et al.*, 2017). Ces méthodes permettent, par exemple, d'examiner les dynamiques de circulation de la production savante, que ce soit à travers les citations ou les traces laissées par les documents savants en ligne (Larivière et Sugimoto, 2018 ; Sugimoto *et al.*, 2017). Toutefois, on constate de plus en plus que l'emploi de ces méthodes est contraint par les plateformes étudiées, que ce soit au niveau de la collecte ou de l'analyse, dans la mesure où celles-ci vont être orientées vers certains types de données ou d'informations qu'elles rendent accessibles ou qu'elles permettent d'obtenir (D'Ignazio et Klein, 2020 ; Khanna *et al.*, 2022 ; Tromble, 2021). Enfin, les récentes études sur la communication savante sur Twitter, et même en bibliométrie plus généralement, appellent à mobiliser davantage les méthodes qualitatives à même de comprendre les différentes facettes des phénomènes étudiés et ainsi les contextualiser (Araujo, 2020 ; Fleerackers *et al.*, 2022a ; Yousefi Nooraie *et al.*, 2020).

2.1.2 Données massives et données denses

Le devis que j'ai élaboré pour ma thèse prend appui sur les récentes avancées quant aux données massives (*big data*) et aux données denses (*thick data*) afin d'élaborer un devis méthodologique mixte (Kitchin, 2014 ; Wang, 2013). Le concept de données massives renvoie au développement, notamment par l'entremise des médias sociaux et des géants du web, de très grands ensembles de données sur les comportements en ligne dont l'analyse serait à même de comprendre l'ensemble de l'expérience humaine sans recours à des cadrages théoriques choisis a priori (Kitchin, 2013). L'accumulation rapide de ces données et leur analyse en temps réel rendraient caduque l'utilisation d'autres outils, comme les

approches hypothético-déductives, pour étudier des phénomènes puisqu'on aurait accès à toute une population plutôt qu'à des échantillons. Les résultats issus de ces méthodes n'auraient donc plus à être interprétés et correspondraient directement à des phénomènes réels (Anderson, 2008). Bien que largement contestées dans ces prétentions, notamment parce que les méthodes basées sur les données massives ne sont pas à même de saisir certaines nuances, ce mouvement a acquis une légitimité, notamment du côté des sciences naturelles, des entreprises technologiques et des responsables politiques (boyd et Crawford, 2012 ; D'Ignazio et Klein, 2020 ; Kitchin, 2017 ; Leonelli, 2016). Cela a notamment amené la création de tout un pan de recherche, la science des données, dont un des objectifs est le développement d'outils méthodologiques à même d'étudier de grands ensembles de données. On peut ici penser au traitement automatisé du langage naturel, à l'apprentissage machine et aux méthodes computationnelles.

De leur côté, les méthodes basées sur les données denses (*thick data*) renvoient à une orientation en cours d'émergence (Snee *et al.*, 2016), qui s'inscrit en complémentarité de l'approche des données massives (Latzko-Toth *et al.*, 2017). Le concept de données denses (Wang, 2013) – inspiré des concepts de données riches (Becker, 1970) et données en profondeur (Leininger, 1994) – réfère à une tradition de recherche ethnographique dont l'objectif est de détailler de manière précise et rigoureuse un phénomène afin d'en dresser un portrait exhaustif et une compréhension en profondeur (descriptions denses, en anglais *thick descriptions*) (Geertz, 1973). Appliquée à l'étude des pratiques numériques, cette approche avance que pour comprendre les incidences de la place croissante qu'occupent Internet et les technologies de communication numériques dans le quotidien, il est nécessaire de décrire et de comprendre le plus finement possible comment les individus les utilisent, pourquoi et de quelle manière elles s'intègrent plus largement au contexte sociopolitique (Latzko-Toth *et al.*, 2017). Ainsi, si les données massives visent la découverte et l'analyse des grandes tendances de l'expérience sociale en ligne, les méthodes basées sur la densification des données visent de leur côté à décrire plus finement ces phénomènes, à les contextualiser et à en apporter les nuances nécessaires.

À travers une méthodologie mixte basée sur les études quantitatives de la communication savante sur les médias sociaux (Haustein, 2019 ; Sugimoto et Larivière, 2018), tributaires à la fois de la bibliométrie et des avancées méthodologiques tirées des données massives, et les études qualitatives des pratiques numériques (Millerand *et al.*, 2020), ma stratégie de recherche vise à une triangulation des méthodes dans le but de comprendre les objets étudiés en profondeur tout en ayant une vision macro des transformations

de la communication de la recherche. En ce sens, les recommandations des approches par densification des données s'inscrivent en complément des perspectives des données massives en proposant l'analyse en profondeur des phénomènes sociaux à travers l'ajout de couches successives d'informations. Dans le cadre de ma thèse, cette stratégie mixte se déploie en trois volets, soit 1) l'analyse textuelle de descriptifs de comptes Twitter, à la fois manuellement et au moyen d'outils automatisés; 2) l'analyse des réseaux de retweets et des mentions pour des articles scientifiques hautement partagés sur Twitter, en ayant recours aux catégories d'usagères et d'usagers établis au premier volet; et 3) l'étude de cas de la communication sur Twitter d'un article en particulier à travers ses tweets et la rencontre de personnes impliquées dans sa publication et sa communication.

2.1.3 Méthodes numériques et recherche sur Twitter

Ma thèse prend également appui sur les méthodes de recherche en contexte numérique (Marres, 2012 ; Millerand *et al.*, 2020 ; Rogers, 2013). Les transformations suscitées par l'incidence croissante des pratiques numériques ont posé des défis à la recherche en sciences humaines et sociales, conduisant au renouvellement des méthodes de recherche. Par exemple, on constate l'émergence, particulièrement en sciences sociales et humaines, de nouveaux objets et terrains de recherche correspondant aux dynamiques d'intégration de ces dispositifs dans la vie quotidienne, notamment l'intégration des médias sociaux au sein des pratiques de sociabilité ou de travail (Millette *et al.*, 2020). En outre, l'expérience des usagères et des usagers est désormais largement monitorée à travers des traces laissées en ligne (Boullier, 2015). La mise en données de ces traces, que ce soit par les institutions publiques – comme le portail de données ouvertes de la Ville de Montréal – ou l'industrie privée – notamment par des entreprises comme Google, Amazon, Facebook, Apple et Microsoft (GAFAM) – fournit aux chercheuses et chercheurs en mesure de les analyser de nouveaux outils pour examiner des objets d'étude à plus grande échelle, notamment par l'utilisation de méthodes basées sur l'apprentissage machine ou *machine learning* (Cardon, 2015 ; Carlson et Harris, 2020 ; Dickner, 2017 ; Tromble, 2021). L'examen des pratiques sociales peut ainsi se baser sur de grands points d'information recouvrant des pans peut-être jusque-là inaccessibles par d'autres méthodes. Les nombreuses traces laissées en ligne par la recherche fournissent des informations à travers lesquelles on peut suivre les pratiques de communication de la recherche, comme nous le ferons ici en ce qui concerne la communication savante des changements climatiques sur Twitter (Haustein, 2019).

Spécifiquement, Marres regroupe les approches de recherche en contexte numérique en quatre groupes : « (1) les méthodes traditionnelles (ou *methods-as-usual*), (2) les méthodes computationnelles (ou *big*

methods), (3) les méthodes virtuelles (ou *virtual methods*) et (4) les méthodes numériques (ou *digital methods*) » (Marres, 2012 ; Millerand *et al.*, 2020). Les recherches se revendiquant des méthodes traditionnelles utilisent les outils historiquement utilisés en sciences sociales pour approcher des objets d'études liées aux technologies numériques, tels que les questionnaires (sondages), entretiens, etc.; autrement dit en transposant tout simplement les méthodes habituelles au contexte en ligne (Millerand *et al.*, 2020). Les méthodes computationnelles se basent quant à elles sur le traitement automatisé de grands ensembles de données, par exemple pour examiner les réseaux créés à grande échelle sur les médias sociaux ou encore analyser rapidement des corpus de textes sur le web. Elles ont notamment précédé la mise en avant du « big data », ou données massives (voir sous-section 2.1.2). Les méthodes virtuelles renvoient quant à elles aux approches inspirées de l'ethnographie pour comprendre les activités sociales en contexte numérique. En ce sens, grandement inspirées par les travaux de Christine Hine, il s'agit de s'immerger dans les environnements numériques en adaptant les outils qualitatifs habituellement utilisés en sciences sociales (Hine, 2000, 2015). À la différence des recherches qui utilisent les méthodes traditionnelles existantes, les recherches cherchent ici à les adapter à l'environnement en ligne (Millerand *et al.*, 2020). Finalement, les méthodes numériques, ou *digital methods* selon le terme employé par Richard Rogers, voudraient mobiliser et adapter les outils des environnements numériques pour comprendre les phénomènes sociaux en ligne (Rogers, 2013). Par exemple, selon ces approches, on pourrait utiliser certaines des affordances ou métriques des médias sociaux pour comparer le nombre de personnes abonnées aux usagères et aux usagers sur Twitter en mettant cette information au service de la recherche (Cardon, 2013 ; Hamed et Zia, 2015).

S'inspirant de cette dernière catégorie des méthodes numériques, ma recherche intègre différentes méthodes quantitatives et qualitatives pour analyser la circulation d'articles scientifiques sur Twitter à travers certains des outils et paramètres de la plateforme, comme les mentions, les retweets ou encore le petit nombre de caractères fournis pour rédiger les tweets ou les descriptifs associés aux comptes. En ce sens, j'appréhende Twitter à la fois comme outil d'analyse et comme objet d'étude du point de vue de son articulation aux pratiques de communication de la recherche scientifique. Les analyses ainsi faites permettent d'appréhender les pratiques de diffusion d'articles scientifiques sur Twitter en tenant compte du contexte sociotechnique au sein duquel ces pratiques émergent. Elles doivent toutefois composer avec les effets des changements de l'environnement numérique de même que les politiques des plateformes. En ce sens, la stratégie méthodologique employée dans cette thèse se base sur des pratiques adaptées au moment de la collecte et de l'analyse de données. De même, certaines catégories ou certaines métriques,

comme le nombre d'abonnés, sont des sources d'informations fluctuantes, et ne peuvent être circonscrites qu'à un instant et un contexte précis sur Twitter. La stratégie méthodologique proposée dans cette thèse doit donc être comprise dans les limites des fonctionnalités, outils et données mis à disposition par Twitter, mais aussi par Altmetric et Web of Science (WoS), pour l'analyse de la diffusion des articles scientifiques dans un contexte donné.

D'après Noortje Marres, l'intégration croissante des dispositifs numériques dans les pratiques ordinaires a entraîné une redistribution des rôles dans l'organisation des pratiques de recherche (Marres, 2012). Cette redistribution se manifeste notamment par une transformation des dynamiques de pouvoir, de compétences et légitimité dans les pratiques de recherche (Millerand *et al.*, 2020). Notamment, bien que l'on considère que le numérique puisse participer à une démocratisation du savoir, l'accès aux données, les outils effectifs et les catégories utilisées pour le traitement des données se trouvent largement organisés par l'industrie privée ou encore de domaines de recherche ayant une proximité avec certains intérêts politiques et économiques. Ces reconfigurations amènent leur lot d'enjeux méthodologiques et épistémologiques pour la recherche en sciences sociales, notamment en ce qui concerne la collecte et la catégorisation des données qui se ferait à l'insu des personnes directement concernées. Elles invitent également à repenser les méthodes de recherche en considérant à la fois le potentiel de l'analyse de ces grands ensembles de données pour mieux comprendre les pratiques sociales ainsi que les enjeux politiques que peut susciter la concentration des ressources au sein d'une poignée d'entreprises privées (Millerand *et al.*, 2020). Par exemple, l'utilisation de différents outils de collecte de tweets repose sur des catégories créées par ces entreprises. En ce sens, les chercheuses et chercheurs sont invités à rester critiques face à ces outils, notamment en examinant ce qui est représenté par ces catégories, et aussi ce qu'elles excluent (D'Ignazio et Klein, 2020 ; Tromble, 2021).

2.2 Collecte et traitement des données

2.2.1 Premier corpus : articles de recherche à propos des changements climatiques sur le Web of Science

La première étape de la collecte de données de ma thèse a consisté à répertorier un corpus d'articles scientifiques portant sur les changements climatiques. Plusieurs bases de données bibliographiques, comme Web of Science (WoS) de Clarivate Analytics, Scopus d'Elsevier, Érudit ou Google Scholar, indexent les références à la production savante, chacune avec des caractéristiques particulières. Ainsi Érudit indexe plutôt la recherche produite en français, tandis que WoS et Scopus indexent plutôt la recherche en anglais

(Birkle *et al.*, 2020 ; Larivière et Desrochers, 2015). La couverture linguistique est plus large sur Google Scholar, mais les données ne seraient pas d'aussi bonne qualité que sur les autres plateformes (Larivière et Sugimoto, 2018). En outre, certaines disciplines, notamment celles issues davantage des sciences naturelles et médicales, ont une meilleure couverture sur les bases de données bibliométriques comme WoS ou Scopus (Larivière et Sugimoto, 2018). Pour ma thèse, j'ai privilégié la collecte des articles indexés dans WoS. Bien que la base de données ne couvre que peu ou pas la production savante publiée dans d'autres langues que l'anglais, elle permet d'obtenir un proxy de la littérature la plus susceptible d'avoir de la visibilité considérant que l'anglais est une des principales langues de la recherche. Les bases de données du Web of Science indexent ainsi un grand ensemble de revues publiées en anglais, avec des variations par disciplines, en plus d'assurer une couverture large et précise des métadonnées associées à la littérature savante (Haustein, 2019). Dans le cadre de ma thèse, mon objectif était d'obtenir un échantillon d'articles scientifiques sur les changements climatiques les plus visibles sur Twitter, plutôt que de constituer un corpus exhaustif sur le sujet comme cela a pu être fait ailleurs (Haunschild *et al.*, 2016).

Pour cibler des articles scientifiques dont l'objet porte principalement sur les changements climatiques, j'ai créé une requête SQL pour cibler les articles de recherche (*articles*) qui incluaient les mots-clés « climate change », « global warming » ou « IPCC » dans le titre (la requête est disponible à l'Annexe A). Comme le titre est une des informations les plus fréquentes dans les tweets partageant des publications savantes, il s'agit du principal point de contact pour les usagères et les usagers pour engager la communication autour des articles (Thelwall *et al.*, 2013b). J'ai également ciblé les articles publiés en 2015 et 2016 afin d'examiner les effets éventuels de la COP21 et de l'adoption de l'Accord de Paris sur le climat sur la portée de la recherche à propos des changements climatiques (Hopke et Hestres, 2018). Il s'agissait également des années complètes les plus récentes pour lesquelles l'ensemble des articles avait été indexés dans les bases de données du Web of Science au moment de la collecte de données en septembre et octobre 2018. L'accès aux bases de données du WoS a été fourni par l'Observatoire des sciences et des technologies de l'UQAM et la Chaire de recherche du Canada sur les transformations de la communication savante de l'Université de Montréal. La collecte de données a été faite au moyen de requêtes SQL et les données ont été exportées en format .csv pour l'analyse. Les codes utilisés dans la thèse sont disponibles sur Github (https://github.com/toupinr/research_contexts_Twitter) ainsi que dans l'Annexe A. Les données agrégées sont disponibles sur Github (https://github.com/toupinr/research_contexts_Twitter/tree/master/data) et dans l'Annexe B.

Ma collecte de données dans le Web of Science m'a permis de constituer un corpus de 4 730 articles scientifiques. Pour chaque article, j'ai récolté le DOI, le titre, le résumé, le nom de la première autrice ou du premier auteur, le journal de publication, la classification disciplinaire et la spécialité selon les catégories de la National Science Foundation (NSF), le nombre de pages, le nombre de références, le nombre d'autrices ou d'auteurs ainsi que le nombre de citations. Les articles ont ainsi été publiés dans 1 063 revues, dont 46 d'entre elles comptent au moins 20 articles (Figure 1-4 au chapitre précédent). Notamment, les revues *Climatic Change* (n = 178), *PLOS ONE* (n = 139), *Global Change Biology* (n = 97), *Regional Environmental Change* (n = 70), *Scientific Reports* (n = 63), *Environmental Research Letters* (n = 55), *Journal of Climate* (n = 54) et *Nature Climate Change* (n = 51) ont chacune publié plus de 50 articles du corpus constitué dans le cadre de ma thèse. Ce portrait composé autant de revues spécialisées que de revues généralistes illustre la variété des termes et des disciplines couverts sous l'objet « changements climatiques » dans le milieu de la recherche.

2.2.2 Deuxième corpus : données de Twitter issues d'Altmetric

La collecte des données de Twitter (tweets et comptes) s'est faite en croisant les informations issues de notre corpus d'articles scientifiques indexés dans WoS avec celles fournies par Altmetric – une division de la compagnie Digital Science (Springer), dont l'objectif est le développement d'indicateurs de l'attention numérique envers la recherche. En plus de collecter des données sur la circulation des articles en ligne, Altmetric fournit différents services payants aux organisations, chercheuses et chercheurs, organismes subventionnaires et institutions de recherche afin de mettre en valeur ces données. En outre, les données récoltées par Altmetric sont colligées sous la forme d'un badge ou d'un indicateur composite qui peut être repris, par exemple pour affichage sur les pages des articles chez les éditeurs (Figure 2-1) ou par les médias pour montrer l'importance de certaines recherches (Figure 2-2).

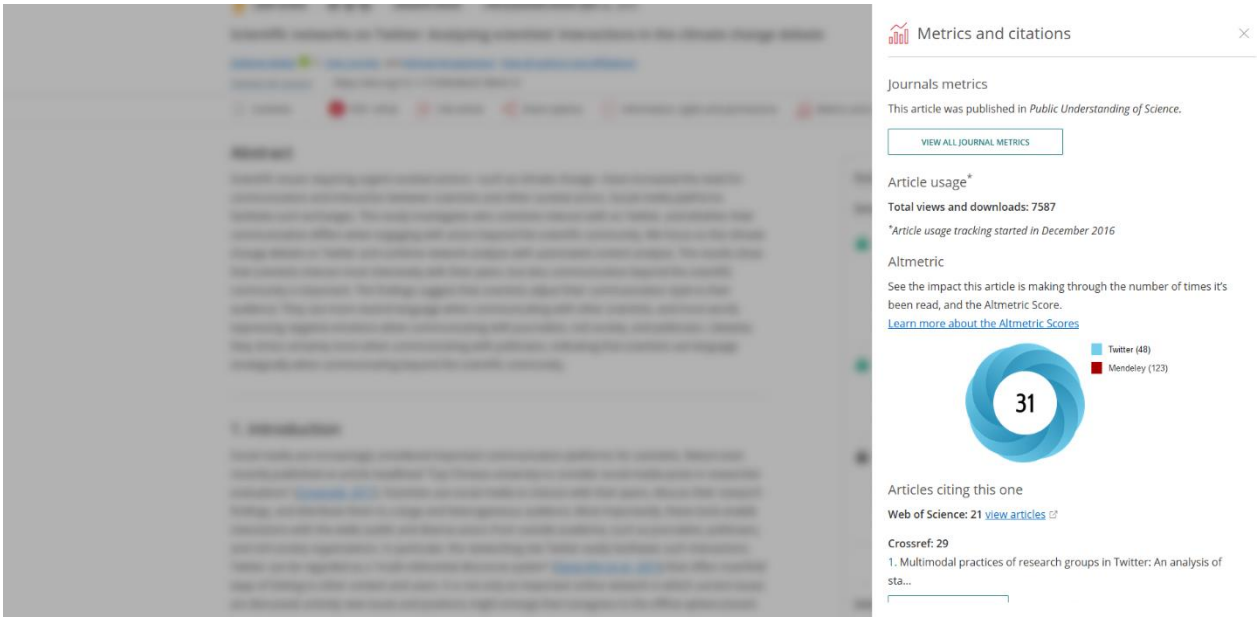


Figure 2-1 : Capture d'écran du *Altmetric Badge*.

Capture d'écran du *Altmetric Badge* tel qu'affiché sur la page d'un article de la revue *Public Understanding of Science* dans l'onglet Métriques et citations.

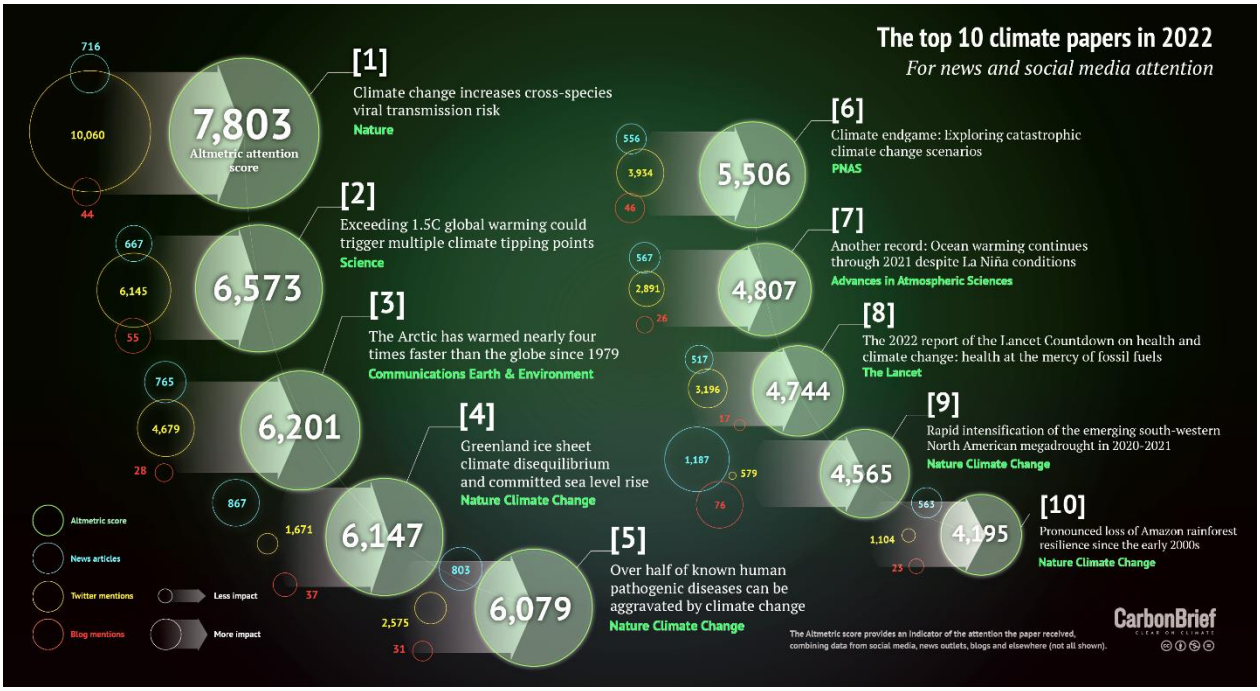


Figure 2-2 : Visualisation produite par *CarbonBrief* montrant les articles à propos des changements climatiques les plus partagés sur Twitter

Visualisation produite par le média *CarbonBrief* montrant les dix articles sur les changements climatiques ayant suscités le plus d'attention médiatique sur les indicateurs de Altmetric (McSweeney et Tandon, 2023).

En croisant les informations du Web of Science avec celles d'Altmetric, il nous a ainsi été possible de récolter les tweets associés à chaque article ainsi que les métadonnées associées, en plus des comptes qui ont publié ces tweets. L'accès aux données d'Altmetric a été permis grâce à un dépôt de données auprès de l'Observatoire des sciences et des technologies de l'UQAM et la Chaire de recherche du Canada sur les transformations de la communication savante de l'Université de Montréal à l'octobre 2017. Les données ainsi fournies présentaient donc la couverture de la diffusion de la recherche sur Twitter au moment du dépôt de données. Le croisement des bases de données a été effectué au moyen d'une requête SQL (disponible dans l'Annexe A) et les données ainsi récoltées ont été sauvegardées en format .csv sous forme agrégée par article, sous forme agrégée par revue, ainsi que sous forme d'une liste de l'ensemble des tweets et des comptes. En outre, j'ai créé un répertoire consacré aux tweets et aux comptes des 10 articles les plus partagés du corpus pour l'analyse fine de la communication de ces articles. Pour ces articles, j'ai créé un nouveau fichier où j'ai colligé manuellement, à travers l'examen des tweets, les retweets et les mentions en indiquant la source (qui retweete ou mentionne) et la destination (qui est retweeté ou mentionné).

Les informations suivantes ont été récoltées et ajoutées au corpus d'articles : nombre de tweets par articles, nombre de comptes, date et heure du premier tweet, date et heure du dernier tweet, ainsi que durée de vie de l'article sur Twitter. Pour chaque tweet individuel, j'ai recueilli le DOI de l'article associé, l'identifiant du compte, l'identifiant du tweet, le contenu du tweet, le moment de publication ainsi que l'ordre de retweet, le cas échéant. Pour les comptes, j'ai récolté l'identifiant, le nom d'utilisatrice ou d'utilisateur, le descriptif du profil, les URLs associés au profil, l'étampe géographique, le nombre de personnes abonnées, le nombre d'articles tweetés, le nombre de tweets, ainsi que le moment du premier et du dernier tweet et l'écart entre les deux.

Suivant les recommandations de Haustein (2019) et Diaz-Faes *et al.* (2019), j'ai calculé certains indicateurs de la communication de la recherche sur Twitter agrégés à la revue afin de mieux comprendre mon corpus. Les indicateurs calculés incluent le nombre des articles tweetés, le nombre de tweets par revue, la couverture des articles tweetés, la moyenne de tweets par articles (densité Twitter) et la moyenne de tweets par articles tweetés (intensité Twitter), le nombre de comptes, la moyenne de comptes par articles (densité de compte) et la moyenne de compte par articles tweetés (intensité de compte), le nombre d'articles retweetés, la couverture de papiers retweetés, la proportion de retweets, la moyenne de retweets par articles (densité de retweets), ainsi que la moyenne de retweets par articles tweetés

(intensité de retweets). Ces indicateurs ont été calculés en téléchargeant mon jeu de données sous forme de *dataframe* dans RStudio où j'ai pu l'analyser au moyen du langage de programmation R. Spécifiquement, j'ai utilisé les paquets *tidyverse* (Wickham *et al.*, 2019) pour la manipulation et le calcul des données, ainsi que le paquet *ggplot2* (Wickham, 2011) pour la création des graphiques descriptifs.

Au total, j'ai constitué un corpus de 41 108 tweets, dont 23 831 retweets, envoyés par 21 844 comptes uniques et liés à 2 628 articles de mon corpus. C'est ainsi 56% du corpus d'articles qui a été tweeté au moins une fois, une couverture comparable à ce qu'on peut retrouver dans certains domaines associés à la santé (voir figure 1-5 au chapitre précédent) (Haustein, 2019). Parmi les articles tweetés au moins une fois, 1 319 ont été publiés en 2015 et 1 308 ont été publiés en 2016, pour respectivement 21 985 et 19 349 tweets, dont 12 815 et 11 461 retweets. De plus, on compte 667 articles ayant été partagés par au moins 10 comptes, 338 par plus de 20 comptes, et 47 par plus de 100 comptes. Les articles tweetés au moins une fois ont été publiés dans 646 revues, dont 16 avec plus d'une vingtaine de textes (voir figure 1-4 au chapitre précédent). Les revues *Climatic Change*, *PLOS ONE* et *Global Change Biology* ont publié le plus d'articles tweetés au moins une fois, alors que *Nature Climate Change*, *Science* et *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS) compose les trois revues ayant publiés le plus d'articles partagés par au moins 100 comptes.

2.3 Analyse des données

Suivant la collecte de données mentionnée précédemment, je présente ici les différentes méthodes employées pour examiner les contextes de circulation d'articles scientifiques à propos des changements climatiques sur Twitter. Dans un premier temps, je détaille la procédure qui a guidé l'analyse des descriptifs des comptes Twitter en vue de classer les comptes qui partagent des articles scientifiques selon leur statut. Ensuite, je présente la stratégie méthodologique pour l'analyse des réseaux de retweets et de mentions sur des articles spécifiques afin d'examiner la structure de la circulation des articles individuels sur Twitter. Finalement, je présente les volets qui ont guidé l'étude de cas sur la communication d'un article spécifique sur Twitter, soit l'analyse des tweets et l'analyse de l'entretien avec support visuel.

2.3.1 Analyse textuelle de descriptifs Twitter

Le premier volet de ma thèse consiste à examiner qui sont les usagères et les usagers qui partagent des articles scientifiques à propos des changements climatiques, plus particulièrement à savoir s'il s'agit de membres du milieu académique, de journalistes, de responsables politiques, d'organisations ou encore de

membres dits du « grand public ». Le tableau 2-1 présente une revue de différentes méthodes employées au sein de précédentes recherches visant à obtenir une typologie des comptes partageant des documents savants sur Twitter, par exemple selon la manière dont elles et ils se présentent dans leur descriptif de profil sur Twitter ou bien selon différentes métriques comme le nombre de comptes abonnés.

Tableau 2-1 : Revue des méthodes développées pour la catégorisation des comptes Twitter dans une perspective de communication savante.

Type de méthode	Description	Références
Identification des chercheuses et chercheurs sur les médias sociaux (identifiants bibliométriques)	Croisement d'identifiants entre différents jeux de données bibliométriques Méthode de correspondance et de désambiguïsation basée sur les données du Web of Science, d'Altmetric, d'OpenAlex ou de Crossref Event Data	(Costas *et al.*, 2020 ; Joubert et Costas, 2019 ; Ke *et al.*, 2017 ; Mongeon *et al.*, 2022)
Identification des comptes automatisés	Identification de messages générés automatiquement et mise en correspondance avec le degré d'automatisation des comptes Identification selon des indicateurs de l'activité sur Twitter, comme le nombre de tweets dans un certain laps de temps	(Bessi et Ferrara, 2016 ; Ferrara *et al.*, 2016 ; Haustein *et al.*, 2016b ; Milman, 2020 ; Mowbray, 2014)
Identification par dictionnaire et détection d'expressions	Catégorisation des usagères et usagers selon des catégories associées au milieu scientifique ou à différents milieux professionnels ou personnels en regard de la communication savante	(Alperin, 2015 ; Bex *et al.*, 2019 ; Côté et Darling, 2018 ; Haustein, 2019 ; Haustein *et al.*, 2016c ; Tsou *et al.*, 2015 ; Vainio et Holmberg, 2017 ; Walter *et al.*, 2019)

	Catégorisation au moyen d'une analyse par mots-clés et par expressions régulières	
Identification par indicateurs de l'activité sur Twitter	Regroupement des comptes selon des indicateurs de leur activité sur Twitter	(Díaz-Faes *et al.*, 2019 ; Haustein, 2019 ; Haustein et Costas, 2015)
Identification thématique	Cartographie de communautés d'usagères et d'usagers selon des intérêts similaires au sein de réseaux sociosémantiques basés sur les indicateurs altmétriques. Modélisation thématique basée sur les descriptifs des comptes abonnés aux usagères et usagers partageant des articles sur Twitter	(Araujo, 2020 ; Arroyo-Machado *et al.*, 2021 ; Carlson et Harris, 2020 ; Mongeon, 2018)

Dans le cadre de ma thèse, j'ai procédé par une méthode d'analyse de textes à partir des expressions utilisées dans les descriptifs Twitter. Le choix de cette méthode s'explique par le fait qu'il s'agit d'une information directement observable permettant d'attester qui est une usagère ou usager de Twitter. L'objectif de la méthode était d'établir une classification des usagères et des usagers en fonction de la manière dont elles et ils se présentent sur Twitter en lien avec leur relation avec la communication scientifique. La première étape de la mise en place de la procédure d'analyse a donc consisté à créer une typologie des différentes catégories considérées et les dictionnaires d'expression correspondant à chaque catégorie. À travers une revue de la littérature existante, nous avons sélectionné huit catégories référant respectivement au monde académique, monde de la communication, monde politique, monde professionnel et monde personnel, en plus des organisations, des éditeurs scientifiques et des comptes automatisés (Côté et Darling, 2018 ; Toupin et Haustein, 2019 ; Tsou *et al.*, 2015 ; Vainio et Holmberg, 2017 ; Walter *et al.*, 2019) (voir tableau 2-2). Bien que ces catégories varient dans leur niveau de spécificité, elles offrent un large portrait des rôles et intérêts qui peuvent influer sur l'engagement envers la production savante. J'ai également tenu compte du chevauchement possible de plusieurs catégories au sein d'un même descriptif, par exemple un profil d'une usagère qui se présenterait à la fois comme

scientifique (Académique - Recherche) et passionnée de ski (Personnel) (Haustein *et al.*, 2018). Cette détection se base donc en premier lieu sur l'information que les usagères et les usagers choisissent de présenter sur Twitter. Les différents dictionnaires ont été élaborés dans une série d'aller-retours entre le codage manuel et la routine d'analyse automatisée, et aussi entre l'équipe de recherche pratiquant le codage afin d'obtenir un portrait le plus fiable possible des différents publics impliqués dans la circulation des articles. Je reviendrai un peu plus tard sur le processus d'analyse. Un résumé des différentes catégories avec des expressions correspondantes et des exemples de descriptifs peut être trouvé au tableau 2-2. Le dictionnaire complet est accessible sur Figshare et le code est disponible sur Github (Toupin et Haustein, 2019).

Tableau 2-2 : Catégories d'usagères et d'usagers examinées dans le cadre de la thèse.

Ces catégories ont été assignées aux comptes en fonction de la détection d'expressions spécifiques dans les descriptifs Twitter. Le code pour l'analyse est disponible sur https://github.com/toupinr/twitterprofiles/blob/master/code_publics/20210617_PrepPublicsPropre.R.

Catégories	Exemple d'expressions recherchées	Exemple de descriptifs Twitter
Academia (Académique)	researcher, professor, phd, biologist, postdoc	Post-doctoral coastal scientist / engineer @unisouthampton, UK. Researches #sealevelrise #impacts #adaptation #islands #deltas. Also likes #cows.
Personal (Personnel)	yoga, music, father, mother, cat	Curious, Mother of two, Retired.
Professional (Professionnel)	physician, manager, engineer, strategist, veterinarian	Environmental attorney. Climate change terrifies me.
Political (Politique)	advocate, policy, councillor, social justice, #standupforscience	Mayor of @CityKitchener. Community promoter of Kitchener & @WRAwesome-ness. Past Prez of @FCM_online. Treasurer of @uclg_org. Motto: Live ~ Love ~ Laugh
Communication	journalist, writer, author, podcast, youtuber	Journaliste, directrice de la rédaction de @Sante_Magazine. Mes tweets n'engagent que moi. Compte perso

Organization (Organisation)	university, institute, media, association, research centre	Updates from AAAS, the American Association for the Advancement of Science. Open minds. Join us. http://tinyurl.com/JoinAAAS
Publishers (Édition)	Wiley, Sage, Elsevier, issn, journal	Published by Oxford University Press, AoB PLANTS features peer-reviewed articles on all aspects of environmental and evolutionary plant biology.
Bots (Comptes automatisés)	bots, RSS, paper alerts, retweets from, daily updates	A Bots tweeting new research from the Canadian Government (NRC, AAFC, EC, DFO & NRCan). Not affiliated the Government of Canada
Unassigned (Non assignés)		An unknown particle in this Universe

Afin d'avoir une base sur laquelle assurer la validité des résultats de l'analyse, deux membres de l'équipe de recherche – des assistantes de recherche ont participé à l'analyse manuelle des tweets – ont codé manuellement l'ensemble du corpus, dont 1 000 descriptifs en concomitance, au moyen du logiciel NVivo. Cette procédure avait pour but de porter un regard sur les descriptifs Twitter à travers la perspective des autres usagers de Twitter. Un résumé de la procédure est disponible à l'annexe C. Le calcul du coefficient kappa de Cohen donne un accord de 0,6 au sein de l'équipe de codage, ce qui indique un accord modéré (Krippendorff, 2004). Les écarts entre les codeurs relèvent principalement de l'importance accordée aux catégories « secondaires » et aux descriptifs « non-assignés ». Notamment, seuls les comptes en français et en anglais ont été catégorisés. Les catégories « secondaires » font référence à des catégorisations possibles à partir des expressions utilisées dans les descriptifs, mais qui sont largement camouflés par une catégorie principale, par exemple une professeure ou un professeur qui se présenterait largement comme tel tout en soulignant être amateur de café. Faute de temps disponible pour le codage manuel, l'accord intercodeur n'a pu être amélioré. Nous avons toutefois considéré que les résultats obtenus étaient suffisants pour avoir une base d'analyse. Pour examiner l'ensemble du corpus, j'ai ensuite préparé une routine d'analyse automatisée des expressions présentes dans les descriptifs Twitter, basée sur l'utilisation des expressions régulières. Les expressions régulières désignent une syntaxe visant à extraire l'ensemble

des expressions présentant des similarités structurelles. À ce titre, la méthode d'analyse proposée ici vise à traiter et catégoriser un grand ensemble de descriptifs d'usagères et usagers impliqués dans la circulation de la recherche sur Twitter pour éventuellement évaluer la portée de cette recherche auprès de différents types de publics. Par ailleurs, la routine d'analyse a été conçue de manière à tenir compte des multiples rôles à travers lequel une usagère ou un usager peut se présenter sur Twitter, par exemple des professeures et professeurs universitaires soulignant également leur statut parental. Afin de procéder à l'analyse, nous avons retiré l'ensemble des comptes qui n'avaient pas de descriptifs (NULL), retirés les nombres, URLs, emojis, mots vides (stopwords) et signes de ponctuation à l'exception du dièse (#) et de l'arobase (@) des descriptifs restants, et ramené l'ensemble des caractères à la minuscule. Nous avons également retiré les usagères et usagers apparaissant en double en raison de changements non-significatifs dans le descriptif. Les expressions régulières ont été testées au moyen d'une procédure booléenne permettant de valider si une expression utilisée détecte l'expression recherchée ou non-recherchées. Nous avons ainsi obtenu un jeu de données ou chaque ligne représentait un compte. Nous avons ensuite assigné les catégories au moyen de leur présence ou absence selon la correspondance avec les expressions régulières figurant dans la routine d'analyse au moyen de l'ensemble de paquets *tidyverse* avec le langage de programmation R (Wickham *et al.*, 2019). Nous avons ensuite examiné qualitativement les résultats par catégorie pour juger du niveau de fiabilité des résultats, en plus de comparer avec les résultats de l'analyse qualitative. Nous avons ainsi pu catégoriser jusqu'à 70 % des descriptifs. Les descriptifs non-identifiés renvoient à des comptes ne se présentant ni en anglais, ni en français ou dont le descriptif n'était pas assez spécifique pour être associé à une des catégories.

2.3.2 Analyse des réseaux de retweets et mentions

La structure des données sur Twitter en fait un excellent terrain pour l'analyse des réseaux de circulation de l'information. À l'instar d'autres médias sociaux, les pratiques de communication sont fortement orientées vers les interactions entre comptes et la circulation des tweets à travers des fonctionnalités comme les mots-clics ou les mentions. Il est ainsi possible de cartographier les communautés publiant autour de mots-clics spécifiques, les réseaux d'abonnés de personnalités influentes, ou encore la circulation de documents à travers les retweets, les mentions ou les abonnés. À cet égard, l'analyse des réseaux sociaux est un indispensable de la boîte à outils de la recherche sur la communication savante sur Twitter, notamment pour voir les interactions entre les scientifiques et différents publics ou les réseaux de circulation de documents savants.

Le deuxième volet empirique de ma thèse prend appui sur ces travaux pour cartographier la structure de la circulation d'articles scientifiques à propos des changements climatiques qui ont été largement partagés sur Twitter. En sélectionnant les 5 articles les plus partagés de mon corpus respectivement pour les années 2015 et 2016, je cherche ici à décrire les spécificités des réseaux de circulation des articles à travers les retweets et les mentions pour faire jaillir des éléments contextuels qui ont pu contribuer à leur circulation sur Twitter. Un tableau résumant les articles sélectionnés se trouve au chapitre 4 de la thèse (tableau 4-1)

J'ai d'abord listé les retweets (RT) et les mentions (@) figurant dans la liste des tweets qui incluent un lien vers chaque article individuel. Chaque interaction était notée en indiquant la source (qui fait le retweet ou qui mentionne) et la cible (qui est retweeté ou mentionné) et en indiquant le type d'interaction, retweet ou mention. Certaines mentions référaient à des comptes qui ne figuraient dans le corpus initial de comptes, ainsi j'ai récolté manuellement les informations manquantes à propos de ces usagères ou usagers sur Twitter. Aussi, les réseaux ont été conçus sur la base des données disponibles dans les bases de données de WoS et Altmetric au moment de la collecte de données. L'information associée aux comptes qui ont publié les tweets correspond donc à ce qu'elle était au moment des tweets. J'ai tenu compte de ce décalage dans l'analyse des données en cherchant à rapprocher le plus possible les données des comptes mentionnés de ce qu'elles étaient au moment des tweets et en évitant les extrapolations qui seraient le résultat de changements significatifs dans la position de ces usagères ou usagers sur Twitter.

En parallèle, j'ai extrait la liste des comptes présents dans les réseaux de retweets et de mentions, ainsi que les métadonnées pertinentes, afin de pouvoir qualifier ces usagères ou usagers au regard de leur rôle éventuel dans la circulation des articles. Notamment, la méthodologie utilisée pour l'analyse textuelle des descriptifs Twitter nous a permis d'associer une catégorie pertinente à chaque compte, de manière exclusive – une seule catégorie par compte – cette fois-ci selon une hiérarchie établie en fonction de la prépondérance du rôle d'un point de vue de communication scientifique (monde académique, médiatique, politique, professionnel et personnel). Nous avons également choisi de nous concentrer sur les statuts académiques, du monde de la communication, politique, professionnel et personnel d'une part, ces cinq catégories étant les plus informatives pour comprendre les relations entre les comptes et les articles scientifiques, tout en distinguant les comptes associés aux autrices et auteurs des articles ainsi que ceux des éditeurs, des organisations et des individus.

Pour décrire les réseaux de circulation des articles, nous avons examiné trois dimensions à travers lesquelles les activités de partage des articles scientifiques ont été organisées, soit la 1) temporalité de la diffusion, 2) la structure et la fragmentation des réseaux à travers leurs différentes composantes, ainsi que 3) la nature des interactions entre usagères et usagers, notamment les interactions entre différents groupes, les comptes centraux, ainsi que ceux qui agissent comme des ponts entre différentes communautés. Pour chaque dimension, nous avons calculé certaines mesures à travers une routine automatisée en R utilisant les paquets *tidygraph* et *igraph* (Csardi et Nepusz, 2006 ; Pedersen, 2023). Les figures ont été créées au moyen du paquet *ggplot2* (Wickham, 2011) et les visualisations de réseau au moyen du logiciel Gephi.

2.3.3 Analyse qualitative des tweets, entretien avec appui visuel et mise en récit

Le troisième et dernier volet de l'analyse porte sur l'étude de cas d'un article spécifique, « Climate change impacts on bumblebees converge across continents », publié dans la revue *Science* en 2015. L'article porte sur les impacts des changements climatiques sur la répartition géographique des populations de bourdons dans le monde, plus spécifiquement le rétrécissement des habitats traditionnels en raison d'un déplacement vers le nord de la limite sud de la répartition géographique alors que la limite nord demeure stable. L'article est le fruit des recherches d'une équipe basée à l'Université d'Ottawa avec des collaborations d'autrices et d'auteurs ailleurs en Amérique du Nord et en Europe. L'article a été sélectionné pour une étude de cas puisqu'il s'agit 1) d'un article parmi les 10 populaires du corpus d'étude de la thèse ; 2) l'étude a été produite dans un contexte canadien avec lequel je suis davantage familier ; 3) l'article a fait l'objet d'une importante campagne de presse ; 4) les conclusions de l'étude sont claires pour être comprises à l'extérieur d'un milieu scientifique.

À travers cette étude de cas, j'ai voulu faire la mise en récit de la circulation d'un article en particulier, comme cela a été suggéré par Holmberg (2021) et exploré par Araujo (2020), en misant sur une analyse qualitative fine des tweets incluant un lien vers l'article et un entretien avec soutien visuel avec l'auteur principal de l'article. Employée ici dans une démarche exploratoire, l'objectif visé par la mise en récit est de décrire à une échelle micro la circulation d'un article sur Twitter afin d'explorer plus finement comment celui-ci a pu résonner auprès de différents groupes d'usagères et d'usagers. À cette fin, j'ai repris l'approche de la mise en récit développée par Dahlstrom (2014), et déployée par certaines recherches sur l'impact de la communication savante (Hudson *et al.*, 2022), qui consiste à décrire les relations entre des événements qui se sont déroulés sur une période bien définie et qui ont un impact sur des entités

spécifiques, ici par l'entremise de tweets particulièrement importants du point de vue de la circulation d'un article en ce qui concerne sa circulation sur Twitter.

Par l'analyse qualitative fine des tweets, j'ai donc détaillé l'histoire de la circulation de l'article sur Twitter en contextualisant plus largement les tweets dans le processus de communication de l'article dans la sphère publique. Cela inclut donc de resituer l'article dans le processus médiatique à travers lequel il a pu être communiqué, en plus du contexte sociopolitique auquel s'articule l'article du point de vue des changements climatiques et de la protection de la biodiversité. L'analyse des tweets a été effectuée au moyen de la plateforme web de l'Espace de recherche et d'expérimentation sur les usages numériques (Espace UN), une infrastructure de recherche dédiée à l'analyse des pratiques numériques à travers des méthodologies multimodales[5]. J'ai ainsi créé une infrastructure d'analyse qui inclut l'identifiant des tweets, le nom de l'utilisatrice ou de l'utilisateur, le contenu du tweet, l'URL du tweet, la date de publication, l'ordre de publication, le tweet retweeté le cas échéant, les mentions, les mots-clics, l'URL des images, les emojis, une appréciation qualitative de la tonalité – ton positif pour féliciter l'équipe, neutre pour rapporter le titre de l'article, ou encore alarmé face aux conclusions de l'étude, par exemple – et un examen du contenu resitué dans son contexte de publication et à travers les liens pertinents avec d'autres usagères et usagers, les mots-clics, ou des événements externes (figure 2-3). L'analyse visait à faire émerger les principaux éléments de l'historique de communication de l'article sur Twitter de manière à mieux comprendre ce qui a pu favoriser sa circulation et sa résonance particulière auprès des publics qui ont participé à sa communication sur Twitter.

[5] La plateforme web de l'Espace UN est accessible au lien suivant : https://espaceun.uqam.ca/. Une présentation de l'Espace UN et de ses ressources est disponibles sur le site du LabCMO : https://labcmo.ca/labcmo/espace-un/.

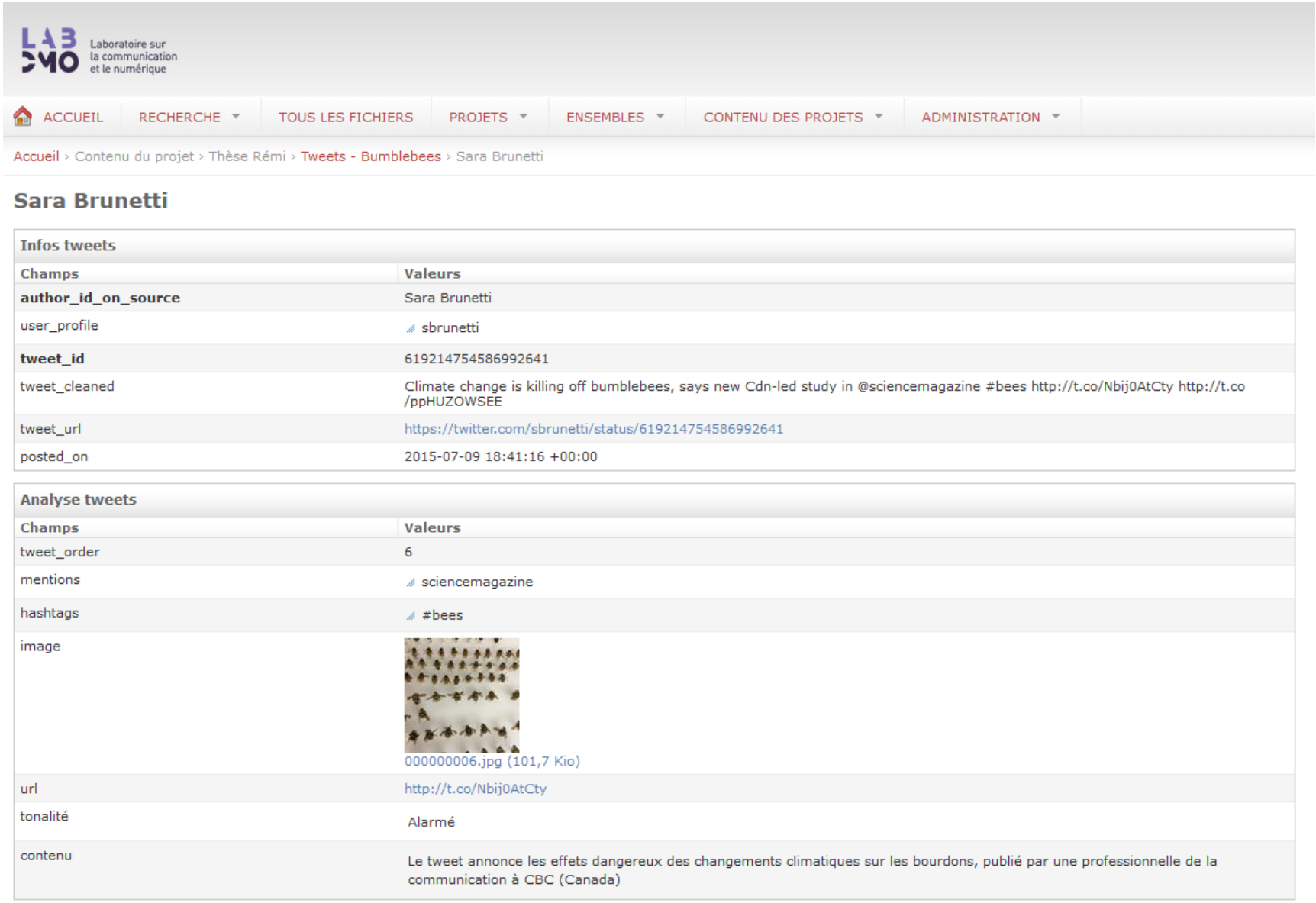


Figure 2-3 : Exemple d'une fiche développée dans le cadre de l'analyse qualitative des tweets sur la plateforme web de l'Espace UN.

La mise en récit a été complétée par un entretien avec soutien visuel avec l'auteur principal de l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents » afin d'intégrer le point de vue d'une personne directement impliquée dans la publication et la communication de l'article. Cet entretien semi-dirigé consistait d'abord à aborder le contexte de publication de l'étude, puis le processus de communication de l'article en général, et finalement la circulation de l'article sur Twitter à travers l'utilisation d'un graphique représentant le réseau de circulation de l'article sur Twitter. À cet effet, une visualisation du réseau de retweets et de mentions, minimalement documenté afin de ne pas guider les réponses de l'entretien, a été envoyé à la personne rencontrée. Cette approche rejoint de précédents travaux sur les entretiens sur traces pour l'étude des pratiques numériques, notamment afin d'avoir un appui sur lequel la personne rencontrée peut expliciter son appréciation de ses pratiques ou d'un phénomène donné (Dubois et Ford, 2015 ; Gallant *et al.*, 2015, 2020 ; Latzko-Toth *et al.*, 2017, 2020) Un seul entretien a été mené et enregistré au moyen de la plateforme Zoom auprès de l'auteur principal de l'étude, l'acteur le plus central dans sa production et sa communication. L'entretien a duré une heure, puis a fait l'objet d'une transcription. Une analyse conjointe par deux membres de notre équipe de recherche a visé à mettre en lumière les grandes observations issues de l'entretien en ce qui a trait aux pratiques et stratégies de communication de l'article. L'analyse des tweets et de l'entretien a fait jaillir des points marquants de la diffusion de l'article sur Twitter, en plus de mettre en valeur la manière dont ces événements ont pu contribuer à sa résonance selon les différentes communautés touchées.

À travers l'analyse des tweets et de l'entretien, l'étude de cas que j'ai menée visait donc à comprendre en profondeur le processus de communication d'un article scientifique sur les changements climatiques sur Twitter et ainsi raconter son histoire en mettant de l'avant les points saillants de sa résonance dans la sphère publique. L'étude intègre également des éléments de l'analyse textuelle des descriptifs Twitter en vue de décrire les usagères et les usagers qui ont participé à sa communication, ainsi que des éléments de l'analyse des réseaux de retweets et de mentions afin de tracer une cartographie du processus de communication de l'article sur Twitter.

2.4 Interprétation des résultats : l'impact social et la résonance de la recherche sur Twitter

À travers l'élaboration d'une stratégie méthodologique mixte séquentielle et complémentaire, ma thèse s'inscrit dans le mouvement récent dans les études quantitatives des sciences (*quantitative science studies*) visant à intégrer davantage d'approches qualitatives afin de comprendre plus finement les phénomènes observés. Elle s'inscrit également dans les approches sur le développement des méthodes de recherche

en contexte numérique pour examiner les pratiques de communication en ligne, comme le partage et la circulation des documents savants entre différents comptes sur Twitter. À travers ces perspectives, ma thèse veut contribuer à mieux conceptualiser ce qui peut être observé en termes d'attention ou d'impact social à travers les indicateurs de la communication savante à propos des changements climatiques sur Twitter.

Plus spécifiquement, ma thèse documente la circulation de la recherche à propos des changements climatiques sur Twitter en vue d'en comprendre l'impact éventuel selon les communautés et les comptes impliqués dans le partage des articles. Dans ma thèse, je comprends la circulation des articles scientifiques comme un ensemble intégrant les traces laissées par ces documents sur Twitter, les contextes qui permettent de comprendre ces traces (par exemple, dans quelles communautés les articles sont partagés) et les pratiques de communication scientifique et savante sur Twitter qui ont conduit au partage des articles. Afin de comprendre et interpréter la circulation des productions savantes sur Twitter, je m'intéresse aux dimensions de l'impact social dans une perspective de résonance. À travers cette perspective, j'en viens à concevoir l'impact social de la recherche à travers le rapport au monde que peuvent entretenir les usagères et les usagers qui partagent les articles (Rosa, 2018, 2022). Ce faisant, je propose dans ma thèse une version de l'impact social de la recherche qui va au-delà des métriques et d'une acception purement quantitative de l'évaluation de la recherche afin de s'intéresser aux retombées plus sensibles des articles scientifiques.

À ce jour, l'évaluation de la recherche demeure largement basée sur l'utilisation d'indicateurs qui permettraient de quantifier la production ou la compétence d'une entité, par exemple une chercheuse, un chercheur ou un centre de recherche (Larivière et Sugimoto, 2018). Bien qu'ils permettent de quantifier quelque chose, les indicateurs de la communication savante sur les médias sociaux et de l'impact social de la recherche sont toutefois faillibles en ce sens. Ces données s'accumulent rapidement, ce qui peut rendre intéressant le développement d'indicateurs plus dynamiques ou en temps réel, toutefois ces indicateurs, comme le Altmetric Attention Score, intègrent plusieurs mesures distinctes et difficiles à cerner, en plus de ne pas correspondre à un concept bien identifié (Sugimoto *et al.,* 2017). Par ailleurs, l'évaluation de l'impact social de la recherche doit également s'interroger sur la finalité de l'évaluation, c'est-à-dire à quoi ou à qui elle devrait servir (Holmberg *et al.*, 2019).

Ma thèse s'inspire librement et partiellement du concept de résonance développé par Hartmut Rosa (Hétier *et al.*, 2022 ; Rosa, 2018) afin de proposer une définition qui permet de réfléchir aux considérations de l'impact social de la recherche en l'appliquant aux relations que les usagères et usagers peuvent entretenir avec les documents savants sur les médias sociaux. S'inscrivant dans le courant de la théorie critique allemande, Rosa propose le concept de résonance comme une réponse à l'accélération du rythme de vie vécue au sein des sociétés occidentales. La résonance est ainsi une manière de penser la relation au monde en tenant compte du fait que le sujet et son expérience du monde sont indissociables.

> La résonance est une forme de relation associant [affection] et [émotion], intérêt propre et sentiment d'efficacité personnelle, dans laquelle le sujet et le monde de touchent et se transforment mutuellement. La résonance n'est pas une relation d'écho, mais une relation de réponse ; elle présuppose que les deux côtés parlent de leur propre voix, ce qui n'est possible que lorsque des évaluations fortes sont en jeu. […]. Les relations de résonance présupposent que le sujet et le monde sont suffisamment « fermés », ou consistants, afin de pouvoir parler de leur propre voix, et suffisamment ouverts afin de se laisser affecter et atteindre. (Rosa, 2021[2018], p. 271)

Dans le cas de ma thèse, je conçois de manière partielle cette notion de résonance afin de considérer l'impact social de la recherche sur les médias sociaux en fonction des mondes d'appartenance des usagères et usagers. Dans cette perspective, tant les productions savantes que les usagères et les usagers sont considérés comme des parties autonomes ayant un potentiel de transformation, d'une part en contribuant à la réflexion et à l'action éventuelles des usagères et des usagers sur des enjeux scientifiques, et d'autre part en alimentant les réflexions de celles et ceux qui produisent la recherche en fonction de l'expérience des entités touchées.

Ainsi, en s'intéressant finement aux interactions entre les usagères, usagers et leur correspondance avec des communautés spécifiques, ma recherche vise à aller au-delà des métriques de l'attention envers la recherche sur Twitter et à considérer des indicateurs qui mettent en valeur des retombées éventuelles plus concrètes de l'impact social de la recherche. En outre, ces indicateurs visent à quantifier, mais aussi à qualifier la circulation de la recherche en considérant les différents comptes impliqués comme autant d'agentes et d'agents significatifs pour l'impact social de la recherche.

2.5 Fiabilité de l'analyse et qualité de la recherche

En vue d'assurer la fiabilité de l'analyse et la qualité de la recherche, je présente ici quelques considérations méthodologiques dont j'ai tenu compte tout au long du processus de recherche doctoral.

Je présente d'abord quelques considérations du point de vue de la recherche en contexte numérique, notamment en ce qui concerne l'accès et l'utilisation en recherche de données de tiers privés comme la plupart des grandes plateformes de médias sociaux, ainsi que l'instabilité des environnements numériques. Je présente ensuite les critères que j'ai suivis pour assurer la qualité de la recherche dans le cadre du déploiement d'une stratégie méthodologique mixte.

La recherche en contexte numérique amène différents enjeux pour la compréhension pérenne des phénomènes observés en ligne. D'abord, l'accès à certaines données, particulièrement en ce qui concerne les médias sociaux, est modulé en fonction des politiques et des infrastructures mises en place par des entreprises privées. Dans une logique de capitalisme informationnel, les intérêts de ses plateformes tendent davantage vers la commercialisation de ces données que leur accès à des besoins de recherche. Des tiers, comme Gnip, Historical PowerTrack ou Altmetric, peuvent fournir un accès payant à ces données, et il est aussi possible d'en acquérir certaines gratuitement au moyen des API publics ou destinés aux besoins de recherche, comme celui de Twitter, pourvu que l'on suive les contraintes de la plateforme et que l'on dispose des compétences techniques nécessaires pour manœuvrer cet API. En outre, ces données doivent être traitées et organisées avant de pouvoir les analyser à des fins de recherche. Dans le cadre de cette thèse, l'accès aux bases de données du Web of Science et d'Altmetric a été facilité par l'Observatoire des sciences et des technologies de l'UQAM, une organisation dédiée à la constitution, l'entretien et l'analyse de bases de données sur la science et la technologie, notamment à des fins de recherche. Ce faisant, les données étaient accessibles dans un format déjà prêt à des fins de recherche au moyen de requêtes SQL simples.

Les environnements numériques ont également tendance à être hautement dynamiques et prompts à une certaine instabilité. Les données disponibles sur une plateforme pour Twitter, en plus de s'accumuler constamment, peuvent également changer selon les pratiques en vigueur, des changements dans le fonctionnement de la plateforme ou encore le développement de nouvelles fonctionnalités. Par exemple, les politiques d'accès et d'utilisation de l'APÏ de Twitter ont subi des transformations majeures en 2018, 2020 et 2023, rendant plus difficile l'accès aux données par certains tiers comme Altmetric, ce faisant limitant l'accès de certaines données pour des besoins de recherche en plus d'apposer de nouvelles règles en matière de gestion des données pour les chercheuses et chercheurs. Ce faisant, les données issues du Web of Science et d'Altmetric utilisées dans cette thèse doivent être comprises comme reflétant l'état de la circulation des articles au moment de la collecte de données finale en septembre 2019. De nouvelles

données ont pu s'accumuler à propos de ces articles depuis et certains tweets ou comptes ont pu être supprimés.

L'usage d'un cadre méthodologique mixte misant sur l'utilisation complémentaire et séquentielle de différentes méthodes pour documenter les phénomènes observés permet à chaque volet d'enrichir l'analyse de plus en plus finement (Pluye, 2012). Comme cette recherche a consisté, à partir de l'analyse d'un grand corpus d'articles pour tendre vers l'analyse fine et contextualisée d'un seul article, à mieux comprendre la résonance des articles scientifiques à propos des changements climatiques sur Twitter, le découpage de la thèse en trois études apporte une documentation de plus en plus approfondie sur trois aspects de la communication savante sur Twitter à travers l'examen de couches de connaissances successives qui s'alimentent mutuellement.

Certains critères ont été développés afin d'établir la qualité d'une recherche mobilisant un cadre méthodologique mixte. Dans un premier temps, la validité interne/véracité, selon le cadre quantitatif ou qualitatif, renvoie à la véracité des résultats de la recherche en assurant la concordance avec le phénomène observé (Creswell et Creswell, 2018). Ce critère est d'abord assuré par la revue de littérature effectuée en amont, à la fois sur la communication de la recherche et celle des changements climatiques sur Twitter. Ce faisant, les composantes empiriques de cette thèse s'appuient sur des recherches présentant des démarches similaires. Au niveau des trois études qui composent le cœur de la thèse, la validité a aussi été établie avec la fiabilité intercodage pour les analyses qualitatives des descriptifs Twitter ainsi que la comparaison des résultats entre codage manuel et analyse automatisée, par le recours à des méthodes permettant de tracer les réseaux de communication des articles à même les données telles qu'elles ont été produites sur Twitter, et par des rétroactions sur l'analyse obtenues dans le cadre de l'entretien avec appui visuel (Krippendorff, 2004).

La validité externe/transférabilité réfère au fait que les résultats puissent être mobilisés par d'autres études (Creswell et Creswell, 2018). Sur ce point, il faut noter que la présente thèse ainsi que les données qui y ont été générées ont été produites à un moment spécifique dans le temps. D'une part, les articles scientifiques correspondent à un échantillon de ce qui est disponible sur le Web of Science, et leurs métadonnées sont appelées à rester stables sous les conditions de fonctionnalité de la plateforme. D'autre part, le paysage de Twitter est appelé à évoluer de manière dynamique. En ce sens, ce qu'on y retrouve en 2023 n'est pas exactement le même portrait que ce qui était disponible en 2015 ou en 2018 au moment

de la collecte de données. Les politiques d'accès aux données ont changé, de même que l'entente avec Altmetric, et plusieurs tweets du corpus étudié ici ont pu être supprimés depuis leur publication. En ce sens, le cadre d'analyse et les outils méthodologiques ont été conçus de manière à tenir compte de ces changements éventuels pour être réutilisés dans d'autres études, par exemple en rendant disponibles certaines données et scripts utilisés pour l'analyse et en documentant le plus largement possible la stratégie d'analyse. Les conclusions concernant la circulation des articles scientifiques sur les changements climatiques pourront également être utilisées à la fois pour la recherche sur la communication savante et la communication climatique, mais aussi par les communautés professionnelles intéressées pour solidifier la communication climatique et scientifique sur Twitter. Par ailleurs, la démarche de la thèse consistait à mettre de l'avant des approches qui peuvent être éventuellement réutilisées pour appréhender la résonance éventuelle de la recherche sur les médias sociaux. Si certaines conclusions et résultats portent sur des articles spécifiques ayant eu leur propre circulation sur Twitter, les outils mobilisés pour comprendre et décrire cette circulation peuvent être appliqués plus largement à d'autres recherches. En outre, en vue de faciliter la réutilisation de certaines données et des approches mobilisées, les codes développés et les données agrégées dans le cadre de cette thèse sont disponibles dans les annexes 1 et 2 de la thèse et sur Github.

Finalement, la fidélité/fiabilité vise à s'assurer que les résultats produits restent stables dans le temps (Creswell et Creswell, 2018 ; Jensen, 2011). Sur ce point, le recours à des scripts automatisés sur des ensembles de données stabilisés qui sont des instantanés de la communication de la recherche sur Twitter permet d'obtenir toujours les mêmes résultats à chaque réutilisation du code. Ensuite, sur le plan qualitatif, les rétroactions et la comparaison intercodeur assurent la solidité des résultats (Krippendorff, 2004).

Comme certains volets de cette thèse incluaient le traitement de données impliquant des êtres humains, dont la conduite d'entretien avec appui visuel, une demande de certification éthique a été effectuée auprès du Comité d'éthique de la recherche pour les projets étudiants impliquant des êtres humains de la Faculté des sciences humaines de l'UQAM (CERPE-FSH). La présente thèse a donc fait l'objet d'une approbation éthique pour le dossier 2019-2256 : 2823. Parmi les mesures utilisées pour assurer les protections des personnes rencontrées, nous avons obtenu leur consentement pour la réalisation des entretiens. En outre, puisqu'il s'agit de chercheuses et de chercheurs, les résultats pertinents de la thèse ont été communiqués aux personnes rencontrées.

CHAPITRE 3

RÉSULTATS : TYPOLOGIE DES COMPTES IMPLIQUÉS DANS LA COMMUNICATION DE LA RECHERCHE SUR TWITTER

Article 1 : « Who tweets climate change papers? investigating publics of research through users' descriptions »

Rémi Toupin[1], Florence Millerand[2], Vincent Larivière[3]

[1]Laboratory for communication and the digital (LabCMO), Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec

[2]Laboratory for communication and the digital (LabCMO), Département de communication sociale et publique (DCSP), Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec

[3]École de bibliothéconomie et des sciences de l'information (EBSI), Université de Montréal, Montréal, Quebec, Canada ; Observatoire des Sciences et des Technologies (OST), Centre Interuniversitaire de Recherche sur la Science et la Technologie (CIRST), Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec

Publié dans *PLoS ONE* (2022); 17(6) : e0268999

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268999

Article inclus dans la présente thèse avec l'autorisation des co-auteurs, co-autrices et de l'éditeur.

© 2022 Toupin et al. Cet article en accès libre est distribué sous les termes de la licence CC BY 4.0 de Creative Commons Attribution License.

Contributions de l'auteur principal selon la taxonomie CRedIT : Conception de l'étude, méthodologie, gestion des données, calcul/computation, investigation, analyse des données, visualisation, rédaction de l'ébauche initiale, révision critique du manuscrit et acquisition de soutien financier

Dans ce chapitre, je présente les résultats d'un premier article consacré à la catégorisation des comptes qui ont partagé des articles à propos des changements climatiques sur Twitter. Cet article vise à répondre à la question suivante :

SQ1 : Qui partage sur Twitter des articles de recherche sur les changements climatiques ?

La recherche vise à examiner quels sont les groupes qui ont partagé ces articles à travers l'analyse des expressions utilisées dans les descriptifs (bios) Twitter des usagères et usagers. Nous avons établi huit catégories associées à des dictionnaires d'expressions spécifiques : académique, communication, politique, professionnel, personnel, organisation, robots et éditeurs. À travers l'analyse qualitative des descriptifs Twitter et la détection automatisée de ces expressions, le premier objectif de cette étude était d'examiner les types de publics participant à la circulation des articles scientifiques sur Twitter. En outre, nous documentons comment les usagères et usagers s'inscrivent dans plusieurs catégories, témoignant de la richesse des publics de la recherche. Dans l'ensemble, nous constatons une participation significative des publics en dehors du milieu universitaire dans la communication des articles de recherche sur les changements climatiques sur Twitter. La forme et le niveau de participation de ces publics varie selon les articles, indiquant que ces articles ont une résonance particulière en fonction des communautés qui les ont partagés.

Cet article a été soumis en mai 2021 à la revue *PLoS ONE* où il a été publié en juin 2022. *PLoS ONE* est une revue multidisciplinaire publiée exclusivement en ligne et éditée par la Public Library of Science (PLoS). Un nombre important d'articles sur les transformations de la communication savante sur les médias sociaux y ont été publiés (par exemple Allen *et al.*, 2013 ; Bex *et al.*, 2019 ; Cody *et al.*, 2015 ; Díaz-Faes *et al.*, 2019 ; Holmberg *et al.*, 2014 ; Ke *et al.*, 2017 ; Moukarzel *et al.*, 2020 ; Pearce *et al.*, 2014 ; Thelwall *et al.*, 2013a). La revue est particulièrement reconnue pour publier tous ces articles en accès libre afin de faciliter la diffusion d'un grand nombre d'articles scientifiques, issus de de plusieurs disciplines, au plus grand nombre. Le choix de publier dans *PLoS ONE* a été guidé par ces considérations pour le libre accès et la possibilité de rejoindre un grand nombre de chercheuses et chercheurs travaillant sur les altmétriques.

3.1 Abstract

As social issues like climate change become increasingly salient, digital traces left by scholarly documents can be used to assess their reach outside of academia. Our research examines who shared climate change research papers on Twitter by looking at the expressions used in profile descriptions. We categorized users in eight categories (academia, communication, political, professional, personal, organization, bots and publishers) associated to specific expressions. Results indicate how diverse publics may be represented in the communication of scholarly documents on Twitter. Supplementing our word detection analysis with aqualitative assessment of the results, we highlight how the presence of unique or multiple categorizations in textual Twitter descriptions provides evidence of the publics of research in specific contexts. Our results show a more substantial communication by academics and organizations for papers published in 2016, whereas the general public comparatively participated more in 2015. Overall, there is significant participation of publics outside of academia in the communication of climate change research articles on Twitter, although the extent to which these publics participate varies between individual papers. This means that papers circulate in distinct communities which need to be assessed in order to understand the reach of research on social media. Furthermore, the flexibility of our method provide means for research assessment that consider the contextuality and plurality of publics involved on Twitter.

3.2 Introduction

In recent years, Twitter became a key platform for the dissemination of research (Haustein, 2019). As traces left by scholarly documents in tweets may reflect communication beyond traditional citations and in the public sphere, they were heralded as potential indicators of the so-called « societal impact of research » along with other social media metrics (Priem *et al.*, 2010 ; Sugimoto *et al.*, 2017). However, the strict focus on event counts (i.e. number of tweets, number of retweets) was confronted to a lack of theoretical grounding as to what these traces really measure. Scholars thus looked to investigate the contexts in which research circulate on Twitter, understood as the dimensions that give meaning to indicators (Díaz-Faes *et al.*, 2019). Challenges remain in capturing these contextual elements as digital scholarly communication studies need to move between the scales of individual documents and aggregated corpora where contexts may shift (Araujo, 2020). Methodological frameworks also need to account that information provided on Twitter is generated by users and is not directly organized for research purposes (Bruns, 2019 ; Bruns et Weller, 2014 ; Puschmann, 2019).

Meanwhile, discussions about issues like climate change, public health, and artificial intelligence moved to social media, highlighting the political ramifications of research (Crawford, 2021 ; D'Ignazio et Klein, 2020 ; Ripple *et al.*, 2019 ; Watts *et al.*, 2018). As such, studies about science communication, policy and evaluation increasingly aim to understand the reach of scholarly outputs in the public sphere. Our study focuses on the case of climate change as representative of environmental challenges. Specifically, climate change communication aims to foster environmental action by influencing decision-making and translating new knowledge in everyday practices to limit our ecological footprint (Besley et Dudo, 2017). Climate change issues reflect other increasingly urgent matters, such as biodiversity loss, extreme weather events, massive migrations, and scarcer access to basic resources (IPCC, 2013 ; Ripple *et al.*, 2019). As discussions about climate change are increasingly salient on Twitter, scholars and other actors of the public diffusion of research moved to the platform to share relevant knowledge and engage with stakeholders more broadly (Newman, 2017 ; Ripple *et al.*, 2019 ; Tandoc Jr et Eng, 2017 ; Walter *et al.*, 2019). As some social media platforms like Twitter make their data accessible to the scholarly community, it makes it possible to directly examine the resonance of climate change research in the public sphere.

3.2.1 Public conversations of climate change research on Twitter

Reflecting a large scope of topics and issues, a diversity of publics is concerned with climate change (Newman, 2017; Walter *et al.*, 2019). On the one hand, a tracking of the release of the *IPCC 5th Assessment Report* found that the majority of Twitter engagement came from individual bloggers and concerned citizens who provided alternative framing than that of decision-makers, journalists, and scientists (Newman, 2017). On the other hand, scientists discussing climate change on Twitter engage mostly with other scientists but have been seen to communicate their research to decision-makers, journalists and the general public as well (Walter *et al.*, 2019). Typically, scientific knowledge production and communication begins with scholars and research institutions from all disciplines, and syntheses are produced for policymakers (IPCC, 2013). Journalists, medias, scientists and other communication professionals then play a role in communicating and framing issues in the public sphere (Bolsen et Shapiro, 2017 ; van Eck *et al.*, 2020). Civil society, concerned citizens, health or environment professionals, as well as political organizations and advocates also engage with climate change for personal, political or professional motivations (Hestres et Hopke, 2017 ; Holmberg et Hellsten, 2016b). As all these actors contribute differently to discussions about climate change, the visibility of research documents on social media made the communication of related issues no longer the prerogative of scientists and journalists only (Newman,

2017). The reach of climate change research may thus be modulated by the influence, background and motivation of those who share it on Twitter.

Twitter play a significant role in informational communication as well as political discussion and action, especially for issues like climate change (Jahng et Lee, 2018 ; Newman, 2017 ; Segerberg, 2017 ; Segerberg et Bennett, 2011 ; Walter *et al.*, 2019). Within these conversations, scholars discuss relevant research with colleagues, foster new collaborations, engage in political actions, share their work more broadly, or keep in touch with the latest news (Bowman, 2015). This increased participation by researchers is linked with a significant volume of scholarly documents being shared, with variations across disciplines, publication channels and cultural contexts (Haustein, 2019 ; Holmberg et Thelwall, 2014). While patterns of scholarly communication on Twitter remain to be documented in detail, one key promise is that it has democratized access to research by allowing it to circulate more broadly and outside of academia. The digital traces left by scholarly documents have been heralded as potential indicators of the « societal impact of research », or altmetrics (Priem, 2014). Previous research focused on the analysis of traces on Twitter as 1) data collection is easier than for most other platforms; 2) scholarly output is readily shareable through the inclusion of links in tweets; and 3) tweets are available to non-academic publics (Alperin *et al.*, 2018 ; Vainio et Holmberg, 2017). However, it remains unclear what these traces reflect. On the one hand, there are multiple understandings of what is called the « societal impact of research » (Bornmann *et al.*, 2016 ; Haustein *et al.*, 2016a ; Sugimoto *et al.*, 2017 ; Vainio et Holmberg, 2017). On the other hand, as the communication of research on Twitter involves mediation processes and is not intended toward a clear objective, Twitter scholarly metrics do not reflect a clear phenomenon (Haustein, 2019). The initial focus on counts has now shifted to more comprehensive studies of the contexts in which documents are shared and what they mean for the communication of research outside of academia (Díaz-Faes *et al.*, 2019 ; Kassab *et al.*, 2020). Our study aims to further describe these contexts by focusing on the publics of climate change research as understood by their Twitter profile descriptions.

Climate change research topics range from the physical processes of climate change to its direct and indirect repercussions on communities and the environment, as well as means of mitigation, adaptation and communication to counter the ongoing process (Haunschild *et al.*, 2016 ; IPCC, 2014). Two events have been at the core of climate change research and policy discussions in recent years: the publication of the *IPCC 5th Assessment Report* (IPCC 5AR) in 2013 and the COP 21 leading to the Paris Agreement in 2015 (Hopke et Hestres, 2018 ; Newman, 2017 ; Pearce *et al.*, 2014 ; Walter *et al.*, 2019). In one instance, non-

elite actors – individual users who are not affiliated to a specific media, nonprofit, or scientific organization, such as bloggers, activists, or the general public–were able to draw attention, as indicated by their presence (35%) in the hundred most mentioned users, in discussing and framing the IPCC 5AR Working Group 1 contribution (Newman, 2017). Scholars and research professionals contributed to both discussions – the IPCC 5AR and COP 21 events –, highlighting their interest for different topics than the general public, and indicating a shift in their public communication patterns. As such, scholars were seen to have a hybrid role of communicator and advocate, while mostly communicating with journalists and other scholars rather than directly to policymakers and the general public (Walter *et al.*, 2019).

Conversations on Twitter build on a series of affordances, such as hashtags (#), mentions (@) or links to external documents, as well as metadata that allows for the characterization of every tweet (ex. time of publication, number of likes) and users (profile description, picture, number of followers, etc.) (Bruns et Burgess, 2015 ; Thelwall *et al.*, 2013b ; Walter *et al.*, 2019). Users usually engage with accounts they are familiar with, or which post content relevant to them (Holmberg et Hellsten, 2016b ; Moukarzel *et al.*, 2020). Scholarly communication on Twitter relies on the possibility of adding links to external documents to make research outputs visible (Thelwall *et al.*, 2013b). Authors and publishers may tweet links to their papers to promote them, and eventually foster engagement that will benefit them – such as a higher number of citations – whereas scholars may tweet or retweet documents they find relevant (Sugimoto *et al.*, 2017). Altogether, users who actively engage with a paper may do so by being prompted by other accounts, whether because a publication was relevant, funny or controversial (Moscrop *et al.*, 2020 ; Yeo *et al.*, 2020). Influential users, such as communicators or celebrities, may engage their network more easily, while communities may be created around specific documents to topics (Díaz-Faes *et al.*, 2019 ; Leas *et al.*, 2016).

3.2.2 Investigating and representing users in public communication of research on Twitter

On Twitter, the abundance of informational content fostered an engagement by political users, communication professionals and organizations, as well as a representation of actors of the knowledge economy (Kwak *et al.*, 2010 ; Walter *et al.*, 2019). An account may represent an individual, a project, an organization, or a feed of content (Haustein *et al.*, 2018 ; Mislove *et al.*, 2011). The demographics of Twitter reflect those of the high-middle class of the population, mostly white young professionals, although these demographics changes as we scale down to specific communities (Pew Research Center, 2019). As for scholars, doctoral students and young researchers tend to be at the forefront, while some disciplines,

mostly those dealing with social issues such as health sciences, economics or social sciences, are more visible (Sugimoto *et al.*, 2017 ; Work *et al.*, 2015). Our study focuses on the analysis of words and expressions in Twitter user bios as a proxy of who tweet climate change research papers since assessing who share scholarly documents at a larger scale entails reducing identity to specific markers (Alperin *et al.*, 2018 ; Haustein *et al.*, 2018). We hypothesize that the expressions employed by users to describe themselves act as identity markers through which they engage with other users (Domenget, 2015). Building on previous work on the identification of users sharing scholarly documents on Twitter, we identified 8 relevant categories of markers – academia, communication, political, professional, personal, organizations, publishers, and bots – to classify who tweet climate change research papers (Alperin *et al.*, 2018 ; Araujo, 2020 ; Côté et Darling, 2018 ; Walter *et al.*, 2019).

Methods that capture who engage with scholarly documents on Twitter usually rely on automatic textual analysis of Twitter bios (Alperin *et al.*, 2018 ; Carlson et Harris, 2020 ; Côté et Darling, 2018 ; Tsou *et al.*, 2015 ; Walter *et al.*, 2019) or manual coding (Bex *et al.*, 2019 ; Moukarzel *et al.*, 2020). Altmetric also provides an identification of users in its database in four categories distinguishing between researchers, science communicators, practitioners and general public (Altmetric, 2022). However, their approach has limitations as it encompasses the « general public » as the users who do not match to the first three categories. Other approaches relied on the characterization of the social network by which documents flow (Bex *et al.*, 2019 ; Holmberg *et al.*, 2014 ; Kassab *et al.*, 2020 ; Walter *et al.*, 2019). Usually employed in conjuncture with textual analysis of Twitter profile description, these methods aim to understand how discussions or communities build up around scholarly documents. More direct approaches rely on the matching of bibliometric information with Twitter data to capture the scholars involved on Twitter (Costas *et al.*, 2020), as well as the use of Twitter lists (Côté et Darling, 2018 ; Ke *et al.*, 2017). Our method builds on these by investigating the categories of users sharing climate change research papers on Twitter through specific expressions in Twitter profiles descriptions. As such, we account for the multiple identity markers used in a description to further assess the complexity through which someone may engage with research documents. We did not take into account the order in which these markers appear as we wanted to have a general overview of how users present themselves without apposing any judgement on which identities are more important.

3.2.3 Purpose of the study

Profile description is often the primary information through which we assess someone else identity on Twitter (Alperin *et al.*, 2018). As such, it is useful to assess someone else inclination toward specific topics on Twitter. Twitter bios also are a widely used proxy in informetrics studies to determine who are the users engaging in scholarly communication on Twitter (Alperin *et al.*, 2018 ; Carlson et Harris, 2020 ; Côté et Darling, 2018 ; Tsou *et al.*, 2015 ; Walter *et al.*, 2019). As such, our study examines a categorization of users by analyzing specific keywords in Twitter descriptions.

Our main objective is to look how much research papers about climate change issues permeate outside of academia by examining the specific categories of users sharing said papers. As such, we focus our analysis on general categories of « markers » about users who may have an interest toward such research. We classify the descriptions of accounts who shared at least one link to a climate change research paper by linking them to the expressions collated for each category. Thus, we aim to assess the reach of scholarly documents in specific categories of users involved in the public communication of climate change research on Twitter:

- RQ: Who share climate change research papers outside of academia?

Methodologically, word detection highlights which expressions users provide in their Twitter descriptions. It contributes to our understanding of scholarly communication on social media by assessing how different identity markers may be used within single bios and the communities linked to these expressions. However, it elicits methodological discussions as our approach does not aim to attach unique identity markers to accounts, but rather highlights the multiple ways through which users may express themselves on Twitter. Our paper addresses these considerations by investigating who share climate change research articles through a word detection method of Twitter bios. Thus, we aim to provide insights on how users present themselves to others in climate change research discussions, especially outside of academia.

3.3 Material and methods

3.3.1 Data collection and Twitter metrics

For this study, we built a dataset of 2015 and 2016 research articles (n = 4 730) indexed in the Web of Science (WoS) of Clarivate Analytics through the internal database of the Observatoire des sciences et des technologies (OST). We then collected tweets containing a link to these papers as well as information

about the users who published these tweets by cross-referencing the information gathered from WoS with the Altmetric – a division of Digital Science (Springer) tracking scholarly documents on social media – database via the *Digital Object Identifier* (DOI). We accessed the database through an October 2017 copy provided to the Observatoire des sciences et des technologies (OST). We used data from the WoS database as it indexes a large number of research documents from several fields as well as extensive bibliometric information about said research documents (Birkle *et al.*, 2020). However, attention is directed to a specific set of scientific literature published in English (Larivière et Desrochers, 2015). To select relevant papers about climate change research, we focused on those published in 2015 in 2016 that included the keywords « climate change », « global warming » or « IPCC » in the title and for which a DOI (*Digital Object Identifier*), a unique identifier referencing online documents was provided. We chose the years as the Paris Agreement, approved on 12 December 2015, marks a critical juncture for science communication and climate change engagement (Hopke et Hestres, 2018 ; Walter *et al.*, 2018). Since Altmetric information was provided through a data dump in October 2017, they also were the latest years for which we had coverage of all the research articles through both years at the time of data collection in September 2018. We focused on the title as it is a direct metadata to assess a paper relevance (Thelwall *et al.*, 2013b). It is also the information that appears the most in tweets sharing a link to a paper (Thelwall *et al.*, 2013b). This query does not retrieve all publications in climate change research; rather, we wanted to collect a set of papers directly related to climate change. As such, our aim is not to provide an extensive analysis of the field, as is done elsewhere (Haunschild *et al.*, 2016, 2019). Data collected includes the paper DOI, title, abstract, name of first author, journal of publication, NSF discipline and specialty, number of pages, number of references, number of authors, number of citations, number of tweets, number of accounts, time of first and last tweet, and tweetspan. Collected tweets metadata include paper DOI, tweet author ID, tweet ID, tweet content, time of publication and retweet order. User information include, at the time of tweet, the author ID, author name, account description, account URL, geographic stamp, number of followers, number of papers tweeted, number of tweets, time of first and last tweet, and tweetspan – the time lapse between the first and last tweet. Queries to the WoS and Altmetric database were made in SQL and we exported the results for further access. Data collection complied with the terms and conditions of WoS, Altmetric and Twitter through data providing agreements with the Observatoire des sciences et des technologies (OST).

Following recommendations from previous studies, we computed several Twitter metrics to further describe our dataset for tweet activity (Díaz-Faes *et al.*, 2019 ; Haustein, 2019). Computed metrics include

the number of papers tweeted, number of tweets, Twitter coverage (i.e., % of tweeted papers), Twitter density (i.e., number of tweets per paper) and intensity (i.e., number of tweets per tweeted paper), number of users, user density (number of users per paper) and intensity (i.e., number of users per tweeted paper), number of papers retweeted, retweet coverage (i.e.,% of retweeted papers), share of retweets (i.e., % of tweets that are retweets), retweet density (i.e., number of retweets per paper), and retweet intensity (i.e. number of retweets per tweeted document). These metrics further characterize our dataset by providing an assessment of Twitter engagement across scholarly and social media objects. We computed all metrics by uploading our dataset in an R dataframe and handling it using the *tidyverse* package as well as basic calculation functions (Wickham *et al.*, 2019). Plots were created using the *ggplot2* package (Wickham, 2011).

Our dataset includes 2 376 papers published in 2015 and 2 354 in 2016. The papers were published in 1 062 journals, from which 46 have published more than 20. The journals *Climatic Change* (n = 178), *PLOS ONE* (n = 139), *Global Change Biology* (n = 97), *Regional Environmental Change* (n = 70), *Scientific Reports* (n = 63), *Environmental Research Letters* (n = 55), *Journal of Climate* (n = 54) and *Nature Climate Change* (n = 51) each have published more than 50 articles. This illustrates how climate change research is a broad field encompassing various disciplines, as well as showing the diverse possibilities of publication whether in specialized or more general journals. We collected information from 41 108 tweets–among which 23 831 were retweets–sent by 21 844 unique accounts linking to 2 628 papers. The 56% Twitter coverage of our dataset is comparable to that of medical and health research and average of more than eight users sharing tweeted papers indicate significant engagement toward the papers gathered in our study (Haustein, 2019). Among tweeted papers, 1 961 (74.6 %) were shared by at least two users, 667 (25.4 %) by more than ten, 338 (12.9 %) by more than twenty, 129 (4.9 %) by more than fifty, and 47 (1.8 %) by over than a hundred user. Also, 1 319 and 1 308 papers published respectively in 2015 and 2016 were shared at least once, for 21 985 and 19 349 tweets by 12 815 and 11 461 unique users. Tweeted papers were published in 646 journals, 16 of which published more than 20 papers. *Climatic Change*, *PLOS ONE* and *Global Change Biology* published most tweeted papers, whereas *Nature Climate Change*, *Science* and *PNAS* account for the three journals publishing the most papers tweeted by more than a hundred users (Figure 3-1).

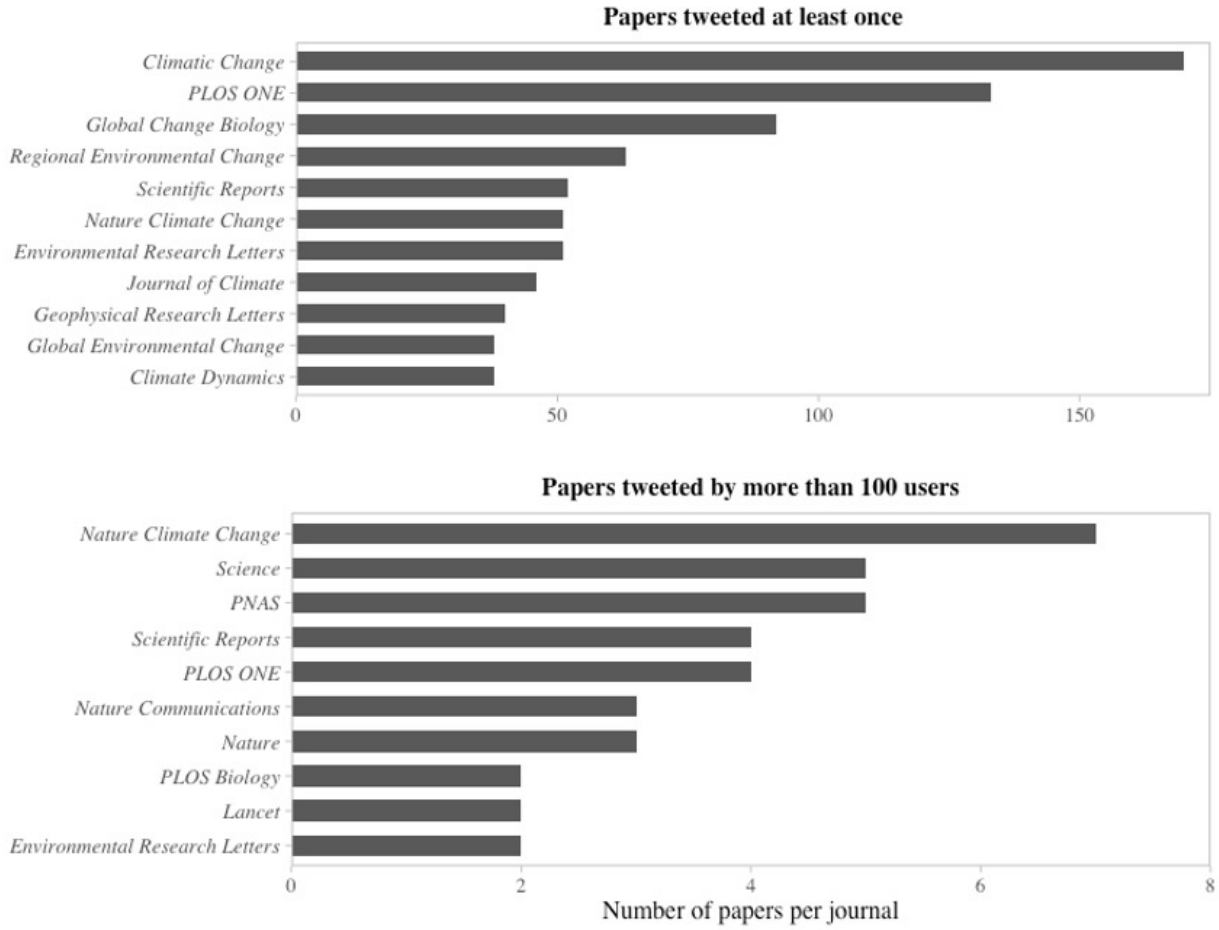


Figure 3-1 : Distribution of climate change research tweeted papers in scientific journals.

Depicted in the histogram below are the ten journals that published the most tweeted papers in our dataset, and below are the ten journals that published the most papers tweeted by more than 100 users.

3.3.2 Textual analysis of Twitter profile descriptions

To understand how climate change research permeate outside of academia, we focused on the textual analysis of these descriptions. Specifically, we looked at specific expressions that indicate how users present themselves on Twitter (Alperin *et al.*, 2018). As such, our analysis does not aim to provide an exact mapping of the scientists or journalists on Twitter (Costas *et al.*, 2020 ; Lehmkuhl et Promies, 2020). Rather, we understand expressions in Twitter descriptions as a proxy to investigate the potential reach of scholarly documents outside of academia. We looked at Twitter descriptions using a dictionary of expressions for eight relevant categories of identity markers built on previous research (Tableau 3-1) (Alperin *et al.*, 2018 ; Araujo, 2020 ; Côté et Darling, 2018 ; Walter *et al.*, 2019). We built a first version of the codebook by manually coding a sample of a thousand descriptions in concomitance, and then the whole dataset once

the coding procedure was established. The resulting Cohen's kappa of 0.6 for intercoder accord is moderate, most of the difference happening in the assignment of secondary categories. We then improved it through several iterations of the analysis, running the code, comparing with our manual coding, and then modifying the codebook accordingly. We removed all accounts with no descriptions (NULL), lowered all cases, and removed numbers, URLs, emojis, stopwords and punctuation signs except for the hash (#) and at signs (@) from all remaining descriptions. The resulting data frame featured one user per paper per row, and we removed duplicates as we filtered down our analysis. We assigned expressions to categories using the *tidyverse* packages and then matching them with corresponding words in the descriptions (Wickham *et al.*, 2019). Our method may assign more than one category to a description, and thus considers the possibility for someone to provide multiple identity markers. We completed our analysis by looking at the table of descriptions sorted in different categories to assess the potential representations of users mobilizing specific words. We organized our specific observations by looking at the coverage of these categories in 10 highly tweeted papers. Thus, we describe how well these categories may be investigated in studies about the communication of research on Twitter, specifically climate change research. We provided a category to 70% of Twitter bios for this study. Unidentified descriptions include those not written in English or French – languages for which we were sufficiently fluent – and those not specific enough to be matched to one of our categories.

Tableau 3-1 : Categories and matching expressions used for textual analysis of Twitter descriptions (Toupin et Haustein, 2019).

Categories	Ex. of specific expressions	Ex. of Twitter descriptions
Academia	researcher, professor, phd, biologist, postdoc	Post-doctoral coastal scientist / engineer @unisouthampton, UK. Researches #sealevelrise #impacts #adaptation #islands #deltas. Also likes #cows.
Personal	yoga, music, father, mother, cat	Curious, Mother of two, Retired.
Professional	physician, manager, engineer, strategist, veterinarian	Environmental attorney. Climate change terrifies me.
Political	advocate, policy, councillor, social justice, #standupforscience	Mayor of @CityKitchener. Community promoter of Kitchener & @WRAwesome-ness. Past Prez of @FCM_online. Treasurer of @uclg_org. Motto: Live ~ Love ~ Laugh
Communication	journalist, writer, author, podcast, youtuber	Journaliste, directrice de la rédaction de @Sante_Magazine. Mes tweets n'engagent que moi. Compte perso
Organization	university, institue, media, association, research centre	Updates from AAAS, the American Association for the Advancement of Science. Open minds. Join us. http://tinyurl.com/JoinAAAS
Publishers	Wiley, Sage, Elsevier, issn, journal	Published by Oxford University Press, AoB PLANTS features peer-reviewed articles on all aspects of environmental and evolutionary plant biology.
Bots	bots, RSS, paper alerts, retweets from, daily updates	A Bots tweeting new research from the Canadian Government (NRC, AAFC, EC, DFO & NRCan). Not affiliated the Government of Canada
Unassigned		An unknown particle in this Universe

The above table presents the categories used in our study with a selection of five correspondings expressions and an example of Twitter profile descriptions. The complete list of expressions can be found at https://doi.org/10.6084/m9.figshare.8236598.v3 and https://github.com/toupinr/twitterprofiles/blob/master/code_publics/20210617_PrepPublicsPropre.R [65].

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268999.t001

3.4 Results

3.4.1 General results

Our final dataset included 19 783 unique Twitter accounts. We assigned at least one category to 69.9% of the accounts (n = 13 821) by using our code to detect expressions in Twitter bios, and 36.2% (n = 7 155) matched to only one category, and 33.7% (n = 6 666) to multiple categories (Tableau 3-2). Academia is the largest category across all papers at 5 545 users, representing 28% of our dataset. Personal assignations represent a quarter of the dataset. Publishers and bots are the less visible categories, both under 2%. However, accounts posting automated content do not usually identify as such. Therefore, a low representation of automated accounts is mostly an artefact of the method used in our study, as it is probably much higher (Jahng et Lee, 2018). The number of unique users was slightly higher in 2015 (n = 11 745) than 2016 (n = 10 467). We also notice a higher uptake by Personal, Professional, Political and Communication public in 2015, potentially indicating higher engagement outside of academia. Academia, Organizations, Publishers and Robots are proportionally more represented in 2016. Academia and Organizations engaged with the most papers in our dataset, whereas Political, Publishers and Bots assigned users engaged with the least. Bots and Academia have the lowest median in number of followers, Communication and Publishers the highest. This may indicate that communicators and publishers tend to fulfill a role of sharing research with a larger network of persons than other group of users. These trends are similar for 2015 and 2016, although number of followers of users tweeting the papers of our dataset were higher in 2015.

Tableau 3-2 : Summary of results across all papers.

	All papers				2015				2016			
Type of publics	Total n of users	% w unique assignations	N of papers	Median n of followers	Total n of users	% w unique assignations	N of papers	Median n of followers	Total n of users	% w unique assignations	N of papers	Median n of followers
Academia	5 545	32.2%	1 613	502	3 193	31.1%	816	603	3 343	34.4%	797	504
Personal	4 939	32.0%	1 460	655	3 071	32.2%	760	757	2 387	29.6%	700	636
Professional	2 963	24.0%	1 045	819	1 782	22.1%	527	950	1 506	24.4%	518	790
Political	2 564	28.0%	921	863	1 651	27.0%	469	990	1 240	28.0%	452	833
Communication	2 237	26.2%	1 020	1 128	1 393	25.9%	505	1245	1 140	25.9%	515	1 111
Organization	4 201	37.6%	1 656	726	2 462	38.1%	836	870	2 378	37.0%	820	701
Publishers	357	38.1%	650	1 499	213	38.5%	327	1778	217	39.2%	323	1 688
Bots	101	61.4%	466	440	61	65.6%	202	482	68	38.8%	264	592
Unassigned	5 962		1 680	632	3 457		859	724	3033		821	616
Total	19 783	36.2%			11 745	36.1%			10 467	37.0%		

The above table presents the absolute number of profiles assigned to each category (Total n of users), the% of profiles with only one assignation for each category (% w unique assignations), the number of papers tweeted by at least one user per category (N of papers), and the median number of followers of the users assigned to each category (Media n of followers). Results are presented for the whole dataset investigated in this study as well as splited between years.

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268999.t002

Looking at overlaps between categories, Academia/Personal and Academia/Organizations are the most present in users' descriptions (Tableau 3-3). The large number of overlaps across all categories indicate that the assignations of based on unique identity markers significantly reduces the complex ways in which users present themselves to others on Twitter. As such, the complexity of identifying who share research papers on Twitter may be best documented by looking at multiple categories and in the context of individual papers.

Tableau 3-3 : Number of Twitter bios with unique of multiple categories.

Type of publics	Bots	Publishers	Organization	Communication	Political	Professional	Personal	Academia
Academia	3	48	1 528	725	656	870	1 628	1 786
Personal	13	35	709	772	852	1 017	1 579	
Professional	4	27	674	478	554	710		
Political	3	29	474	317	718			
Communication	12	55	318	586				
Organization	6	110	1 578					
Publishers	8	136						
Bots	62							

The above table presents the absolute number of dual overlaps in individual Twitter profile descriptions per category. Cells in blue present the number of profiles assigned to only one category. Cells at the intersection of two categories present the number of Twitter profiles assigned to both categories.

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268999.t003

3.4.2 Publics in highly tweeted papers

We looked at the five most tweeted papers per year to categorize who are users sharing popular scholarly documents about climate change research on Twitter (Tableau 3-4). Most papers have between 65 and 75% of the users sharing them assigned to at least one category, except the article *Oxygen Isotope in Archaeological Bioapatites from India: Implications to Climate Change and Decline of Bronze Age Harappan Civilization* at 46.6% (Sarkar *et al.*, 2016). The representation of users assigned to Academia is lower than the mean of 28% of our dataset for nine out of the ten. Overall, variations between how categories are represented between articles highlight the different contexts in which individual papers are shared, thus providing a basis to assess how and why they get attention.

Tableau 3-4 : General results of the word detection analysis.

Title	Journal	Year	N of users	Acad % of users	Perso % of users	Pro % of users	Pol % of users	Comm % of users	Org % of users	Pub % of users	Bots % of users	% unnassigned
Total			19 783	28.0%	25.0%	15.0%	13.0%	11.2%	21.2%	1.8%	0.5%	30.1%
Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought [66]	PNAS	2015	1 760	13.9%	34.7%	12.2%	19.1%	14.8%	10.5%	0.7%	0.2%	36.1%
The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 degrees C [67]	Nature	2015	1 265	23.1%	27.7%	19.4%	23.8%	13.0%	20.2%	0.6%	0.3%	25.1%
Accelerating extinction risk from climate change [68]	Science	2015	749	20.3%	31.5%	12.7%	18.4%	12.3%	13.5%	0.1%	0.3%	34.8%
Health and climate change: policy responses to protect public health [69]	Lancet	2015	481	26.2%	30.4%	23.1%	19.8%	11.4%	27.4%	1.2%	0.2%	21.8%
Climate change impacts on bumblebees converge across continents [70]	Science	2015	337	27.0%	30.0%	17.5%	11.0%	11.3%	24.0%	1.2%	0.0%	27.9%
Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change [71]	PNAS	2016	659	25.2%	30.3%	17.6%	20.2%	12.7%	16.4%	1.2%	0.0%	29.3%
Oxygen isotope in archaeological bioapatites from India: Implications to climate change and decline of Bronze Age Harappan civilization [72]	Scientific Reports	2016	537	10.4%	21.2%	15.6%	8.2%	9.3%	5.6%	0.4%	1.5%	53.4%
Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study [73]	Lancet	2016	347	21.6%	28.8%	18.2%	16.1%	9.2%	22.2%	2.0%	0.0%	28.8%
Ecological networks are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change [74]	Nature Communications	2016	276	47.8%	21.4%	10.9%	9.1%	9.1%	26.1%	1.4%	0.0%	25.4%
Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change [75]	Conservation Letters	2016	238	26.1%	32.4%	18.9%	13.0%	7.6%	22.3%	0.8%	0.0%	26.5%

The above table presents a summary of the results of the word detection analysis on the whole dataset and the 5 most tweeted papers of 2015 and 2016. Columns ranging from Acad to Bots (Acad = Academia; Perso = Personal; Pro = Professional; Pol = Political; Comm = Communication; Org = Organization; Pub = Publishers) represent the percentage of Twitter bios assigned to each category according to the number of users (N of users). The last column indicate the percentage of Twitter bios not assigned to any category.

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268999.t004

The paper *Ecological Networks Are More Sensitive to Plant Than to Animal Extinction Under Climate Change* was shared by 47.8% of the accounts assigned to Academia, indicating a significant engagement by the research community (Schleuning *et al.*, 2016). For some papers, the Twitter profiles of users assigned to Academia have important overlap with other categories (Tableau S1-3 dans l'Appendice A). For example, the paper *Health and Climate Change: Policy Responses to Protect Public Health* was tweeted by 27.8% of the Academia assignations overlapping with Professional category. A manual validation of the results indicates that most assignations to Academia indeed represent scholars and researchers, with very few discrepancies (Watts *et al.*, 2015). This highlights the potential of word detection to assess the representation of scholars in a dataset of papers shared on Twitter, at least in terms of precision. However, there is a possibility that scholars were not categorized as such depending on the words used in their Twitter bios. Other methods are better suited to assess overall participation by scholars (Costas et al., 2020; Ke et al., 2017; Sugimoto et al., 2017), whereas our method focuses on their participation according to other groups of users.

The proportion of users assigned to the Communication category is higher when more users shared a specific paper. Some papers show important overlaps between Communication and Academia such as *Ecological Networks Are More Sensitive to Plant Than to Animal Extinction Under Climate Change* (56%) and *Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change* (44.4%) (Tableau S1-4 dans l'Appendice A) (Sanderson *et al.*, 2016 ; Schleuning *et al.*, 2016). There is also large variations for the Communication and Political overlaps, ranging from 2.6% (*Climate Change Impacts on Bumblebees Converge Across Continents*) to 23.9% (*Accelerating Extinction Risk from Climate Change*), and the Communication and Professional overlaps, ranging from 12.5% (*Global and Regional Health Effects of Future Food Production Under Climate Change: A Modelling Study*) to 34.2% (*Climate Change Impacts on Bumblebees Converge Across Continents*) (Kerr et al., 2015; Springmann et al., 2016; Urban, 2015). The Personal category has the most overlap with Communication in the most tweeted papers, with no paper having a proportion lower than 32% and the highest at 52.5% (*Accelerating Extinction Risk from Climate Change*) (Urban, 2015). This indicate that communicators may use a large share of personal keywords and expressions to build their perceived identity on Twitter.

Assignations to the Political category range from 8.2% (*Oxygen Isotope in Archaeological Bioapatites from India: Implications to Climate Change and Decline of Bronze Age Harappan Civilization*) to 23.9%. (*The Geographical Distribution of Fossil Fuels Unused When Limiting Global Warming to 2 Degrees C*) (McGlade et Ekins, 2015 ; Sarkar *et al.*, 2016). Papers focusing on sensitive topics (such as *The Geographical Distribution of Fossil Fuels Unused When Limiting Global Warming to 2 Degrees C* and *Health and Climate Change: Policy Responses to Protect Public Health*) may engage more users with significant political motivations (McGlade et Ekins, 2015 ; Watts *et al.*, 2015). Two papers have an elevated overlap between Academia and Political (*Ecological Networks Are More Sensitive to Plant Than to Animal Extinction Under Climate Change*; 36% and *Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change*; 32.3%) (Tableau S1-5 dans l'Appendice A) (Sanderson *et al.*, 2016 ; Schleuning *et al.*, 2016). This may indicate that a significant share of users from the research community also embrace political action when it comes to climate change.

Users assigned to the Professional category range from 10.9% (*Ecological Networks Are More Sensitive to Plant Than to Animal Extinction Under Climate Change*) to 23.1%. (*Health and Climate Change: Policy Responses to Protect Public Health*) (Schleuning *et al.*, 2016 ; Watts *et al.*, 2015). The paper *Oxygen Isotope in Archaeological Bioapatites from India: Implications to Climate Change and Decline of Bronze Age*

Harappan Civilization has close to half (45.2%) of its Professional assignations not overlapping with any other categories (Tableau S1-6 dans l'Appendice A) (Sarkar *et al.*, 2016). Two papers, *Global and Regional Health Effects of Future Food Production Under Climate Change: A Modelling Study* and *Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change*, have a low share of overlap with Communication at respectively 6.3% and 8.9% (Sanderson *et al.*, 2016 ; Springmann *et al.*, 2016). However, this last paper has a large share of overlap with the Personal category at 57.8%. Overall, Professional and Personal overlapping is high across all the most tweeted papers, with the lowest at 29.8%.

The largest share of Personal assignations is with the most tweeted paper, *Climate Change in the Fertile Crescent and Implications in the Recent Syrian Drought*, at 34.7%, whereas two papers (*Oxygen Isotope in Archaeological Bioapatites from India: Implications to Climate Change and Decline of Bronze Age Harappan Civilization* at 21.2% and *Ecological Networks Are More Sensitive to Plant Than to Animal Extinction Under Climate Change* at 21.4%) have the lowest share (Sarkar *et al.*, 2016 ; Schleuning *et al.*, 2016). These two papers (*Oxygen Isotope in Archaeological Bioapatites from India: Implications to Climate Change and Decline of Bronze Age Harappan Civilization* and *Ecological Networks Are More Sensitive to Plant Than to Animal Extinction Under Climate Change*) represent both extremes of the range of unique assignations, at respectively 47.4% and 18.6% of accounts assigned to the Personal category (Tableau S1-7 dans l'Appendice A). The second most important share of unique assignations is with the paper *Climate Change in the Fertile Crescent and Implications in the Recent Syrian Drought* at 42.9% (Kelley *et al.*, 2015). The paper *Ecological Networks Are More Sensitive to Plant Than to Animal Extinction Under Climate Change* show here again a high overlap of Personal assignations with the Academia category, at 59.3% (Schleuning *et al.*, 2016). Finally, the paper *Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change* has a low overlap of Personal assignations with the Communication category (7.8%) while high with the Professional category (33.8%) (Sanderson *et al.*, 2016). These results highlight the significant use of personal identity markers across all publics. In this regard, users assigned only to the Personal category may represent what is coined as the lay public.

3.5 Discussion

A key challenge in assessing who tweets scholarly documents through Twitter profile descriptions is defining the use and meaning of identity markers in expressions employed by users. Analysis relying only on Twitter data is a complex endeavor as we seldom know who is exactly behind an account. To circumvent

some of these issues, our analysis categorized profile according to eight types of users sharing climate change research papers on Twitter. Specifically, we categorized expressions and keywords used in Twitter profile descriptions to assess how they represent identity markers, and so type of users sharing climate change research papers. As with other studies, the detection of words related to the academic world is precise in that it reflects potential individual users involved in research, although it does not distinguish how close their research interests are to the topic at hand (Costas *et al.*, 2020 ; Joubert et Costas, 2019). The overlap with other categories also shows how actors of research are not restricted to this role, whether through communicational (science communication), professional (administrative functions), political (policy making) or simply personal (being a parent, having pets, hobbies) activities (Van Bavel, 2021). Profiles categorized in Communication mostly encompasses journalists and communication professionals, authors, artists, and overlaps with political and professional expressions represents users who may engage in political campaigning, policymaking. Political assignations highlight users who present themselves through social issues and activism, some through related professional work. Professional assignations highlight those whose work relate closely to climate change mitigation efforts, for example risk management, or other specific professional activities, such as veterinarians or lawyers. Finally, personal assignations indicate how users identify themselves through their hobbies or personal interests and relationships. When it is the only categorization, it may indicate users who engage with research through pure curiosity, thus incarnate what we commonly refer to as the « general public » (Haustein *et al.*, 2018 ; Toupin *et al.*, 2019).

Assignations to organizations represent both organizational accounts (universities, departments, centers, governmental institutions, private companies, etc.) and individuals who employ expressions relating to these institutions (Tsou *et al.*, 2015). Thus, the proportion of assignations to Organizations represent both these organizations through their specific accounts as well as individuals who use these organizations as identity markers. However, the Organizations category relies on words that have meanings beyond clear groups or institutions, such as « society ». A word like society may express a delineated entity, such as the « Society for X Research », or an abstract entity, such as society as the realm of social interactions. Future research needs to take this into account, whether by adding to the dictionary, excluding problematic expressions, or refining interpretations, depending on the goals at hand.

The relative frequencies of assignations within articles provide an overall assessment of the potential groups who shared research documents on Twitter. Focusing on a selection of highly tweeted papers in

climate change research in 2015 and 2016, our results indicate that expressions relating to Academia and Personal identity markers are used to a large extent, whether through unique assignations or overlap other categories. The academic community is usually the largest group sharing research on Twitter, with a diversity of different publics across individual papers. Meanwhile, political assignations look to be more present in papers discussing sensitive topics, such as fossil fuel consumption or the contribution of climate change to geopolitical conflicts. Knowing how various publics engage with individual papers may help detect trends in public communication of research, both in general datasets and specific subsets. It may also help to document how papers circulate within specific communities. For example, we see quite different patterns between the papers *Ecological Networks Are More Sensitive to Plant Than to Animal Extinction Under Climate Change* and *Oxygen Isotope in Archaeological Bioapatites from India: Implications to Climate Change and Decline of Bronze Age Harappan Civilization* (Sarkar *et al.*, 2016 ; Schleuning *et al.*, 2016). The first one has a significant share of users assigned to Academia, hereby indicating a significant participation by the research community. The other paper has the lowest share of academic participation of the papers showcased in this study. These examples illustrate how estimates of the variety of users sharing individual papers provide a basis to further contextualize the repercussions of research dissemination on Twitter, especially for topics like climate change that resonate differently across distinct groups such as conservation specialists or concerned citizens. A qualitative survey of the results then provides meaning to these estimates and helps validate and refine each category.

Our study has some limits due to the mediated characteristics of Twitter data, and the epistemological and technical choices made prior and through the design of the study. Word detection works as a proxy for the categorization of users but does not provide a direct assessment of « who » really participates to discussions about climate change research on Twitter (Alperin *et al.*, 2018 ; Haustein, 2019). It is hardly possible to access the user behind an account through automated data analysis. We also rely on information chosen explicitly by the user and do not have access to all the choices made for the preparation of their Twitter profile description. While this allows users to identify themselves to others in their own words and make their identities visible in ways they chose, our interpretations are based solely the identify markers we have access to.

We also chose to categorize users Twitter profile by assigning categories to them and by going back and forth between an automatic method of expressions detection and a manual coding. These categories were chosen according to the literature to make sense of public research communication activities on Twitter

(Alperin *et al.*, 2018 ; Côté et Darling, 2018 ; Haustein, 2019 ; Sugimoto *et al.*, 2017 ; Walter *et al.*, 2019). We hypothesized that examining the words and expressions employed by users would allow to investigate the extent to which various communities share climate change research on Twitter. Our analysis relies mainly on the presence or absence of specific expressions. This allows for flexibility to assess who tweets different sets of documents as context is dynamic. However, choices need to be made clear to provide interpretation about how specific expressions are used in various contexts. Moreover, some categories may need to be revisited for further development or be assessed in conjunction with other methods, such as distinguishing between individuals or organizations or detecting accounts posting automated content (Haustein *et al.*, 2018).

Despite these caveats, this study present elements to assess the potential publics of climate change research on Twitter by taking context into account. We see how individual documents are shared beyond strict scholarly communities and in specific groups. Our results, while focusing on highly tweeted papers about climate change, indicate that academia is the main group involved, but that specific papers also reach a variety of publics, whether professional, political and personal, depending on the context in which they are shared. The method we deployed is readily usable across large sets of documents, flexible in that words and categories may be modulated and refined according to research objectives, and provide key insights about 'who' tweets research on Twitter. It may also be used in conjunction with other methods to further describe these assessments as well as provide statistical or qualitative observations to what is observed. By focusing on the Twitter descriptions of users, we can work directly with identity markers chosen by users on Twitter. Future research may refine the choices made building this tool. Overall, it serves as a step for future work about who tweets research document in conjunction with other methods, such as social network analysis (Kassab *et al.*, 2020). It also provides new elements to contextualize the reach of scholarly documents on Twitter.

3.6 Conclusion

This study focused on the categorization of users sharing climate change research papers on Twitter by using a word detection method based on profile descriptions. While our results do not provide a direct assessment of who tweet research due to the characteristics of identity markers in Twitter profile descriptions, it provides insights about how documents may permeate outside of academia and in various communities. Focusing on a subset of highly tweeted papers about climate change, we see how different group of users share research papers on Twitter. As such, we provide information about who tweets

individual documents to further describe the specific contexts in which this research circulates. We proposed a framework that is flexible as we presented one set of categories and expression. These may be easily changed, based on qualitative assessment, to assess different group of users in other Twitter scholarly communication research. Moreover, moving between automated word analysis and qualitative assessment helps inform the interpretations of who is represented through these groups. As such, it highlights how contextual observations will help to better inform the reach of research documents on social media.

3.7 Acknowledgements

We would like to thank Stefanie Haustein and Juan Pablo Alperin from the ScholCommLab for their help and feedback regarding the analysis. We would also like to thank Matisse Dagenais and Sandrine Dagenais in helping build the codebook.

CHAPITRE 4

RÉSULTATS : ANALYSE DES RÉSEAUX DE RETWEETS ET DE MENTIONS DE DIX ARTICLES DE RECHERCHE HAUTEMENT PARTAGÉS

Article 2 : « Who's in, who's out: analyzing retweets and mentions in climate change research diffusion on Twitter »

Rémi Toupin[1], Florence Millerand[2], Vincent Larivière[3]

[1]Laboratory for communication and the digital (LabCMO), Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec

[2]Laboratory for communication and the digital (LabCMO), Département de communication sociale et publique (DCSP), Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec

[3]École de bibliothéconomie et des sciences de l'information (EBSI), Université de Montréal, Montréal, Quebec, Canada ; Observatoire des Sciences et des Technologies (OST), Centre Interuniversitaire de Recherche sur la Science et la Technologie (CIRST), Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec

Soumis à *Journal of the Association for Information Science and Technology – JASIST* le 23 décembre 2022.

Article inclus dans la présente thèse avec l'autorisation des co-auteurs et co-autrices.

Contributions de l'auteur principal selon la taxonomie CRedIT : Conception de l'étude, méthodologie, gestion des données, calcul/computation, investigation, analyse des données, visualisation, rédaction de l'ébauche initiale, révision critique du manuscrit et acquisition de soutien financier

Dans ce chapitre, je présente les résultats d'un deuxième article portant sur la diffusion de dix articles de recherche sur les changements climatiques ayant suscité un grand nombre de tweets. Les questions de recherche de cette étude étaient :

> **SQ2.1 :** Comment la circulation de populaires articles scientifiques sur les changements climatiques se développe-t-elle à travers les retweets et les mentions ?
>
> **SQ2.2 :** Comment les non-scientifiques participent-ils à la circulation de ces articles à travers les retweets et les mentions ?
>
> **SQ2.3 :** Comment certains comptes agissent-ils comme des points centraux ou intermédiaires de la diffusion de ces articles à travers les retweets et les mentions ?

J'y examine donc la circulation de ces articles à travers les retweets et les mentions en employant une méthodologie inspirée de l'analyse des réseaux. Les dimensions abordées concernent la temporalité de la diffusion, la structure des différentes composantes, soit les groupes de comptes interconnectés, les interactions entre différents groupes, de même que le degré de centralité et d'intermédiarité des comptes. L'objectif de ces analyses est d'examiner les différentes manières par lesquelles ces articles ont circulé sur Twitter, et ainsi fournir des cadrages pour contextualiser la résonance des articles scientifiques. Les résultats montrent que l'examen des réseaux de retweets et de mentions permet de mettre en lumière des éléments de contexte contribuant à la visibilité des articles scientifiques sur Twitter, par exemple le partage d'un article par des comptes clés. En général, les usagères et usagers associés à des activités scientifiques dont davantage retweetés ou mentionnés, ce qui suggère qu'elles et ils jouent un rôle important dans le rapprochement de différentes parties de la circulation des articles.

Cet article a été soumis à la revue *Journal of the Association for Information Science and Technology – JASIST* le 23 décembre 2022. La revue *JASIST*, publiée par Wiley-Blackwell, est une revue importante en science de l'information et en bibliométrie, notamment en ce qui concerne la communication savante sur les médias sociaux (Costas *et al.*, 2015, 2021 ; Fang *et al.*, 2021 ; Haustein *et al.*, 2016b ; Sugimoto *et al.*, 2017). En soumettant cet article à *JASIST*, nous souhaitons publier dans une revue majeure en science de l'information en plus de rejoindre un public spécialisé sur les transformations de la communication savante à travers les médias sociaux.

4.1 Abstract

Our paper aims to examine the public outreach of scientific papers about climate change research on Twitter to investigate how users gain access to the conversations about these papers in social media. Specifically, we examine the retweets and mentions networks of 10 highly tweeted articles, looking at the chronology of their diffusion, the structure of components in the networks, the interactions between types of users, as well as their centrality and intermediarity. Our results show that examining the diffusion of scholarly documents through retweets and mentions helps to highlight contextual elements contributing to their visibility, such as being shared by key users. It also highlights the distinct ways in which scientific papers circulate on social media. Twitter profiles associated with scientific activities are retweeted more than other groups of users and are often key in bridging distinct parts of the conversation. Overall, we argue that examining networks of retweets and mentions provide key knowledge about the public outreach of scholarly documents on Twitter.

4.2 Introduction

For the last 50 years, scientists around the world have investigated the process and consequences of anthropogenically induced climate change with the conclusion that we increasingly live in a state of climate urgency (Bonneuil *et al.*, 2021 ; IPCC, 2021b ; Ripple *et al.*, 2019). The communication of research plays a crucial role to disseminate up-to-date information and knowledge about climate change from scientific communities, as well as conceive local and global solutions (Besley et Dudo, 2017 ; Getson *et al.*, 2021). As climate action involves various stakeholders, public communication of that research needs to broaden its scope to address climate change issues (Fisher et Nasrin, 2021 ; Mukherjee et Howlett, 2016 ; Newman, 2017 ; Ripple *et al.*, 2019 ; Walter *et al.*, 2019 ; Yearley, 2017). Meanwhile, democratizing access to research builds on the promises of digital technologies, for example through open access publishing or diffusion of research articles on social media platforms like Twitter (Alperin *et al.*, 2018). Our research focuses on the diffusion of climate change research on Twitter as 1) it is widely used to share scholarly outputs, 2) its scope is beyond the realm of scientific communities, and 3) it is increasingly used for climate change communication (Fownes *et al.*, 2018 ; Haustein, 2019). The traces left by tweets sharing scholarly documents provide an opportunity to assess how these circulate beyond academia. In this paper, we investigate the dissemination of highly tweeted climate change research papers by examining its diffusion through retweets and mentions.

By providing context to the communication of research on Twitter, current research aims to describe the qualitative dimensions that facilitate circulation of papers online on a case-by-case basis, such as the communities of attention around individual papers (Araujo, 2020 ; Díaz-Faes *et al.*, 2019 ; Haustein, 2019). On the one hand, contextualizing how scientific articles circulate on digital platforms helps highlight the factors that contribute to their outreach (Carlson et Harris, 2020). On the other hand, it provides insight about the attention these documents receive in the public sphere (Robinson-Garcia *et al.*, 2018). This study focuses on the retweets and mentions related to the diffusion of climate change research papers on Twitter. We first present the relevant literature about the communication of climate change research on Twitter, as well as current methodological challenges to examine the diffusion of scientific knowledge on Twitter. We then state the objectives and research questions guiding our study, as well as the details of our dataset and methods to build and analyze retweets and mentions about research articles. We then highlight both large-scale trends and contextual specificities related to the dissemination of these research articles on Twitter.

4.3 Twitter and the publication communication of climate change research

Climate change is a global phenomenon that has the potential to drastically transform the organization of human societies (IPCC, 2021a ; Meadows *et al.*, 1972). As it poses significant threats, such as the collapses of ecosystems, loss of coastal habitats, droughts and famines, as well as increasing manifestations of extreme weather events, experts and activists call more and more for urgent public action to mitigate these threats and resolve the climate crisis (IPCC, 2021b ; United Nations, 2021a, 2021b). Scientists believe that they have a responsibility in this endeavor by sharing scientific outputs, whether to decision-makers, journalists, and the public (Ripple *et al.*, 2017, 2019 ; Walter *et al.*, 2019). Scientists can also be inclined to directly act on threats, both as expert on a specific topic or as concerned citizen (Getson *et al.*, 2021). Public communication of research act as a mean to provide up-to-date information about a globally complex challenge, but also to resolve controversies (Besley et Dudo, 2017 ; Hine *et al.*, 2017). Although there is a consensus about the threats posed by climate change, some are still skeptical about its causes, consequences, or mean of actions (Nisbet *et al.*, 2015 ; Williams *et al.*, 2015). On social media, debates about climate change issues can be polarized, as was documented for the release of the 5th IPCC Report (Holmberg et Hellsten, 2016a, 2016b ; Newman, 2017 ; Pearce *et al.*, 2014). Social medias also provide new means for public communication of science, as it allows scientists and other climate change actors to directly reach a broad audience through innovative science communication initiatives (Martin et MacDonald, 2020 ; Moreno-Tarín *et al.*, 2021 ; Tandoc Jr et Eng, 2017 ; Vu *et al.*, 2020).

Increasing use of social media led in recent years lead to the development of new scholarly metrics – altmetrics - based on the traces left by research outputs and actors in digital environments (Sugimoto *et al.*, 2017). These new metrics were developed to quantify and qualify traces left on social media as impact of research in the public sphere (Haustein *et al.*, 2016a). Early altmetrics focused on counts of social media events including a link to scholarly outputs and surveyed the presence of scholars on social media (Costas *et al.*, 2015 ; Grande *et al.*, 2014 ; Priem *et al.*, 2010 ; Van Noorden, 2014). Twitter became a focus for many studies as data collection was easier than for most platforms through a public API, scholarly outputs could easily be shared in tweets through links and digital identifiers, and these tweets could reach users outside of academia (Haustein, 2019). The focus of altmetrics research recently shifted on examining the various contexts and strategies through which scientific articles are shared on social media (Araujo, 2020 ; Carlson et Harris, 2020 ; Díaz-Faes *et al.*, 2019). Previous research based on Twitter followers-followees networks found that scholarly outputs usually circulate in tight-knit communities where most users follow each other to some degree (Alperin *et al.*, 2018). Other studies observed that outside of academia, decision-makers, communicators and the general public also share research articles to some degree (Côté et Darling, 2018 ; Vainio et Holmberg, 2017 ; Walter *et al.*, 2019). However, little is known about the circumstances leading non-academic publics to share specific research articles on Twitter (Araujo, 2020). On the topic of climate change, studies have observed that users sharing similar perspectives will strongly connect to each other but will rarely do so with users upholding opposite points of view (Holmberg et Hellsten, 2016a, 2016b ; Niederer, 2019 ; Pearce *et al.*, 2014 ; Williams *et al.*, 2015). As such, it is possible that climate change research documents on Twitter may circulate between users who know each other or have knowledge of each other presence.

4.4 Public conversations about research on Twitter

Twitter proposes various tools, such as hashtags (#) and mentions (@) to engage in macro and micro-conversations respectively (Bruns et Burgess, 2015 ; Bruns et Moe, 2014). Users can also share someone else post with the retweet option, and optionally add their own comment to it, as well add comments directly under a post which contribute to the formation of cascades (boyd *et al.*, 2010 ; Park et Kaye, 2019). These various conversational tools leave specific traces of their own that can be organized to build a network of interactions between users, for example to examine the circulation of specific links or documents (Alperin *et al.*, 2018 ; Bex *et al.*, 2019 ; Moukarzel *et al.*, 2020 ; Walter *et al.*, 2019).

We focus here on retweets and mentions as they are direct interactions through which we acknowledge another user relevance in a conversation (Araujo, 2020). On the one hand, retweets serve to pull someone else post and make it available to our followers through direct engagement (boyd *et al.*, 2010 ; Majmundar *et al.*, 2018). On the other hand, mentioning another user in a post, such as an influential or public figure, will push the content of the post to this user and make it visible to its community of followers (Wonneberger *et al.*, 2021). Neither action, retweeting or mentioning, necessitate a following from either side, although retweeted content usually come from familiar or authoritative accounts. In general, retweeting and mentioning other users contributes to build conversational structures (Bruns et Moe, 2014 ; Honeycutt et Herring, 2009). A simple retweet allows a user to position itself in the conversation around a specific object, such as a research paper that circulates on Twitter.

The accumulation of tweets linking to scholarly documents tend to be highly skewed, with a small number of documents generating most of the attention (Haustein, 2019). Since metrics of the societal impact of research is increasingly crucial to research assessment, various actors of scholarly communication, such as publishers, journals and authors, encourage the dissemination of outputs on social media to boost these metrics (Haustein *et al.*, 2016a). Communication strategies may also be devised, especially within organizations with significant public relations resources, to build attention (Claessens, 2009). However, contrary to citations that accumulate over a long period of time, social media attention is usually short-lived. On Twitter, papers get most of their tweets in the first few days following their publication online, either as preprint or published research (Alperin *et al.*, 2018 ; Haustein, 2019).

Strategies put forth to disseminate research may involve both massive tweeting as well as making documents visible to specific users, such as journalists, writers or media organizations, with significant reach both on and out Twitter (Carlson et Harris, 2020 ; Côté et Darling, 2018 ; Vainio et Holmberg, 2017 ; Walter *et al.*, 2019). Other scientists also benefit from sharing scholarly outputs on Twitter as they engage with studies of interest for their own work, discuss research with colleagues or boost their level of attention on Twitter, for example to foster collaborations or attract influential users (Bowman, 2015 ; Van Noorden, 2014 ; Veletsianos, 2016). Accounts associated to the non-academic professional world, activism or policy-making also share research outputs, whether to make it visible to their communities of followers or applying this knowledge to their own activities (Côté et Darling, 2018 ; Walter *et al.*, 2019). As papers are disseminated on Twitter, some of the previously mentioned users act as bridges connecting the central parts of the network, usually built around publishers and authors, to communities that may have been inaccessible otherwise.

4.5 Purpose of study

Our study aims to understand how highly tweeted climate change research papers were disseminated on Twitter by investigating the networks of retweets and mentions of users who shared them. We focus on retweets and mentions linking to scientific papers as it provides a direct indication of their visibility on Twitter and act as a form of active sharing or recommendation (boyd *et al.*, 2010). Specifically, we look how scholarly outputs about climate change issues permeate outside of academic through active acts of sharing the papers to other users. We focus our analysis on the chronology of diffusion of the papers, the fragmentation and inclusiveness of conversations, the interactions between categories of users, and their centrality and betweeness.

Although some general trends in the diffusion of tweeted papers have been documented – such as short active life or diffusion in tight-knit communities – , recent research highlighted the need to investigate the specific contexts facilitating the circulation of research papers outside of academia (Alperin *et al.*, 2018 ; Araujo, 2020 ; Carlson et Harris, 2020 ; Côté et Darling, 2018 ; Díaz-Faes *et al.*, 2019 ; Walter *et al.*, 2019). Moreover, understanding the diffusion of research on social media is particularly significant for climate issues as scientific knowledge is one of the keys for environmental action (Ripple *et al.*, 2019). Following these statements, our main research questions are as follow:

1. How did the diffusion of highly tweeted climate change research papers develop through retweets and mentions?
2. How are non-scientists distributed in the diffusion of these papers through retweets and mentions?
3. How are specific users acting as focal or intermediary points in the diffusion of climate change research papers through retweets and mentions?

We suspect that each of the papers investigated in this study circulate in singular patterns on Twitter. This poses the issue of articulating trends at a large-scale level while accounting for the specificities of individual papers. In the case of this study, we specifically focus on the variations between individual papers to describe the different contexts that facilitated the dissemination of these papers. Analyzing who is included in the dissemination of individual climate change research papers through retweets and mentions will provide critical insights about the significance of Twitter regarding the “societal impact of research”.

4.6 Material and methods

4.6.1 Data collection

Our study builds on a set of ten climate change papers selected based on these criteria:

1) Indexed in Web of Science (WoS) database of Clarivate Analytics
2) Included the keywords « climate change », « global warming » or « IPCC » in the title
3) Attached to a DOI (*Digital Object Identifier*)
4) Published in 2015 or 2016
5) Shared in more than 250 tweets according to Altmetric, a division of Digital Science (Springer) tracking scholarly documents on social media

We then chose the five most tweeted papers per year. The years 2015 and 2016 mark a critical juncture for climate change issues per the signature of the Paris Agreement on 12 December 2015 (Hopke & Hestres, 2018). They were also the most recent years for which we had sufficient accumulation of tweets at the time of data collection in September 2018. We used the title as a direct metadata to assess a paper relevance to climate change research. It also frequently appears in tweets sharing a link to scholarly outputs, thus visible to all users (Thelwall *et al.*, 2013b). Our aim is not to provide an extensive analysis of the field, as is done elsewhere (Haunschild *et al.*, 2016, 2019), but rather to focus on the diffusion patterns of highly tweeted papers. We collected tweets with a link to one of the 10 articles by cross-referencing the WoS database with the one from Altmetric via the DOI. Collected tweets metadata include paper DOI, tweet author ID, tweet ID, tweet content, time of publication and retweet order. We also collected information, at the time of the tweets, about the users who shared these papers, such as the author ID, author name, account description, account URL, geographic stamp, number of followers, number of papers tweeted, number of tweets, time of first and last tweet, and tweet span. A summary of the selected papers is found in Tableau 4-1.

Tableau 4-1 : Summary of the 10 papers investigated in this study.

Information includes the title of the papers, DOI, journal where it is published, publication year, number of users that shared the papers on Twitter, number of tweets sharing a link to the papers, number of retweets, number of mentions, the five users retweeted or mentioned the most per papers, and the five users that retweeted or mentioned other users the most.

Title	DOI	Journal	Year	N of users	N of tweets	N of RTs	N of MTs	5 users with most in-degrees (n degrees)	5 users with most out-degrees (n degrees)
*Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent **Syrian drought***	*10.1073/pnas.1421533112*	*PNAS*	2015	2232	2255	1647	358	rvawonk (1137), tonyjuniper (55), docj76tw (35), dirtybiology (35), alexpreditor (28)	colinkelley2 (12), ret_ward (10), katygerhold (10), coalaction (8), jeremysllr (7)
*The geographical distribution of **fossil fuels** unused when limiting global warming to 2 degrees C*	*10.1038/nature14016*	*Nature*	2015	1611	1715	999	442	nature (100), actonclimate (69), tofmcglade (66), philkearney (44), simonbullock (41),	eivindtraedal (32), gunnarkv (27), actonclimate (16), adamskipeter (9), sleepylemur (9)
*Accelerating **extinction risk** from climate change*	*10.1126/science.aaa4984*	*Science*	2015	896	953	703	130	rvawonk (235), sciencemagazine (218), mirandayaver (85), richardmclellan (24), msnbclive (12)	themikerafone (58), aerin_j (6), carbonconvoca (6), oakden_wolf (4), biodivknowlinteraction (3)
*Health and climate change: policy responses to protect **public health***	*10.1016/s0140-6736(15)60854-6*	*Lancet*	2015	531	571	396	91	l_haddad (71), thelancet (45), cechr_uod (40), rchoularton (32), mwbloem (30)	ucghr (19), jim_hunt (5), timsenior (5), copddoc (4), gchalliance (4)
*Climate change impacts on **bumblebees** converge across continents*	*10.1126/science.aaa7031*	*Science*	2015	406	407	282	94	sciencemagazine (146), cechr_uod (29), matteashardlow (17), jetkerr (13), uottawa (11)	jetkerr (21), smarten_winter (8), leifr7 (6), askanter (5), jayfitzsy (5)
*Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of **dietary change***	*10.1073/pnas.1523119113*	*PNAS*	2016	802	802	317	153	jackcushmanjr (18), pnasnews (13), andybiotech (12), veganchatroom (11), michaelmossc (11)	rajapurva05 (18), simonjames0101 (8), lavelleivy (6), moneymaunsingh (5), treegrrrl (5)

*Oxygen isotope in archaeological bioapatites from India: Implications to climate change and decline of Bronze Age **Harappan** civilization*	*10.1038/srep26555*	*Scientific Reports*	2016	737	809	645	115	indianinterest (214), davidfrawleyved (170), aranganathan72 (36), hindolsengupta (34), sanjeevsanyal (31)	ishan327 (8), sandith (8), thekanojia (7), hindurajyam (6), mamdhata (6)
*Global and regional health effects of future **food production** under climate change: a modelling study*	*10.1016/s0140-6736(15)01156-3*	*Lancet*	2016	382	404	235	44	thelancet (133), ifpri_km (22), wfp_health (18), ifpri (9), janwerners (7)	bananenjooe (4), mikerayner (3), africa_active (2), africagreenmedi (2), agrobiodiverse (2)
***Ecological networks** are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change*	*10.1038/ncomms13965*	*Nature Communications*	2016	290	299	244	12	natureecoevo (120), richardmclellan (22), idiv (14), mschleuni (12), tomholtzpaleo (10)	evidentiary1 (4), baptischmi (2), bik_f_ (2), dr_tialynn (2), earthmineyours (2)
*Assessing the Performance of **EU Nature Legislation** in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change*	*10.1111/conl.12196*	*Conservation Letters*	2016	260	381	308	52	rspbscience (102), stubutchart (44), birdlifeeurope (43), conletters (21), _bto (20)	rspbscience (23), y_gigfran (11), birdlifeeurope (9), irenlc (9), jkinn88 (8)

We categorized the users by adapting the method developed by Toupin et al. (2022) as a proxy of the different group of users engaging in the diffusion of climate change research papers on Twitter. Specifically, we categorized users through the following hierarchy: 1) users involved in research-related activities (Academia); 2) users involved in communication-related activities (Communication); 3) users involved or interested in politics-related activities (Political); 4) users involved in non-academic professional activities – professional activities not related to doing research (Professional); and 5) the general public (Personal). We also kept a category for the users we could not assign to one of the categories all the way through our analysis (Unassigned). We validated the categories by comparing the results with a manual coding we previously made on the dataset. This categorization aimed to inscribe users to the specific communicational context of the paper. We manually retrieved information about users who were mentioned in tweets but did not share any papers.

4.6.2 Retrieving interactions

For each paper, we manually noted the retweets (RT) and mentions (MT) by going through the list of tweets with a link to the paper. We had indication of a retweet when the content of the tweet started with "RT @... :" or a number of retweet order was provided, whereas mentions are preceded by the presence of @username in the original tweet. We noted retweets and mentions in a from-to list of three columns including the following information:

- From: The account that retweeted or mentioned another account
- To: The account that was retweeted or mentioned
- Type: Whether the connection is a RT or MT

The interactions analyzed in our paper encompass the retweets and mentions associated with the circulation of the distinct articles and were collected based on the data provided in the Web of Science and Altmetric database at the time of data collection in September 2018. Some tweets and retweets may have been excluded, for example those that were deleted or were published by suspended accounts. When possible, we manually collected relevant information on Twitter when it was not listed in our dataset, such as information about users that were mentioned, but did not tweet the paper.

To investigate the diffusion of research papers through retweets and mentions, we examined 1) the timeline of diffusion, 2) the distribution of user in network components – the distinct structures in which nodes are interconnected –, and 3) the user betweeness and centrality through retweets and mentions. We looked at temporality through the measure of the tweetspan, the number of days between the first

and last day tweeting the paper, and tweet halflife, the number of days through which half the tweets linking to the paper were published (Alperin *et al.*, 2018 ; Haustein, 2019). On the one hand, the tweetspan describes the general longevity of the paper. On the other hand, the tweet halflife provides a measure of the general level of activity surrounding a paper through time. We gave a closer look to structures that formed later in the life of the paper as they may be indicative of continuous public attention to climate change issues as represented in individual paper. We then examined structure of the dissemination by looking at the general shape of the groups (components) of retweets and mentions and who is included in these groups (Scott, 2017). We divided our analysis between the largest group for each paper, the secondary groups and the isolated users. To examine the nature of interactions, we measured the number of retweets and mentions between group of users (Academic, Communication, Professional, Political, Personal, Unassigned). We also used a betweenness centrality measure to look at the types of users that act as bridges in the circulation network (Scott, 2017). We use technics inspired from network analysis to study the interactions between users and to uncover the underlying dissemination structure (Niederer, 2019 ; Scott, 2017). As such, we can examine how dense or scattered the dissemination is or how it is structured around specific users (Scott, 2017). With this mixed methodological framework, we focus on dynamic and specific dissemination patterns of scholarly documents on Twitter (Alperin *et al.*, 2018 ; Araujo, 2020 ; Yousefi Nooraie *et al.*, 2020).

We computed all metrics by uploading our datasets in R dataframes and handling it using the *tidygraph* and *igraph* packages as well as basic calculation functions (Csardi et Nepusz, 2006 ; Pedersen, 2023). We created the figures using the *ggplot2* package from the tidy universe (Wickham, 2011). For each paper we had a dataframe documenting the users, another documenting the interactions, as well as a dataframe of all tweets. Our code to prepare the networks as well as document each metric is available on Github.

4.7 Findings

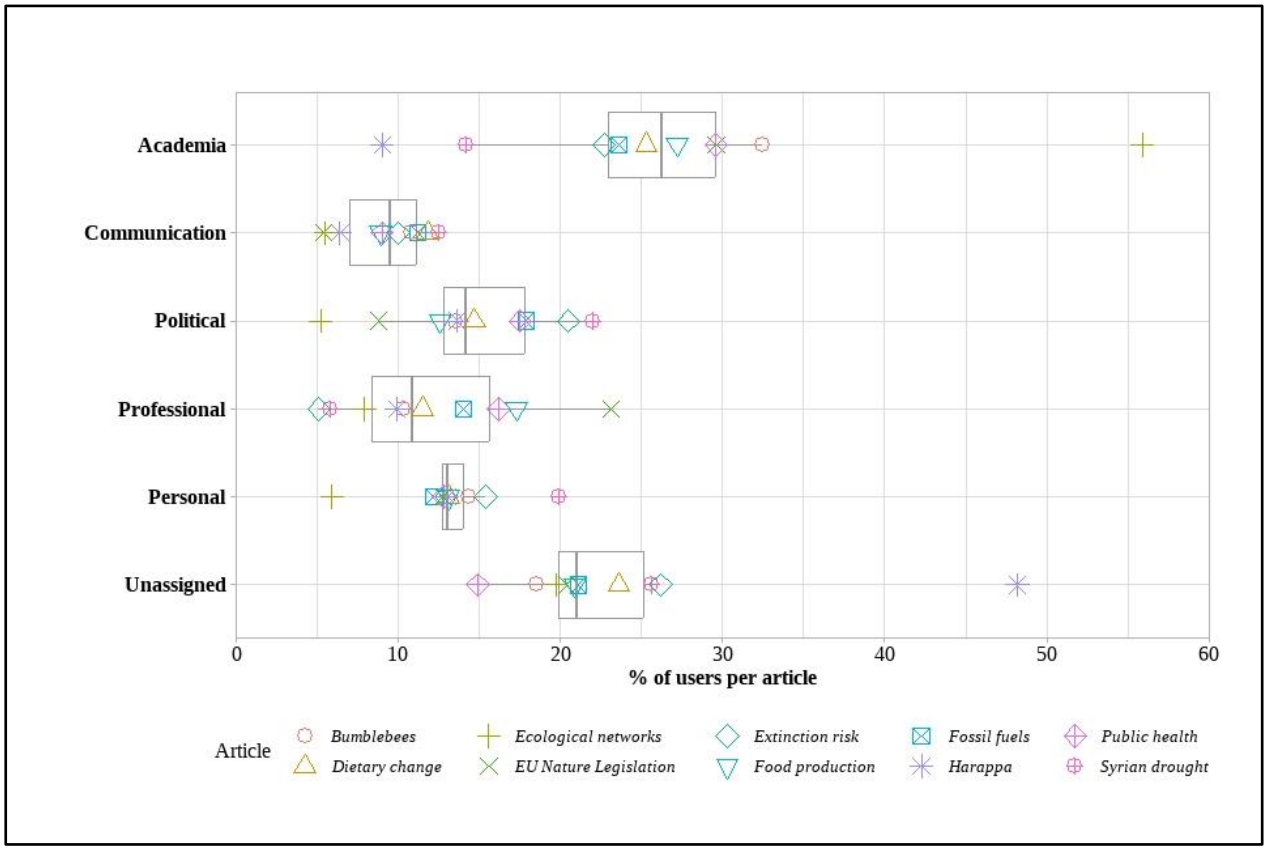
4.7.1 General observations

A summary of the descriptive metrics for the 10 papers examined in this study may be found in the Tableau 4-1 above. The network of retweets and mentions for each individual paper includes between 260 and 2232 users, and 256 and 2005 interactions. Only two papers have more interactions than users, suggesting these papers may have fostered more intense conversations. Most interactions were retweets, with a share between 69.3 % and 95.3 % across the papers investigated in this study. The remaining shares were mentions of other users in tweets. A small number of users generally concentrate the share of retweets,

as between 26 and 169 users were retweeted across all 10 individual papers, whereas the share of mentions is distributed between 9 and 290 users. Users assigned to Academia tend to be the most the present across most papers, although their share varies between 9.0 and 55.9 % (Figure 4-1). Users assigned to Communication constitute between 5.4 and 12.5 % of the users, whereas this share is between 5.2 and 22.0 % for users assigned to Political and between 5.1 and 23.1 % for users assigned to Professional. Users assigned to Personal constitute between 5.9 and 19.9 % of the users. Between 14.9 and 48.2 % of the users could not be assigned across individual papers.

Figure 4-1 : Distribution of the groups of users who shared one of the 10 climate change research articles documented in this study.

A summary of each article is available in Tableau 4-1. The attribution of categorial data is inspired from Toupin et al. (2022).



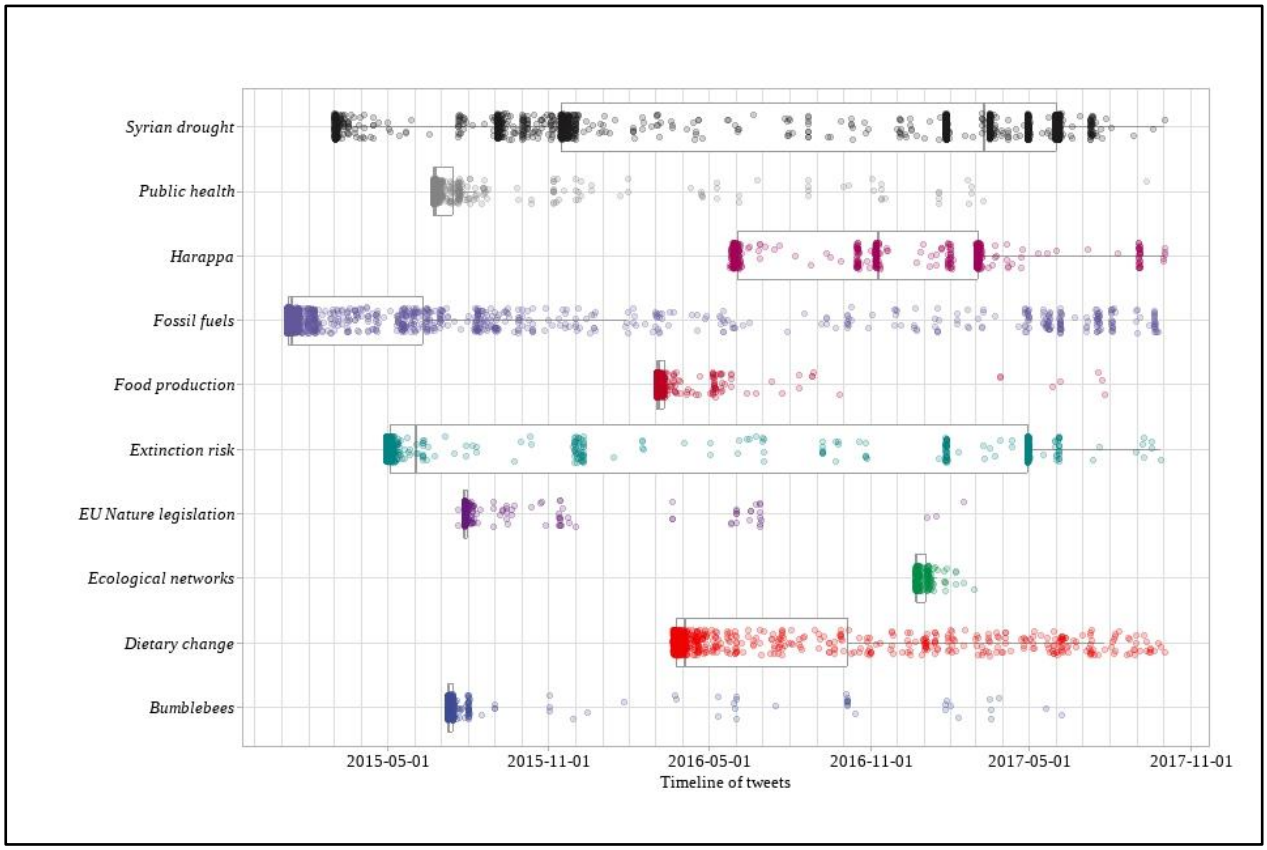
4.7.2 Chronology of articles diffusion

Time of active engagement around tweets is usually short, even for publications sharing links to scientific articles. In the case of our dataset, the tweetspan of the papers (time between first and last tweet) at the time of the data collection varies from 67 to 992 days. Papers from 2015 (698 to 992 days) have longer

tweetspan than those of 2016 (67 to 576 days), but that may be due to a longer period of tweet accumulation after publication of the papers. Active engagement with scientific articles may be measured by their tweet halflife (time for accumulation of half the tweets). As Twitter activity is mostly concentrated around the first publication, we expect papers to receive half of their tweets in the first few days after publication. Among the 10 papers investigated in this study, 7 accumulated their tweets within a month, 1 shortly after one month, 1 after five months, and 1 one after two years (Figure 4-2). These results support the claim that papers tend to accumulate their activity within a few days.

Figure 4-2 : Timeline of tweets accumulation from 2015-01-01 to 2018-01-01.

We used a boxplot to indicate the span through which every quarter of tweets accumulated for each paper. Periods of intense activity are indicated by dense vertical lines. We spread the points vertically for clarity of visualization. A summary of the articles can be found in Tableau 4-1.



It took 740 days for the paper “Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought” to accumulate half of its tweets, suggesting that this paper sustained a high level of engagement ever since its publication. Although the diffusion of the paper has been quite fragmented – it was shared in 380 separate components on Twitter – one component is responsible for the high tweet halflife. This component revolves almost entirely around retweets to one user (@rvawonk, 1137 in-degrees) who

published 7 tweets with links to the article between January 26 and June 4, 2017, two years after its publication. This suggest that tweets by influential users whose publishing focus fit with the topic of a paper may contribute significantly to the resonance of said paper on Twitter, even if it is much later after the initial publication of the article.

4.7.3 Distribution of users in retweets and mentions network

Components can be defined as the distinct structures that include users connected to each other through some form of interaction, whereas isolated users are those that have no connection to any other user. In our study, individual papers are shared across multiple components, suggesting that the diffusion of these papers may spurt outside of one well connected group formed of the authors and users close to them (Tableau 4-2). Specifically, interactions around the papers are distributed between 21 and 380 components. The largest component (LC), the largest connected structure for a particular paper, included between 4 and 85 % of all users associated with the given paper, and between 7 and 95 % of all interactions depending on the papers. Overall, 7 of the 10 papers had more than 50 % of their users connected to each other. The proportion of isolated users varies between 4.2 to 24.4 %, with the paper with the highest proportion of isolates also showing the smallest main component. As a corollary, the paper with the lowest proportion of isolates also has the largest main component, suggesting a correlation between these indicators.

Tableau 4-2 : Descriptive data about the components in all 10 networks investigated in this study.

We counted the number of distinct components and isolated nodes, the % of users connected in the largest component and % of retweets and mentions between users of the largest component, the % of users in secondary components and the remaining % of retweets and mentions in secondary components, as well as the % of isolated users. Nodes refer to Twitter users and edges are the link between them, either retweets or mentions. The % of nodes (users) are based on the total number of users associated with the paper, and the % of edges (interactions) based on the total number of interactions associated with the paper.

		Largest component		**Secondary components**		
Title	**N of components and isolated nodes**	**% nodes**	**% edges**	**% nodes**	**% edges**	**% isolated nodes**
*Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent **Syrian drought***	380	49	60	42	40	9
*The geographical distribution of **fossil fuels** unused when limiting global warming to 2 degrees C*	330	58	76	29	24	13
*Accelerating **extinction risk** from climate change*	140	35	39	56	61	9
*Oxygen isotope in archaeological bioapatites from India: Implications to climate change and decline of Bronze Age **Harappan** civilization*	81	79	89	14	11	7
*Health and climate change: policy responses to protect **public health***	86	72	85	17	15	11
*Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of **dietary change***	353	4	7	72	93	24
*Climate change impacts on **bumblebees** converge across continents*	70	62	76	28	24	10
*Assessing the Performance of **EU Nature Legislation** in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change*	21	85	95	11	5	4
*Global and regional health effects of future **food production** under climate change: a modelling study*	117	55	80	22	20	23
***Ecological networks** are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change*	41	65	77	27	23	8

If we look at the distribution of different group of users, we observe that they are more evenly distributed in secondary components compared to the largest component and the isolated users. The mean share of unassigned users is higher among isolated users, suggesting that users who fail to present themselves in a

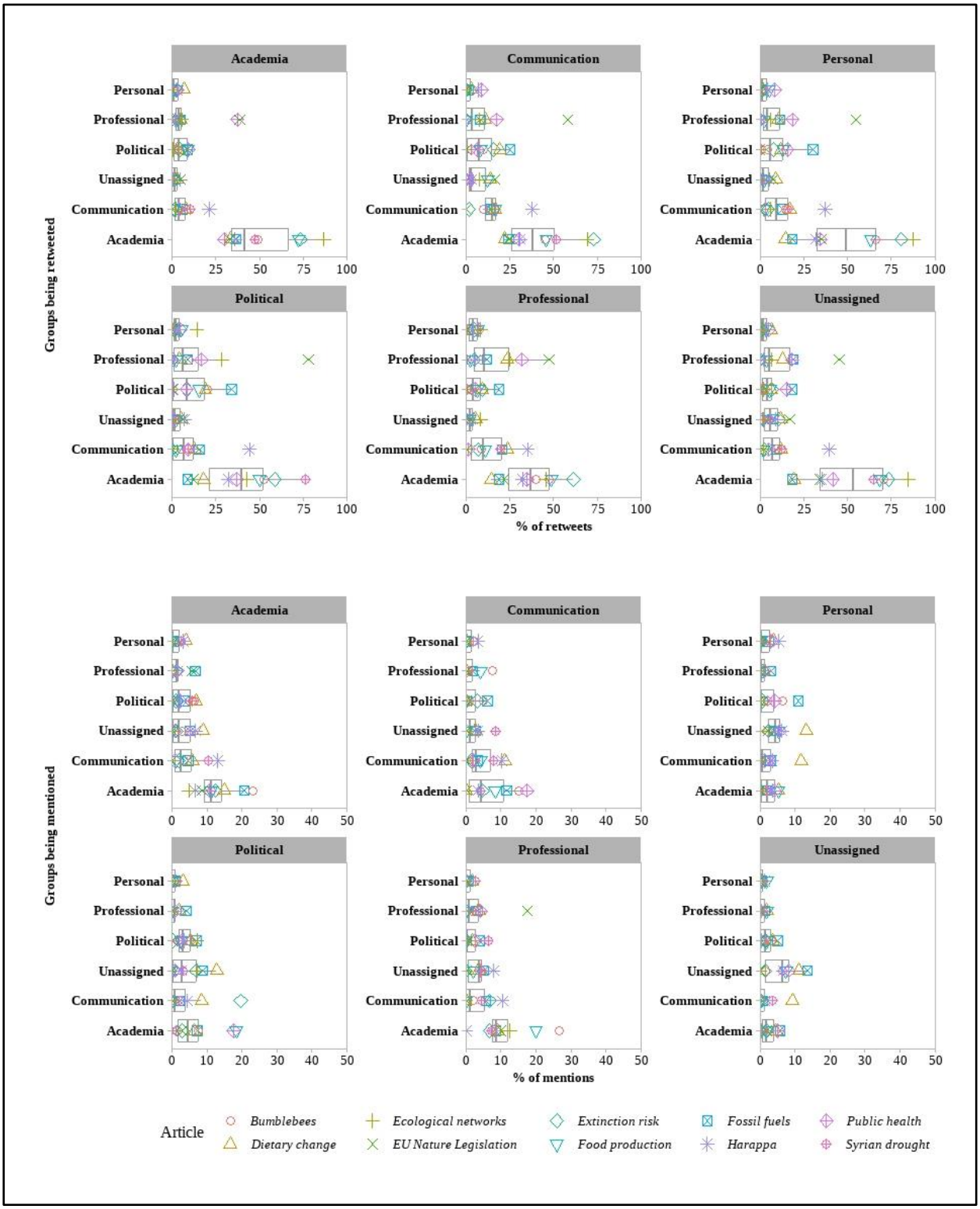
clear way on Twitter may have less success in engaging in conversations about scholarly documents on Twitter. Users assigned to Communication tend to be more present in secondary components with a mean share of 12.55 %. At the opposite, there is a larger share of users assigned to the Personal and Political groups in the largest component (13.90 % and 14.47 % respectively) than secondary components and isolated users. Users assigned to the Professional group have an even share across all levels of components. Overall, these results suggest that scientists and communicators may be critical in making papers visible to other groups of users, such as concerned citizens or decision-makers.

4.7.4 Interactions, betweeness and centrality

Every group of users tend to mostly retweet users associated with Academia, with a median share of retweets between 35 and 55 % (Figure 4-3). We observe a share of retweets of users associated with Academia that is close or above 50 % for both the unassigned users and the users assigned to the general public (Personal). The remaining median shares of retweets are evenly distributed between the other groups of users. At the scale of the individual papers, there are significant variations as shown by the higher share of retweets to users assigned to non-research professional activities for the paper “Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change” or users assigned to Communication for the paper “Oxygen isotope in archaeological bioapatites from India: Implications to climate change and decline of Bronze Age Harappan civilization”. These observations may suggest that the sociosemantic nature of these articles attract different groups of interest. Users assigned to research activities, non-research professional activities, and communication tend to mostly mention users assigned to Academia in their posts about climate change research documents. Users assigned to Academia and Communication also have high share of mentions toward users involved in communicational activities. The general public tends to mostly mention users with political interests or users that we could not assign to any of the groups. Users assigned to the general public are also seldom mentioned by other users.

Figure 4-3 : Distributions of the retweets (above) and mentions (bottom) between the different group of users categorized in our study.

Data points indicate the share of interactions per individual papers. Proportions are calculated by groups of users posting the retweets or mentions.



We examined intermediarity by measuring the betweeness centrality of users, which was then aggregated to groups of users. Academic users have the highest betweeness centrality in 5 of the 10 papers examined in this study, whereas Professional have the highest for 3 of the 10 papers. Communication and Political users have a significant role in bridging parts of the diffusion network for only two papers, suggesting they play a marginal role at best. Personal publics do not act as intermediary users, except for one paper. These results suggest that most of the bridging is made by whether individuals or organizations from academia and or the non-academic working realm, such as conservation professionals or organizations.

Betweeness centrality indicate how specific users play a role as an intermediary between parts of a network. Users bridging the diffusion of the paper *Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change* are mostly categorized as Academics and Professionals. A closer look at the Twitter profile of some of these users – like @rspbscience, @birdlifeeurope, @mike__clarke, @stubutchart – show that they engage in a high level of public activity as part of their role in international and European bird conservation. Thus, these intermediary users assume many hats to bridge communities together, on the one hand to work for bird conservation, and on the other hand to foster public engagement with new knowledge about bird conservation issues. Overall, we observe that intermediarity is often assumed by specific users, these users usually show a level of scientific or professional expertise about the topic at hand as well as an ease to engage with public communication activities.

We also looked at the in-degree centrality of individual users to find which where key to the diffusion of the paper. Although publishers tend to be the most central users in about every paper, some individuals, mostly journalists, communicators, scientists or conservation professionals, rank among the 5 most retweeted or mentioned users per paper (Tableau 4-1). These results suggest that the diffusion of the paper may start from publishers for the most part, but should it be tweeted by key individuals it could gain even more attention.

4.8 Discussion

In this study, we looked at the diffusion of ten highly tweeted climate change research papers through their retweets and mentions. Specifically, retweets and mentions are active acts of sharing or recommending scholarly documents to other users (Araujo, 2020). As such, our study focused on users that were active in the dissemination of research papers on Twitter. The results of our study show that dissemination through retweets and mentions is usually centralized around one larger group of users

encompassing the authors. Secondary groups and isolated users may highlight communities of users that are not aware of this larger group. However, we do not know the methods of dissemination used by individual users, and it could be that those not connected to the larger group shared the paper through other means, such as the Twitter widget available on the publisher's website. An in-depth investigation of tweeting strategies of scholarly documents may be needed to uncover how papers come visible to users on Twitter and how they come to share it.

Users not related to research activities, whether professionals, users with political interests, or the general public, tend to be more present in the largest group. It may suggest that non-science users need experts or brokers to break access to the conversation about research articles for them. This phenomenon is corroborated by our observations of the nature of interactions, where science users tend to be retweeted and mentioned the most, as well as the level of betweenness of groups, where the role of brokers is often assumed by academic, communication, or professional users.

Overall, users involved in research are the ones sharing scientific articles the most on Twitter as per our observations. However, individual papers each have different diffusion history, as some of them may be shared through more connected communities, such as the paper "Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change" which was vastly shared through retweets and mentions in one tight-knit community. Users involved in non-research professional activities shared this paper in a higher proportion than the other articles, suggesting this paper may have circulated through a tight-knit structure of users and groups involved in bird conservation from a professional standpoint. At the opposite, the paper "Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change" was shared in no clear main community, which indicates its interest may have been more diffused instead of one larger group around the authors and publishers. Looking at the conversations emerging through retweets and mentions of individual papers may thus be useful to assess their reach, whether a specific interest by one community or more of a general and diffused interest across many scattered groups of users. Future research is needed in this regard, for example by looking at how users sharing papers in original tweets come across said papers.

Most papers investigated in this study had a short active life on Twitter as evidenced by tweet halflife of less than one month for seven of them. This supports previous studies that found that research papers tend to accumulate most of their tweets within a few days after publication, a pattern contrasting with citations between articles which accumulate over a much longer period (Alperin *et al.*, 2018 ; Haustein,

2019). Tweets may continue to accumulate over time, but the process is much slower, which indicate the life of research papers on Twitter is usually short. This trend follows the traditional patterns of attention on social media, where attention about specific content is usually fast-paced and short (Haustein *et al.*, 2016a). One paper, "Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought", stands out as its tweet halflife is longer than two years. This phenomenon may be due to the active participation of one influential user that attracted more than a thousand retweets. Thus, the participation of influential users can significantly boost the level of attention of a research paper. The characteristics of influential users in Twitter scholarly communication remain to be defined in a future study. Specifically, future study could uncover whether users are influential based on their popularity or if their potential expertise act as an authoritative incentive to engage with the paper.

By examining how retweets and mentions are used to share individual climate change research papers we observed both general trends and specificities pertaining to their communicational context. One critical takeaway is that research papers are disseminated in various manners and resonate in different ways on Twitter. This has repercussions on our understanding of the public impact of research as it shows that, beyond metrics, research papers may reach distinct communities, whether it is based on the topic of study, the participation of influential users or the strategy used to disseminate the paper.

This study has some limitations. First, we limited ourselves to the retweets and mentions of ten highly tweeted climate change research papers published over two years. Retweets and mentions are sign of an active usage of Twitter, which mean we neglected the passive part of the dissemination of these papers, for example users who saw the paper but did not share it. It also does not account for diffusion outside of Twitter. Then, we focused on a specific topic, climate change, which covers broad area of research that may attract attention differently from one another. Its societal importance also means that wherever a paper circulates, it is bound to attract more attention than most scholarly outputs. Finally, we manually rebuilt the list of retweets and mentions, and so might have missed some part of the communication that could not be collected because it was not available anymore. The networks we analyzed for this study may be best understood as proxies or tools to help us better contextualize how research circulates on Twitter, and thus resonates outside of academia. Further work may focus on juxtaposing retweets and mentions networks to the networks of followers to see how they both highlight distinct part of the communication, especially how tightly connected are the users sharing a paper. More qualitative assessment, for example by conducting traces interviews or describing communicational histories of climate change research papers, will also help understand their specific resonance on Twitter.

4.9 Conclusion

By examining networks of retweets and mentions linking to highly tweeted climate change research papers, we uncovered a diversity of patterns through which these documents were shared and thus resonating out of academia. These networks show that there is no unique pattern through which research is shared on Twitter and multiple circumstantial elements may contribute to the diffusion of research articles in specific directions. Although it remains unclear how conversations about research articles emerge from original tweets, investigating the number of distinct components in which they are being retweeted or mentioned may be useful to assess the type of reach they have on Twitter. Documenting how papers reach various group of users will also help understand who has an interest in accessing specific research outside academia, for example according to the topic or angle of a paper, to better direct the goals of public communication strategies on social media. It can be argued that publishers and authors benefit from playing a central role in the communication of the research they produced as it boosts their attention online. However, the dissemination of research may only be partially controlled. Retweets and mentions focuses on the micro dimension of Twitter communication and looking at multiple layers of networks, for example if users who tweets these papers follow each other, will further improve our understanding of the type of research specific papers may have for non-science Twitter users.

Intermediary users in retweets and mentions networks can improve the visibility of research papers to users that would not have access to it otherwise. For the climate change research papers we investigated, this role is often assumed by other scientists, non-academic conservationists or organizations involved in science and environmental protection. These users also display some level of public engagement, for example through science communication or international commitment in conservation. It may mean that research articles reach specific audiences on Twitter and that it needs these audiences for their conclusions to be shared more broadly. Our observations suggest that brokers usually assume some kind of public figure, for example through large number of followers, while also having some kind of authoritative expertise. This assumption needs to be further documented by comparing the nature of different influential users in several papers, while also looking at the contents of the tweet to assess what is being tweeted and retweeted, to whom, and by whom.

4.10 Acknowledgements

We would like to thank Stefanie Haustein, Juan Pablo Alperin and Alice Fleerackers from the ScholCommLab for their help and feedback regarding the analysis. We would also like to thank the Groupe-Réseaux team for their insights about network analysis.

CHAPITRE 5

RÉSULTATS : MISE EN RÉCIT DE LA CIRCULATION D'UN ARTICLE SCIENTIFIQUE SUR TWITTER

Article 3 : « Mettre en récit la circulation des documents savants sur Twitter : étude de cas exploratoire sur l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents » (Kerr et al., 2015) »

Rémi Toupin[1], Florence Millerand[2], Vincent Larivière[3]

[1]Laboratoire sur la communication et le numérique (LabCMO), Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec

[2]Laboratoire sur la communication et le numérique (LabCMO), Département de communication sociale et publique (DCSP), Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST), Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec

[3]École de bibliothéconomie et des sciences de l'information (EBSI), Université de Montréal, Montréal, Quebec, Canada ; Observatoire des Sciences et des Technologies (OST), Centre Interuniversitaire de Recherche sur la Science et la Technologie (CIRST), Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec

Accepté avec révisions mineures par la Revue canadienne des sciences de l'information et de bibliothéconomie le 13 septembre 2023.

Article inclus dans la présente thèse avec l'autorisation des co-auteurs et co-autrices.

Contributions de l'auteur principal selon la taxonomie CRedIT : Conception de l'étude, méthodologie, gestion des données, calcul/computation, investigation, analyse des données, visualisation, rédaction de l'ébauche initiale, révision critique du manuscrit et acquisition de soutien financier

Dans ce chapitre, je présente les résultats d'un troisième article portant sur l'analyse qualitative de tweets et l'utilisation d'un entretien avec appui visuel afin de mettre en récit la circulation sur Twitter de l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents » (Kerr et al. 2015). Les questions de recherche de ce troisième article étaient les suivantes :

> **SQ3.1 :** Comment reconstituer la diffusion d'un article scientifique sur Twitter à partir de sa mise en récit ?
>
> **SQ3.2 :** Comment cette mise en récit témoigne-t-elle de l'attention publique suscitée par la recherche ?

Plus spécifiquement, la démarche que j'ai déployée vise à décrire finement comment l'article a circulé sur Twitter en relation avec le contexte de publication et de communication de l'article de manière générale. J'y explore ainsi une démarche méthodologique permettant de mettre en valeur des événements saillants du point de vue de l'impact social de l'article. À travers une mise en récit qui articule l'analyse du réseau de retweets et de mentions, l'analyse des tweets et un entretien avec appui visuel auprès de l'auteur principal de l'article, les résultats de l'étude montrent le rôle majeur joué par la AAAS (American Association for the Advancement of Sciences) et la revue *Science* dans la circulation de l'article sur Twitter, notamment à travers une campagne médiatique coordonnée avec les autrices et auteurs ainsi que l'équipe médiatique de l'Université d'Ottawa. J'y montre en outre que l'article suscite un intérêt auprès de plusieurs communautés, notamment certaines qui auraient pu ne pas être au courant de l'article à l'extérieur sa communication sur Twitter, comme des organisations professionnelles en développement agricole en Europe. L'article a également joué une fonction afin d'inciter des responsables politiques à intervenir vis-à-vis le déclin des insectes pollinisateurs et la crise climatique.

Cet article a été soumis à la *Revue canadienne des sciences de l'information et de bibliothéconomie* (RCSIB) le 20 février 2023 et accepté avec révisions mineures le 13 septembre 2023. La RCSIB est une revue scientifique bilingue et en accès libre dont la publication est assurée par le service des bibliothèques de l'Université Western. La revue sert de forum de discussion pour la recherche concernant l'avancement des bibliothèques et les sciences de l'information au Canada. Nous y avons soumis cet article afin de toucher la communauté des bibliothèques au Canada, des institutions majeures dans la mobilisation des connaissances. En outre, l'aspect bilingue m'a permis de proposer au moins un article en français dans le cadre de mes recherches doctorales.

5.1 Résumé

Les récentes études sur l'évaluation de l'impact social et l'attention envers la recherche sur les médias sociaux montrent la nécessité de changer le focus sur la signification des métriques pour s'intéresser aux contextes de circulation de la recherche. Cette étude s'inscrit dans une démarche exploratoire afin de saisir l'apport de la mise en récit pour examiner la circulation de la recherche sur Twitter à travers le cas d'un article sur les effets des changements climatiques sur les limites géographiques de l'habitat des populations de bourdons. En combinant l'analyse qualitative de tweets, l'analyse de réseaux et un entretien avec support visuel, cette étude montre comment la mise en récit de la diffusion d'un article scientifique peut jeter un éclairage spécifique à propos de sa résonance à partir des traces laissées sur les médias sociaux.

5.2 Introduction

Tant le volume de publications que le nombre de chercheuses et de chercheurs actifs sur Twitter (maintenant 𝕏) ont cru considérablement dans les dernières années, ce qui en fait un environnement propice à la circulation de recherche dans la sphère publique (Holmberg et al., 2019 ; Robinson-Garcia *et al.*, 2018 ; Sugimoto *et al.*, 2017)[6]. Les documents savants dont les thèmes touchent à des enjeux sociaux, comme les bouleversements environnementaux, sont particulièrement susceptibles de susciter de l'attention (Toupin, 2020 ; Walter *et al.*, 2019). En parallèle, l'intérêt grandissant pour l'impact social de recherche a conduit différents acteurs scientifiques et politiques à considérer les traces laissées par les documents savants sur les médias sociaux comme des indicateurs de l'attention que peut avoir la recherche à l'extérieur des communautés savantes (Holmberg *et al.*, 2019). Les travaux récents sur la diffusion de la recherche sur Twitter visent à mieux comprendre cette notion d'impact social en plus de s'intéresser davantage aux contextes dans lesquels circulent les documents savants (Araujo, 2020 ; Arroyo-Machado *et al.*, 2021 ; Díaz-Faes *et al.*, 2019 ; Robinson-Garcia *et al.*, 2018). La recherche sur les changements environnementaux s'avère pertinente pour mieux comprendre les dynamiques de circulation de la recherche sur Twitter étant donné que 1) ce sont des thématiques largement discutées

[6] Cette étude a été menée avant le rachat de la plateforme par Elon Musk et les conséquences socioéconomiques qui en ont découlées. À des fins de standardisation et puisque l'étude a été menée sur un corpus de données représentant les pratiques de la plateforme avant 2022, nous avons choisi de conserver de conserver le nom de Twitter tout au long du texte.

en ligne (Effrosynidis *et al.*, 2022 ; Walter *et al.*, 2019) ; 2) les scientifiques sont de plus en plus interpellés pour mieux communiquer ces savoirs (Ripple *et al.*, 2022 ; 2017) ; et 3) il s'agit d'un domaine de recherche ayant des répercussions sociales et économiques majeures (IPCC, 2021 ; Soroye *et al.*, 2020).

Dans cet article, nous déployons une démarche exploratoire basée sur la mise en récit pour examiner la diffusion d'un article scientifique sur Twitter. Plus spécifiquement, notre démarche vise à décrire et narrer la circulation d'un article sur l'impact des changements climatiques sur le déclin des populations de bourdons à travers trois méthodes : 1) l'analyse des réseaux de retweets et de mentions de l'article, 2) l'analyse qualitative du contenu des tweets et 3) un entretien avec appui visuel réalisé avec l'auteur principal de l'article. En combinant l'utilisation de différentes méthodes, nous soutenons que cette démarche permet de décrire plus finement la circulation des articles scientifiques et ainsi fournir un portrait plus complet de leur résonance auprès de différentes communautés sur Twitter.

5.3 Les transformations de la communication savante et l'évaluation de l'impact social de la recherche sur Twitter

Les médias sociaux constituent un vecteur majeur de la diffusion de la recherche (Sugimoto *et al.*, 2017). Ceux-ci permettraient de rejoindre un large public en plus de faciliter la mesure de « l'impact social de la recherche » (Bornmann, 2016 ; Haustein *et al.*, 2016). Twitter en particulier est un sujet de choix étant au cœur des pratiques de diffusion de la recherche en ligne (Haustein, 2019).

Selon les disciplines, les critères sociodémographiques et les contextes culturels et géographiques, un nombre significatif de chercheuses et de chercheurs sont actifs sur Twitter, tout comme les institutions de recherche telles que les universités et les organismes subventionnaires (Costas *et al.*, 2020 ; Côté et Darling, 2018 ; Sugimoto *et al.*, 2017). Les membres des milieux savants utilisent Twitter pour plusieurs raisons : pour communiquer les résultats de leurs travaux, partager des nouvelles, entrer en contact avec des collègues, découvrir de nouvelles opportunités ou collaborations et connaître les publications les plus récentes de leur domaine de recherche (Bowman, 2015 ; Veletsianos, 2016). La quantité significative de documents savants qui y circulent – par l'entremise des liens menant vers des articles scientifiques – en fait également un contexte où ceux-ci sont susceptibles de rejoindre de nouveaux publics (Haustein, 2019 ; Toupin *et al.*, 2022).

Twitter s'ajoute ainsi à la boîte à outils de la communication scientifique, bien que celle-ci continue de passer largement par les canaux médiatiques traditionnels pour une diffusion à plus grande échelle. En

effet, plus un article est susceptible d'avoir un impact important, plus les campagnes de presse et les relations avec les médias sont de mises (Fleerackers *et al.*, 2022 ; Guenther et Ruhrmann, 2016). Par ailleurs, les usagers qui se mobilisent directement autour des articles scientifiques restent pour la plupart des spécialistes, dont les chercheuses ou chercheurs (Alperin *et al.*, 2018 ; Walter *et al.*, 2019). La temporalité de l'attention autour des articles sur Twitter correspond également à celle suscitée généralement en ligne ou pour des contenus d'actualité, c'est-à-dire que la majeure partie de l'attention envers les documents savants ne survient que dans les premiers jours de leur publication (Alperin *et al.*, 2018 ; Haustein 2019).

Les traces laissées par les documents savants sur les médias sociaux pourraient indiquer leur « impact social », c'est-à-dire la manière dont la recherche affecte la société à différents niveaux, qu'il s'agisse de transformations culturelles, du développement de nouvelles pratiques, ou de l'implantation de nouvelles politiques et réglementations (Haustein *et al.*, 2016 ; Priem *et al.*, 2012). En ce sens, l'impact social de la recherche peut être largement considéré comme l'impact de la recherche à l'extérieur des communautés savantes (Holmberg *et al.*, 2019). Cette prémisse a mené au développement des altmétriques, des mesures de la circulation des documents savants sur les médias sociaux (Priem et Hemminger, 2010 ; Priem *et al.*, 2010). Cet intérêt pour la mesure de l'impact social de la production savante coïncide par ailleurs avec des appels de plus en plus marqués à se mobiliser autour des savoirs scientifiques pour faire face à des enjeux comme des crises de santé publique, des pandémies, ou des bouleversements environnementaux majeurs (Ripple *et al.*, 2017 ; 2019 ; IPCC, 2021). Néanmoins, les récentes études sur les altmétriques considèrent ceux-ci davantage comme une manière d'observer l'attention suscitée par la recherche, notamment sur les médias sociaux (Díaz-Faes *et al.*, 2019 ; Araujo 2020). En effet, les métriques rapportées, ne sont pas indicatrices d'effets tangibles de la recherche sur la société, mais plutôt de leur visibilité au sein de différents contextes médiatiques et publics.

Suivant ces considérations, notre étude vise à approfondir cette compréhension des indicateurs altmétriques en les concevant comme un proxy de la résonance des articles scientifiques auprès de différentes communautés, notamment en s'intéressant aux liens sociaux et sémantiques entre l'article, les usagers de Twitter qui le partage, et ce qui est dit et fait de l'article en ligne (Araujo, 2020 ; Arroyo-Machado *et al.*, 2021). En ce sens, la résonance peut être considérée comme une relation de réponse entre la recherche et les mondes d'appartenance de ceux et celles qui partagent des articles scientifiques (Rosa, 2018). Cette démarche s'inscrit dans un continuum de recherches sur la communication savante en ligne

qui cherche à décrire et analyser de manière contextuelle la circulation des documents savants (Araujo, 2020; Arroyo-Machado *et al.*, 2021). En nous appuyant sur ces études qui s'intéressent donc aux dimensions contextuelles de la circulation des documents savants, comme la temporalité, les usagers et les communautés impliquées ou le contenu des tweets, nous proposons une démarche exploratoire misant sur le récit de la diffusion d'un article scientifique sur Twitter en vue d'en expliciter la résonance auprès de différents groupes d'usagers.

5.4 L'apport de la macroécologie aux connaissances sur le déclin des insectes pollinisateurs

La publication de *Silent Spring* de Rachel Carson en 1962 a contribué à sonner l'alarme sur les effets néfastes des pesticides et insecticides, entraînant subséquemment un intérêt pour la conservation des insectes (Carson 2002[1962] ; Dunn 2012). Cet intérêt s'est manifesté par une croissance des recherches concernant les services écosystémiques et le déclin des insectes pollinisateurs, tels que les abeilles sauvages et les bourdons (Kerr *et al.*, 2015 ; Porto *et al.*, 2020 ; Soroye *et al.*, 2020 ; Trøjelsgaard et Olesen, 2013). Parmi les services écosystémiques rendus par les insectes pollinisateurs, notons qu'ils jouent un rôle important pour la santé de la biodiversité et de la production agroalimentaire (Porto *et al.*, 2020). Leur déclin entraînerait une dégradation des ressources alimentaires, comme les céréales et les fruits, contribuant à une rareté plus grande de ces ressources et à l'accentuation des inégalités alimentaires (IPBES, 2016).

Un des grands défis de la recherche sur les impacts des changements climatiques consiste à produire des signaux suffisamment forts sur une échelle de temps relativement long, c'est-à-dire des manifestations de changements environnementaux qui peuvent être mis en relation avec les transformations climatiques, tant à une échelle régionale que globale (Coogan *et al.*, 2019). Les outils de la macroécologie permettent d'obtenir de tels signaux en examinant l'évolution des dynamiques écologiques, comme la distribution de certaines espèces dans le temps, à travers de grands ensembles de données (Soroye *et al.*, 2020; Kerr *et al.*, 2015). Ces travaux reposent de plus en plus sur la consolidation de ces données au sein d'infrastructures dédiées, facilitant le partage des connaissances sur l'état de la biodiversité (Heaton *et al.*, 2018). Tant les conclusions qui émergent des études macroécologiques que le processus de recherche lui-même sont susceptibles d'alimenter la résonance des savoirs produits à travers ces études.

5.5 Mettre en récit la diffusion sur Twitter de la recherche sur les problématiques climatiques

Cette étude explore le potentiel de la mise en récit pour décrire la diffusion d'un article scientifique en particulier et ainsi mieux comprendre comment les traces laissées par un article sur Twitter peuvent être manifestes de son impact social (Araujo, 2020 ; Weber *et al.*, 2018). Déjà employée au sein de communautés professionnelles en mobilisation des connaissances pour raconter des histoires sur les travaux de chercheuses et chercheurs, nous suggérons que la technique de la mise en récit, conjuguée à l'analyse des traces laissées sur les médias sociaux, a le potentiel de décrire plus finement les retombées des documents savants en contexte numérique (Bandola-Gill et Smith, 2021 ; Dahlstrom, 2014; Hudson *et al.*, 2022 ; Weber *et al.*, 2018).

Pour cette étude, nous reprenons la définition et l'approche de la mise en récit développée par Dahlstrom (2014) soutenant que la construction de récits consiste à décrire les relations entre des événements qui se sont déroulés sur une période bien définie et qui ont un impact sur des sujets spécifiques. Cette approche permet en outre de mettre l'accent sur le caractère situé que peut avoir la communication d'un article, c'est-à-dire que celui-ci intéressera et touchera notamment des publics différents selon les objectifs de l'étude, les thèmes abordés et les pratiques de communication effectives. Appliquée à la communication savante, cette approche permet notamment de décrire plus concrètement l'impact de la recherche (Hudson *et al.*, 2022). Par exemple, un article de Hudson *et al.* (2022), auquel ont participé conjointement des membres du *Lenfest Ocean Program* et *The Evidence Project*, montre comment l'utilisation de narratifs leur a permis de documenter plus en détail la manière dont leurs recherches étaient mobilisées dans un cadre de décision politique. Combinée à des entretiens auprès de parties prenantes directement touchés par la mobilisation de ces recherches, l'analyse narrative de la mobilisation de ces recherches a ainsi permis de montrer plus en détail comment ces recherches étaient utilisées pour engager des dialogues, informer des décisions politiques ou encore influencer des décisions politiques, par exemple dans le cadre de l'implantation de pêcheries en Chine (Hudson *et al.*, 2022). Dans notre étude, l'apport principal de l'approche consiste à reconstituer l'historique de circulation d'un article spécifique à partir des traces laissées en ligne afin de faire émerger des points saillants en termes de résonance auprès de communautés d'intérêts. Cette approche propose donc une lecture qualitative, à une échelle micro, de manière complémentaire aux approches visant une échelle macro plus traditionnellement utilisée pour mesurer l'impact de la recherche sur Twitter.

Un premier objectif est donc d'explorer les avantages et les limites de la méthode en racontant l'histoire de la diffusion d'un article sur Twitter afin de jeter un éclairage sur son impact public. La mise en récit proposée se base à la fois sur l'analyse des réseaux de retweets et de mentions de l'article étudié, l'analyse qualitative du contenu des tweets et l'analyse d'un entretien avec appui visuel réalisé avec l'auteur de l'article. Nous suggérons que la combinaison de ces trois méthodes au sein d'une même étude apporte un éclairage original pour décrire la circulation d'un article et ainsi examiner son éventuel impact social.

> **QR1 :** Comment reconstituer la diffusion d'un article scientifique sur Twitter à partir de sa mise en récit ?

La méthode de mise en récit déployée dans cette étude vise donc à mettre en évidence la résonance publique d'un article scientifique à travers l'examen de sa diffusion sur Twitter. À cette fin, nous nous sommes intéressés spécifiquement au cas d'un article portant sur l'impact des changements climatiques sur les populations de bourdons. Cet article est particulièrement intéressant puisqu'il a suscité une attention médiatique significative en plus de porter sur un enjeu d'intérêt public.

> **QR2 :** Comment cette mise en récit témoigne-t-elle de l'attention publique suscitée par l'article ?

En analysant ces spécificités, nous cherchons à montrer comment la mise en récit permet de rendre finement compte de l'attention suscitée par la recherche à travers les médias sociaux à partir des spécificités associées à un seul article.

5.6 La diffusion de l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents » (Kerr et al. 2015)

Dans le cadre de cette étude de cas, nous avons choisi d'observer la circulation de l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents » (Kerr *et al.*, 2015) en considérant 1) qu'il s'agit d'une étude menée par une équipe canadienne et 2) qu'il s'agit d'un des articles les plus populaires sur Twitter que nous avons pu pointer au moment d'une collecte plus large. Publié le 10 juillet 2015 dans la revue *Science*, l'article montre que l'habitat des bourdons, d'importants pollinisateurs, rétrécit du fait des changements climatiques. L'étude est menée par le professeur Jeremy T. Kerr, chercheur en macroécologie et conservation à l'Université d'Ottawa, et inclut tant des postdoctorantes et postdoctorants de l'Université d'Ottawa que des collaboratrices et des collaborateurs ailleurs au Canada, aux États-Unis et en Europe. Dans la perspective d'une étude macroécologique, ces collaborations

recoupent des territoires variés dont le croisement des données peut mener à l'examen de grandes tendances sur l'évolution ou la conservation des espèces sur de longues périodes.

Le projet a notamment reçu l'appui du réseau stratégique du Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRNSG), l'Initiative de pollinisation canadienne (CANPOLIN) dont la mission était consacrée à l'examen des enjeux reliés au déclin des pollinisateurs jusqu'à ce que le réseau cesse ses activités en septembre 2014. Un appui a également été fourni à travers une Subvention à la découverte du CRNSG et la *Ottawa Research Chair in Macroecology and Conservation*. L'étude a par ailleurs fait l'objet d'un article subséquent en 2020, également publié dans *Science* sous la plume de Peter Soroye, Tim Newbold et Jeremy T. Kerr (2020).

Les conclusions de l'article de 2015 ont conduit à une importante campagne de presse menée par l'American Association for the Advancement of Science (AAAS). Cette campagne de presse a mené à une large couverture médiatique en collaboration avec l'équipe de recherche principale derrière l'article et l'équipe média de l'Université d'Ottawa. Un résumé de la couverture médiatique, d'après les données disponibles sur Eurêka et le site web du Kerr Lab, est disponible dans le matériel supplémentaire à la fin de l'article (Tableau S3-19).

5.6.1 La structure de la diffusion de l'article sur Twitter

Pour cartographier la diffusion de l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents » sur Twitter, nous avons utilisé son DOI (*Digital Object Identifier*) pour récolter 408 tweets consignés dans une copie de données fournie par Altmetric.com en octobre 2018 à l'Observatoire des sciences et des technologies de l'UQAM. Les données récoltées incluent le nom et l'identifiant de l'auteur ainsi que le contenu, l'identifiant, le lien et la date et l'heure du tweet. Nous avons également récolté, toujours au moyen de la copie fournie par Altmetric.com, les descriptifs (bios) Twitter en vue de documenter les usagers ayant partagé l'article. Les informations récoltées représentent ce qui était visible au moment des tweets. Nous avons ainsi identifié 30 tweets qui ne sont plus accessibles, soit parce que le compte a été supprimé ou suspendu ou le tweet a été supprimé. Finalement, nous avons identifié les retweets ainsi que les mentions et les mots-clics inclus dans le contenu des tweets.

Nous avons reconstitué la circulation de l'article sous forme de réseaux de retweets et de mentions (Figure 1). Ces réseaux incluent 406 nœuds représentant les usagers ayant partagé l'article ou ayant été

mentionnés dans les tweets incluant un lien vers l'article, et 376 liens, soit 282 retweets et 94 mentions, séparés en 66 composantes[7] distinctes en plus de 41 nœuds isolés. La majorité des tweets ont été publiés au moment même de la parution de l'article, soit les 9 et 10 juillet 2015. Une majorité des retweets est dirigée vers le compte de la revue *Science* (@sciencemagazine), tandis que l'auteur principal @jetkerr a été l'un des usagers les plus actifs avec 14 tweets, dont 8 retweets, incluant également 13 mentions.

[7] En analyse réseau, une composante regroupe les nœuds exclusivement interconnectés entre eux par au moins un lien.

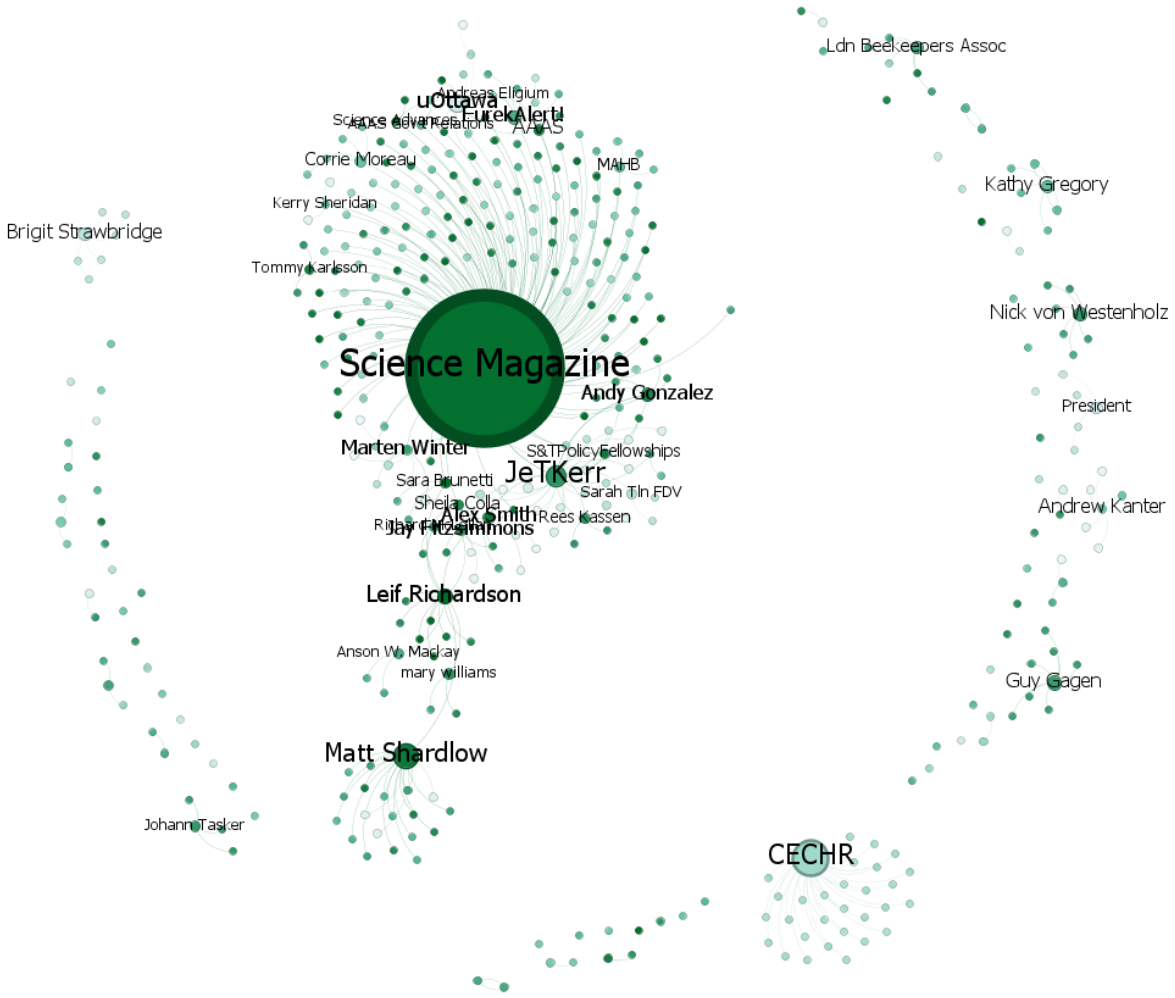


Figure 5-1 : Réseau de circulation et diffusion dans le temps de l'article « Climate change impacts bumblebees across continents » sur Twitter au moyen des retweets et des mentions.

La couleur des nœuds représente le premier tweet de chaque usager sous forme de rang (les premiers tweets sont en vert foncé, les derniers tweets en vert pâle). La taille des nœuds représente le nombre de retweets ou de mentions reçues. Seuls les usagers ayant reçu au moins trois liens sont identifiés par leur nom d'usager. La visualisation a été effectuée au moyen du logiciel Gephi en utilisant une spatialisation Yifan Hu combinée à un ajustement des étiquettes et un déchevauchement des nœuds.

Nous avons également procédé à une détection des communautés d'usagers en vue d'identifier les différents groupes ayant contribué à la circulation de l'article (Figure 2). Nous distinguons ainsi 8

communautés d'usagers majeures s'articulant autour de comptes centraux. Une première communauté représente un grand groupe d'usagers ayant retweeté ou mentionné le compte @sciencemagazine (*Science*). Une seconde communauté s'articule autour du compte de l'auteur principal de l'article @jetkerr (Jeremy Kerr). Les autres communautés au sein de la composante principale s'articulent ensuite autour du compte @uottawa (UOttawa) en plus des ressources de communication de la AAAS, du compte de l'auteur @leifr7 (Leif Richardson) et du compte @mattashardlow (Matt Shardlow) - directeur exécutif de Buglife, un organisme consacré à la conservation des insectes et basé à Peterborough au Royaume-Uni. Les trois autres communautés représentent les groupes distincts identifiés précédemment, organisés autour des comptes @cechr_uod (CECHR), @b_strawbridge (Brigit Strawbridge) et @agricpolicy (Guy Gagen).

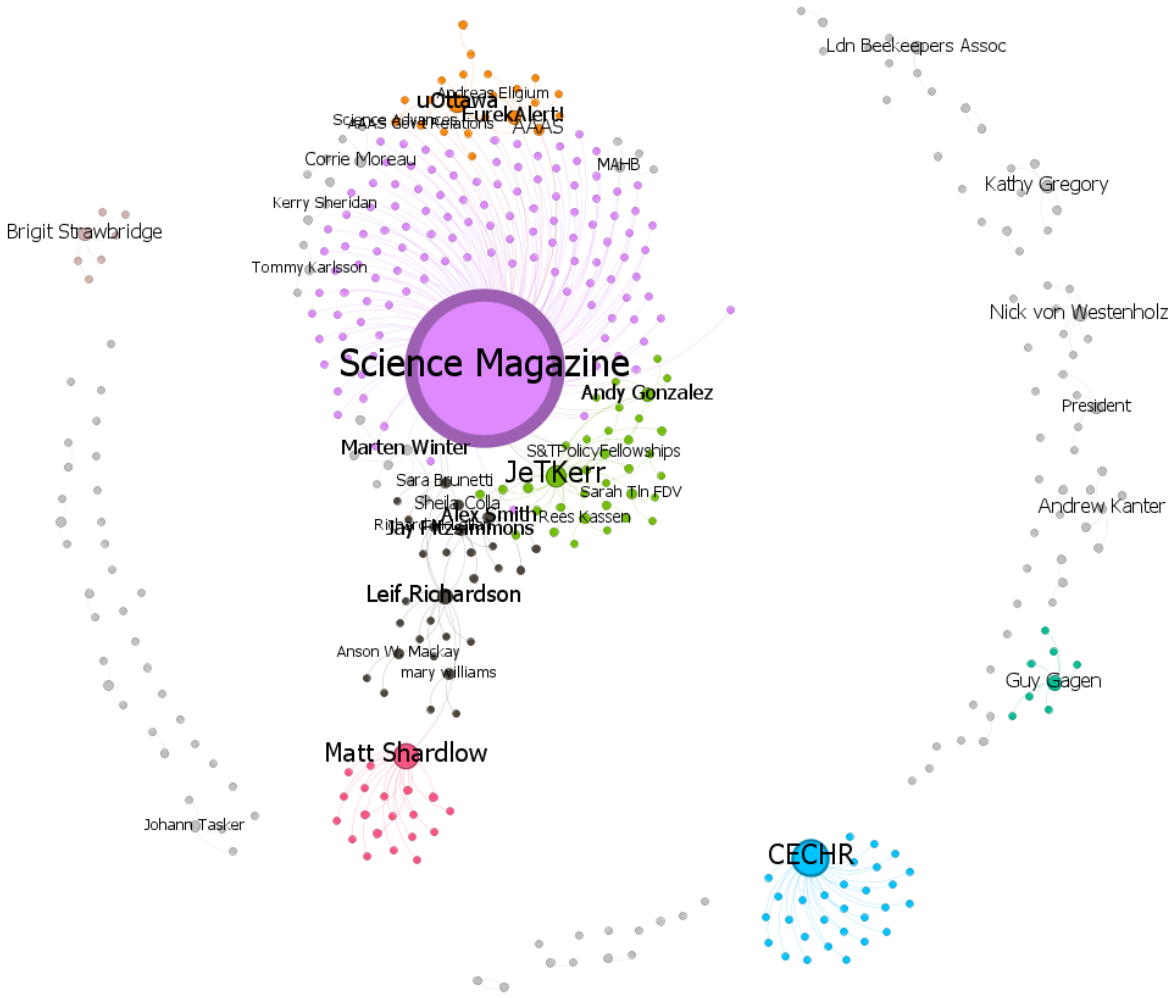


Figure 5-2 : Réseau de circulation et communautés de partage de l'article « Climate change impacts bumblebees across continents » sur Twitter au moyen des retweets et des mentions.

La couleur des nœuds représente les différentes communautés identifiées au moyen du coefficient de modularité (Louvain). La taille des nœuds représente le nombre de retweets ou de mentions reçues. Seuls les usagers ayant reçu au moins trois liens sont identifiés par leur nom d'usager. La visualisation a été effectuée au moyen du logiciel Gephi en utilisant une spatialisation Yifan Hu combinée à un ajustement des étiquettes et un déchevauchement des nœuds.

Afin de mettre en récit la circulation de l'article, nous avons ensuite procédé à une analyse de la tonalité et du contenu des tweets combinée à un entretien avec soutien visuel – le réseau de circulation de l'article – auprès de son premier auteur (Dubois et Ford, 2015 ; Gallant *et al.*, 2015 ; Gallant *et al.*, 2020 ; Latzko-

Toth *et al.*, 2017 ; 2020). L'analyse de la tonalité et du contenu des tweets a été effectuée au moyen de la plateforme web de l'Espace de recherche et d'expérimentation sur les usages numériques (Espace UN) – un exemple de fiche est disponible dans le matériel supplémentaire de l'article. L'analyse des tweets a consisté au codage manuel du ton employé, par exemple s'il s'agit d'un tweet neutre ou descriptif – par exemple une reprise du titre de l'article –, positif – par exemple pour féliciter les auteurs et autrices – ou encore alarmé – par exemple pour mettre l'accent sur le problème que représente la disparition des populations de bourdons. Ensuite, l'analyse du contenu des tweets a consisté en une description manuelle visant à faire ressortir les thèmes abordés, les procédés employés, le rôle des usagers interpellés, ou encore la manière dont l'article est mobilisé par les usagers, le cas échéant.

Pour mener l'entretien, nous avons d'abord conçu un guide d'entretien semi-dirigé axé dans un premier temps sur le contexte de l'étude, puis de sa communication, à la fois dans le cadre de la campagne de presse menée par l'AAAS et l'Université d'Ottawa ainsi que sur Twitter. Une partie de l'entretien a été conçue de manière à montrer les réseaux de circulation de tweets à la personne rencontrée afin d'en faire une lecture conjointe des événements qui ont pu participer à sa réception et son partage actif auprès de différentes communautés d'usager. À cet effet, une visualisation du réseau de retweets et de mentions, minimalement documenté afin de ne pas guider les réponses de l'entretien, a été envoyée à la personne rencontrée. Un seul entretien a été mené et enregistré au moyen de la plateforme Zoom auprès de l'auteur principal de l'étude, l'acteur le plus central dans sa production et sa communication. L'entretien a duré une heure, puis a fait l'objet d'une transcription. Une analyse conjointe par deux membres de notre équipe de recherche a visé à mettre en lumière les grandes observations issues de l'entretien en ce qui a trait aux pratiques et stratégies de communication de l'article. L'analyse des tweets et de l'entretien a fait jaillir des points marquants de la diffusion de l'article sur Twitter, en plus de mettre en valeur la manière dont ces événements ont pu contribuer à sa résonance selon les différentes communautés touchées.

5.7 La mise en récit de la diffusion de l'article sur Twitter

Le premier tweet incluant un lien vers l'article a été publié par @leifr7 (Leif Richardson), un co-auteur de l'article et chercheur postdoctoral à l'University of Vermont au moment de sa publication, à 18h07 le 9 juillet 2015. Ce tweet, repris d'une part par des naturalistes amateurs comme @wurflenii et d'autre part par le compte institutionnel @gundinstitute (Gund Institute for Environment) de l'University of Vermont et celui de son directeur @stephen_posner (Stephen Posner), soulignait la parution de l'article le jour même.

Une circulation importante de l'article s'est ensuite articulée autour des tweets de la revue *Science* elle-même et des services de relations publiques de la AAAS. L'entrevue a également fait ressortir l'implication majeure de la campagne de presse organisée par la AAAS pour faire mousser l'article, conduisant à plusieurs apparitions médiatiques ainsi qu'à une visibilité importante sur Twitter.

> « […] Twitter was good to get the message out, but the thing that really catalyzed it all was that the AAAS decided they would do a really organized press event around the paper, and so they flew here […] and organized a big international press conference on campus ».

> « Otherwise, it was going to be another, you know, kind of a meaningful discovery published in a high profile journal but whose splash was very short. […] Twitter can amplify it in that way, but the nucleus of it was, I think, that Science did the press conference ».

Le service de relations publiques des revues associées à *Science*, @scipak, a publié un premier tweet à 18h18 le 9 juillet 2015, mentionnant les comptes @sciencemagazine et @UOttawa. S'en est suivi un tweet de @sciencemagazine soulignant la principale conclusion de l'étude – « Bumblebee ranges are shrinking thanks to climate change » - et utilisant le mot-clic #free visant à mettre en valeur l'accès gratuit à l'article. Ce tweet a suscité 76 retweets provenant de comptes représentant autant des scientifiques (@ameurcherif, @ktsainsbury1) que des professionnelles et professionnels (@clay_comstock) et des personnes du grand public (@stephenwaldron). L'implication de la AAAS, l'association derrière la revue *Science*, s'est poursuivie le 9 juillet par des tweets provenant des comptes @AAAS_SRHRL à 19h25, @AAASFellowships à 19h26, @AAAS à 19h28 et @ScienceAdvances à 19h31, tous présentant une structure similaire visant à attirer l'attention tout en mentionnant à nouveau les comptes @sciencemagazine et @UOttawa – « Why are we losing bumblebees? @ScienceMagazine @UOttawa […] explains ». Le travail de la AAAS se poursuit sur plusieurs jours, par exemple par un tweet de son service de nouvelles @eurekalert (EurekAlert!) le lendemain et un nouveau partage de @sciencemagazine le 15 juillet, une semaine plus tard. Ce dernier tweet suscite également un grand volume de retweets.

En parallèle, les comptes @alex_smith_ants (Alex Smith) – professeur en écologie moléculaire à l'Université de Guelph, travaillant notamment sur la distribution latitudinale et altitudinale des insectes – et @matteashardlow attirent une certaine attention. Dans le premier cas, @alex_smith_ants publie un tweet à 19h19 présentant une vidéo, préparée par l'Université York, d'une co-autrice, Sheila Colla, et d'un co-auteur, Laurence Packer, consacrée au rôle des collections d'histoire naturelle (#NatHist) dans la rédaction de l'article. Le tweet mentionne également les auteurs @jetkerr et @leifr7, en plus de susciter l'attention de Ian King, chercheur postdoctoral à l'Université de Guelph en 2015 avant de devenir

conseiller scientifique au Gouvernement du Canada. Dans le second cas, le tweet de @matteashardlow, publié à 19h25, prend un ton plus alarmé, soulignant que les bourdons ne parviennent pas à survivre au changement climatique. Par le fait même, le tweet met l'accent sur un procédé développé par Buglife, les B-Lines, dont l'objectif consiste à organiser des réseaux de fleurs sauvages, recréant ainsi des habitats propices aux insectes pollinisateurs. La publication de ce tweet a contribué à créer une communauté distincte dans le réseau de circulation de l'article, composée notamment d'entomologistes, d'écologistes et d'usagers mobilisés autour des enjeux de conservation (en rouge dans la figure 2).

Les tweets ont continué de s'accumuler dans les heures suivant le premier tweet alors qu'une attention se développe autour du travail de différents auteurs. D'abord, @bio_diverse – Andy Gonzalez, professeur à l'Université McGill et co-directeur du Centre de la science de la biodiversité du Québec – publie un tweet à 20h17 soulignant la conclusion principale de l'article en mentionnant le travail de @jetkerr. Le tweet est ensuite repartagé par différents collègues biologistes. Quelques minutes plus tard, @jayfitzsy – Jay Fitzsimmons, biologiste au sein du Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario – partage également un tweet mettant en valeur la conclusion voulant que l'habitat des bourdons se déplace en lien avec les changements climatiques, tout en félicitant plusieurs autrices et auteurs tels que @alanapindar (Alana Pindar), @pgalpern (Paul Galpern), @jetkerr, @sheilacolla (Sheila Colla) et @leifr7.

À 00h46 le 10 juillet 2015 un tweet de @reeskassen – Rees Kassen, professeur de biologie à l'Université d'Ottawa et également spécialiste des enjeux de conservation de la biodiversité – souligne par l'image que les « bourdons se sentent coincés par les changements climatiques » (« Bumblebees feeling squeezed by climate change. Imp new study by @jetkerr »), mettant l'accent par le fait même sur l'importance de l'étude menée par @jetkerr. Ce tweet sera également le premier partage de @jetkerr à 00h46, auquel suivra trois autres retweets des professeurs Andy Gonzalez et Alex Smith ainsi que du compte @AAASFellowships – compte représentant des stagiaires en politique scientifique à la AAAS.

Le travail des médias fait également son œuvre, alors qu'à 01h27 le média @westernproducer, établi au Canada et spécialisé dans les questions agricoles, adresse une réponse à @davidkucher, un usager travaillant dans le milieu agricole. Durant la journée du 10 juillet, le professeur @alex_smith_ants publie quant à lui un second tweet mettant l'accent sur une entrevue de la journaliste @susanbonner (Susan Bonner) de @cbcasithappens avec @jetkerr.

Le 10 juillet 2015, une part importante des tweets provient de comptes établis en Europe, tels que @pckjaergaard – Peter C. Kjærgaard, professeur d'histoire évolutionnaire à l'University of Copenhagen et directeur du musée d'histoire naturelle du Danemark – @readingurbpolls – Urban Pollinators, équipe de recherche sur les pollinisateurs urbains à l'Université de Reading – et @londonbeekeeper – Ldn Beekeepers Assoc, compte d'une association londonienne des apiculteurs. Une communauté d'usagers représentant différentes personnes et organisations du secteur de la production agricole en Europe repartage notamment un tweet de @nvonwestenholz – Nick von Westenholz, chef exécutif de la Crop Protection Association à Peterborough au Royaume-Uni – tandis qu'une autre communauté se regroupe autour d'un tweet de @agricpolicy – conseiller directeur en production agricole à la National Farmers' Union (communauté en turquoise autour de Guy Gagen dans la figure 5-2). Notons que plusieurs des comptes sont centraux aux communautés qui se développent à l'extérieur de la composante principale du réseau de circulation de l'article sur Twitter.

La circulation de l'article ralentit considérablement à compter de 16h00 le 10 juillet 2015, passant de plus de 5 tweets à l'heure à environ 3 tweets, rythme qui ralentira encore le lendemain à au plus un tweet par heure. Parmi les tweets suscitant le plus d'attention, @alanhlockwoodmd – professeur en neurologie à l'Université de Buffalo – relaie l'information à cinq antennes de Physicians for Social Responsability (PSR), une organisation dont il est directeur. Dans l'ensemble des tweets publiés entre le 9 et le 15 juillet 2015, le ton est soit neutre – en mentionnant le titre de l'article ou en reformulant directement sa conclusion principale -, soit plutôt alarmé, reconnaissant les effets néfastes posés par les changements climatiques en plus des pesticides et néonicotinoïdes sur les populations de pollinisateurs.

La circulation de l'article connaît un regain d'activité le 1er août 2015 suite à un tweet de @cechr_uod, une initiative de l'University of Dundee visant à encourager la recherche interdisciplinaire sur les changements environnementaux. Le tweet relayant le titre de l'article a fait l'objet de 29 retweets effectués par des comptes représentant un large éventail d'usagers, en particulier des personnes et des organisations œuvrant à la résilience environnementale. Ce tweet a pu contribuer à créer une communauté en marge du groupe principal au sein duquel circule l'article, attirant l'attention sur l'article auprès d'un public qui aurait pu ne pas être touché autrement (en bleu dans la figure 5-2). Le potentiel de Twitter pour rejoindre de nouveaux publics a d'ailleurs été mis de l'avant dans l'entretien que nous avons mené avec l'auteur.

> « Twitter probably served a really important amplification purpose there, and also because of its networking function reached into places where we could just never have thought to go, you know, all over the place. »

L'article est également partagé par des usagers sensibles aux questions environnementales en vue d'attirer l'attention de dirigeants politiques. Ainsi, le 10 juillet 2015, @kevinjcoleman7 apostrophe @danarohrbacher – représentant républicain au Congrès américain – en mettant l'accent sur le fait que plusieurs colonies d'abeilles sont en disparition. Bien que l'article ne circule que parcimonieusement à partir du mois d'août 2015, il continue d'être mobilisé au sein de discussions sur Twitter. Il est notamment mobilisé par @jetkerr dans une conversation avec des collègues professeurs en écologie @bio_diverse, @beckyck et @nickmhaddad sur la manière de conduire certaines analyses. Il est également partagé afin d'attirer l'attention sur la nécessité d'une action décisive face aux changements climatiques. Le partage de l'article contribue également à la formation tardive d'une communauté d'usagers autour des tweets de @b_strawbridge, une figure semi-publique au Royaume-Uni et amatrice des abeilles, et de ceux de @perkins58 (Gill Perkins), à la tête du Bumblebee Conservation Trust, le 6 octobre 2016. Finalement, en janvier 2017, d'autres usagers mentionnent les comptes @potus du président américain Donald Trump et @lamarsmithtx21, élu républicain à la Chambre des représentants du Congrès américain.

5.8 Discussion : La résonance sur Twitter d'un article de recherche sur la disparition des bourdons

La démarche exploratoire proposée dans cette étude considère la mise en récit comme une approche pertinente pour décrire la circulation d'un article scientifique sur Twitter et ainsi appréhender l'attention qu'il suscite en ligne. L'approche que nous avons déployée repose sur la complémentarité de trois méthodes – l'analyse des réseaux de retweets et de mentions de l'article, l'analyse qualitative des tweets et un entretien avec l'auteur de l'article – afin d'examiner les différentes couches permettant de reconstruire la circulation de l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents ». Dans le cas de l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents », nous avons ainsi pu observer le rôle structurant joué par la AAAS et la revue *Science*, tant au plan de la couverture médiatique que sur Twitter, la participation active de certains auteurs, l'implication d'usagers clés pour organiser le partage de l'article auprès de certaines communautés ou entre certains usagers, ainsi que la formation de certaines communautés bien définies autour de certains usagers. En outre, bien que la majorité des tweets incluant un lien vers l'article ont été publiés dans les premiers jours suivant sa publication, celui-ci a continué à avoir une résonance conséquente à plus long terme, au moins un an après sa publication et encore davantage pour certains tweets. La finalité des tweets tardifs change

également, mettant un plus grand accent sur la responsabilité politique et la résilience environnementale en lien avec le déclin des pollinisateurs et l'action climatique.

Le rôle structurant joué par la AAAS et la revue *Science* a eu un effet important sur la circulation de l'article sur Twitter. La campagne de presse organisée pour souligner la publication de l'article a été un levier pour la diffusion de l'article, comme en témoignent la couverture médiatique importante et l'important volume de tweets suscités par l'article, en particulier les retweets du compte @sciencemagazine. D'autres usagers ont d'ailleurs utilisé cette couverture médiatique (le professeur @alex_smith_ants par exemple) pour faire « mousser » le partage de l'article autour des auteurs et autrices. Ces constats réaffirment le rôle clé des médias et des relations de presse pour structurer la communication de la recherche. Bien qu'il ne soit pas possible de savoir ce qu'aurait été le partage de l'article sans l'effet levier de la campagne de presse, on peut faire l'hypothèse que celui-ci aurait significativement moins circulé. Des recherches futures pourraient chercher à approfondir notre compréhension des liens entre la couverture médiatique et le partage d'un article sur Twitter.

Comme l'auteur l'a souligné lors de l'entretien, l'utilisation de Twitter a pu amplifier la circulation de l'article et contribuer à l'organiser autour de communautés bien définies. On observe en effet des communautés plus importantes qui se sont constituées autour de quelques usagers clés : @sciencemagazine, @uottawa et les comptes de l'AAAS du côté des institutions, @jetkerr (le premier auteur de l'article), @leifrichardson (un autre de l'article), @matteashardlow (directeur de Buglife), @cechr_uod (initiative en résilience environnementale de l'University of Dundee), @b_strawbridge (amatrice des abeilles) et @agricpolicy (conseiller agricole). D'autres communautés sont organisées autour de groupes ou d'intérêts spécifiques, rassemblant, en l'occurrence, des amies et amis, collègues des autrices et auteurs, des scientifiques travaillant sur des thèmes reliés à la macroécologie, les pollinisateurs ou la conservation écologique, des professionnels de la production agricole – surtout en Europe -, des environnementalistes et des amateurs soucieux de l'environnement, ainsi des organisations de protection de l'environnement ou des pollinisateurs. Finalement, l'article a servi plusieurs finalités sur Twitter, par exemple mettre l'accent sur le caractère alarmant de la disparition des pollinisateurs et le rôle éventuel des changements climatiques, proposer des solutions pour protéger les pollinisateurs ou encore interpeller certains représentants politiques.

La démarche proposée dans cette étude a toutefois ses limites. D'abord, la mise en récit a porté sur un article dont la résonance médiatique, tant hors ligne qu'en ligne sur Twitter, est spécifique. Ce faisant elle n'est valide que dans le contexte précis de circulation de cet article. La méthode de la mise en récit demeure cependant applicable à l'ensemble des articles scientifiques. Par ailleurs, la mise en récit se base sur une lecture subjective de l'importance accordée à certains événements. En raison de cette caractéristique, la lecture des événements varie nécessairement selon les personnes, que ce soit en raison de ce qui motive l'examen de la circulation de la recherche ou une connaissance plus fine du contexte de publication et de communication des articles. En ce sens, le caractère subjectif de la méthode appliquée peut aussi être une force afin de faire ressortir des éléments significatifs en regard de la circulation des articles, particulièrement de la part des personnes directement impliquées. En outre, la mise en récit de la circulation d'un article sur Twitter ne permet pas d'appréhender son impact à proprement parler, mais agit comme un outil susceptible de guider les chercheurs et les chercheurs à examiner la résonance que connaît leur recherche dans la sphère publique.

Par ailleurs, nous n'avons pu faire qu'un seul entretien avec l'auteur principal. Or, cet aspect de la méthode pourrait bénéficier d'entretiens additionnels avec d'autres autrices ou auteurs impliqués dans la publication de l'article ou avec des personnes impliquées dans sa communication (par exemple le personnel de communication de l'éditeur) ou encore avec des usagers ayant joué un rôle important dans sa circulation sur Twitter. Parmi les pistes considérées, mentionnant des entretiens avec des usagers représentant certains groupes afin d'en apprendre davantage sur leur position et leurs intérêts à propos des articles partagés. Dans cette étude, nous avons également exploré l'utilisation de visuels sous la forme des réseaux de retweets et de mentions lors des entretiens afin d'en faire une lecture conjointe avec la personne rencontrée. Comme l'ont démontré de précédentes études portant notamment sur les pratiques en ligne, l'utilisation de supports visuels lors des entretiens permet de mener une démarche de coanalyse avec les sujets enquêtés, ce faisant enrichissant les éléments contextuels et les significations mises en valeur au travers de l'étude (Dubois et Ford, 2015 ; Gallant *et al.*, 2015 ; Gallant *et al.*, 2020 ; Latzko-Toth *et al.*, 2017 ; 2020). Dans le cadre de cette étude, l'utilisation de réseaux sans clés de lecture préalable a mis en lumière certains défis associés à ce type de visualisation. En effet, bien que l'entretien ait permis de mieux comprendre le contexte de production et de communication de l'article étudié, la section mobilisant la visualisation de réseau n'a que peu contribué aux observations qui font l'objet de cette mise en récit. Parmi les pistes considérées pour de futurs entretiens, mentionnons le découpage du réseau en différentes sections ou une documentation plus soutenue qui serait envoyée à la personne rencontrée,

l'objectif étant de mettre l'accent plus directement sur des aspects considérés importants de la circulation de l'article. Une autre piste pourrait consister à combiner ces réseaux avec des la visualisation de publications effectuées par les personnes rencontrées.

La démarche que nous proposons dans cette étude a permis d'avoir une lecture plus contextualisée et située des traces de circulation d'un article sur Twitter. En ce sens, l'analyse de contenu des tweets, l'analyse des réseaux de partage de l'article et des entretiens servent de base à la constitution d'une mise en récit à travers laquelle on peut observer directement la résonance d'un article auprès de groupes d'usagers distincts, en plus de présenter ces observations sous une forme qui peut être découpée en différents moments importants selon les intérêts des chercheuses et chercheurs qui souhaitent observer l'attention que suscitent leurs travaux. En ce sens, elle apporte un éclairage complémentaire aux méthodes bibliométriques traditionnelles, en particulier en ce qui concerne les altmétriques à travers lesquelles on constate la difficulté de rattacher les traces observées à des phénomènes précis. La méthode proposée permet donc de dresser un portrait de la résonance que peut avoir un article sur Twitter, et ainsi aider les chercheuses et les chercheurs à cibler des aspects de la circulation de leurs travaux sur lesquels ils souhaitent mettre l'accent, que ce soit pour l'évaluation de la recherche ou l'engagement avec des communautés spécifiques.

5.9 Conclusion

Cette étude explore le potentiel de la mise en récit pour décrire finement la circulation de documents savants sur Twitter à travers le cas de l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents ». Notre hypothèse était que la mise en récit, basée sur la triangulation de méthodes complémentaires, permet d'examiner plus en détail la résonance de la recherche sur Twitter, par exemple en mettant l'emphase sur des événements importants ou des groupes d'usagers pertinents. En déployant une analyse du réseau de circulation de l'article, une analyse qualitative du contenu des tweets et un entretien avec l'auteur de l'article, nous avons observé le rôle structurant joué par la revue *Science* et la AAAS dans la communication de l'article, d'abord par l'entremise d'une importante campagne de presse. En outre, l'utilisation de Twitter a permis d'amplifier la circulation de l'article auprès de certains groupes, comme des groupes amateurs s'intéressant aux abeilles ou des milieux professionnels dédiés à la production agricole. L'article a également été mobilisé de plusieurs manières, tant pour susciter l'intérêt sur la recherche que pour sensibiliser sur la disparition des pollinisateurs.

La démarche de mise en récit permet d'approfondir la recherche sur les altmétriques et la circulation de la communication savante sur les médias sociaux en mettant de l'avant une approche qualitative complémentaire aux approches traditionnelles quantitatives. En effet, en observant en détail la circulation d'un article sur Twitter, la démarche proposée contribue au développement d'une approche pour comprendre la signification des traces laissées par la recherche en contexte numérique, notamment en considérant le contexte de production et de communication des articles ainsi que les différents groupes d'usagers qui peuvent partager un article. À l'intérieur des limites et des contraintes de la démarche, cette approche permet d'appréhender plus finement l'éventuelle résonance de la recherche sur les médias sociaux en offrant un éclairage sur les contextes de circulation des documents savants. En outre, cette approche ouvre de nouvelles pistes de recherche, par exemple sur le rôle des médias dans la circulation des travaux scientifiques, la création d'une typologie des différentes significations que l'on peut accorder aux traces de la recherche sur les médias sociaux, ou encore l'approfondissement des notions d'attention et de résonance dans le cadre de la communication publique de la recherche.

5.10 Remerciements

Cette recherche a reçu un soutien financier du Conseil de recherche en sciences humaines (CRSH) – Bourse d'études supérieures du Canada Joseph-Armand-Bombardier et subvention Savoir « Understanding the Societal Impact of Research Through Social Media » dirigé par Juan Pablo Alperin – et du Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST). Nous soulignons également les contributions de l'Espace UN (analyse de données), de l'Observatoire des sciences et des technologies (OST) et de la Chaire de recherche du Canada sur les transformations de la communication savante (collecte de données).

CHAPITRE 6
DISCUSSION

Dans ce chapitre, je procède à la discussion des résultats présentés dans les chapitres précédents en relation avec la démarche de travail et la revue de littérature de la thèse. Je reviens d'abord sur la question générale de la thèse et je présente une synthèse des éléments de réponse apportés par la recherche aux différentes sous-questions qui ont guidé les trois articles de la thèse. Je discute ensuite plus spécifiquement sur les éléments et les pistes soulevés pour observer l'attention publique envers la recherche, particulièrement les implications pour communication savante et l'évaluation de la recherche, ainsi que sur les apports et limites de la stratégie méthodologique employée pour comprendre la résonance des articles scientifiques sur les médias sociaux. Je présente finalement quelques pistes soulevées par les résultats de ma thèse à travers leur articulation avec les limites de la présente recherche.

6.1 La résonance sur Twitter de la recherche sur les changements climatiques

L'objectif principal de ma thèse était d'observer comment certaines traces laissées sur Twitter par les articles scientifiques portant sur les changements climatiques témoignent de leur attention et leur résonance à partir des usagères et des usagers qui les partagent. Ce faisant, ma thèse aspire à mieux comprendre et théoriser les phénomènes les phénomènes d'attention publique envers la recherche en contexte numérique. Plus précisément, la question principale qui a guidé ma thèse est la suivante :

> **Question principale :** Comment la circulation sur Twitter d'articles de recherche à propos des changements climatiques participe-t-elle à la résonance de ces savoirs ?

À travers une méthodologie mixte en trois volets visant à examiner la circulation de la recherche à travers différentes échelles, passant d'une perspective macro sur un grand volume d'articles à une perspective micro détaillant la circulation d'un article spécifique, ma thèse s'inscrit dans un courant de recherche récent sur les transformations de la communication savante en contexte numérique, dont l'objectif est de contextualiser, plutôt que de mesurer, le processus de diffusion des articles de recherche. Cette contextualisation passe notamment par une intégration accrue de méthodes qualitatives dans un champ plus traditionnellement porté vers les méthodes quantitatives. Haustein (2019) a soulevé cinq dimensions pour documenter les contextes de circulation de la recherche sur Twitter, soit 1) qui partage les articles ; 2) qu'est-ce qui est partagé ; 3) comment est-ce partagé ; 4) quand est-ce partagé ; et 5) où est-ce partagé.

Tout en intégrant des éléments relevant des quatre dernières dimensions, comme la temporalité des tweets (quand est-ce partagé) ou l'utilisation des retweets et des mentions (comment est-ce partagé et où), ma thèse a porté principalement sur la première dimension – qui – dans la mesure où la compréhension sociale et sémantique des communautés d'usagères et d'usagers et de leurs interactions vise à mieux comprendre le processus de communication de la recherche dans la société, notamment pour en observer « l'impact ». La notion d'impact social de la recherche reste toutefois à définir plus précisément dans le contexte de l'examen des traces laissées par la recherche sur les médias sociaux, et c'est pourquoi l'on considère les traces de la recherche davantage comme des indicateurs d'attention plutôt que d'impact (Fecher et Hebing, 2021 ; Haustein *et al.*, 2016a ; Holmberg *et al.*, 2019). Dans le cadre de ma thèse, je considère l'attention comme un élément observable de la résonance entre les usagères et usagers impliqués dans le partage d'articles savants et les connaissances scientifiques qui en découlent, c'est-à-dire une relation de réponse en fonction des mondes d'appartenance des usagères et usagers impliqués, tant en fonction de caractéristiques sociales que sémantiques (Rosa, 2018). À travers la notion résonance, on peut en outre s'intéresser plus avant aux usages et aux pratiques partant du partage de publications savantes en ligne, constituant ainsi une fenêtre sur ce qui est fait des articles scientifiques à l'extérieur du monde académique. Je prends ainsi d'abord appui sur une définition de l'attention publique envers la recherche et de l'impact social qui serait spécifique à chaque publications savantes ou objets de la recherche en considérant l'influence que peuvent avoir ces documents à l'extérieur des communautés savantes (Holmberg *et al.*, 2019). Afin d'aller plus loin, j'ai considéré l'impact social dans une perspective de résonance auprès de communautés d'usagères et d'usagers ayant des intérêts et des positions particulières dans l'écosystème socioscientifique, par exemple selon qu'elles sont composées de membres d'organisations professionnels dans le secteur agroalimentaire, de professeures ou professeurs travaillant sur la macroécologie ou bien d'activistes pour la protection environnementale. Dans le cadre de ma thèse, la résonance que peuvent entretenir les usagères et les usagers se basent donc largement sur ce qu'elles et ils choisissent de présenter sur Twitter ainsi que sur leurs interactions, leur comportement et leur position auprès des autres comptes ayant partagé les articles. Inspirée partiellement de la conception qu'en fait plus largement Hartmut Rosa (2018), j'ai donc conçu la résonance comme un moyen de documenter plus finement « l'impact social » des articles scientifiques en s'intéressant aux communautés impliquées dans leur partage à travers les traces laissées sur les médias sociaux. En s'intéressant à ces communautés, nous sommes en mesure d'obtenir une fenêtre sur la relation entre les usagères et usagers de Twitter et les articles scientifiques qu'elles et ils partagent. Cette fenêtre permet en outre d'aller au-delà des métriques de « l'impact social » pour considérer comment cet impact se manifeste concrètement,

permettant éventuellement de mieux outiller les chercheuses et chercheurs souhaitant travailler de manière concertée avec certains des groupes représentés dans l'analyse.

Afin de documenter la circulation des articles étudiés dans le cadre de ma thèse, j'ai d'abord procédé à l'analyse des descriptifs (bios) Twitter des comptes ayant partagé des articles scientifiques sur les changements climatiques afin de les catégoriser en grands groupes selon leur statut en relation avec le monde académique et professionnel (Toupin *et al.*, 2022). J'ai ensuite procédé à l'analyse des réseaux de retweets et de mentions entre les comptes ayant partagé dix des articles les plus populaires de mon corpus, notamment afin de mieux comprendre les interactions entre milieux scientifiques et non-scientifiques pour la circulation de la recherche (article soumis). Finalement, j'ai mis en œuvre une méthode exploratoire basée sur la mise en récit de la circulation sur Twitter d'un article scientifique à travers ses tweets et un entretien auprès de l'auteur principal afin d'examiner plus finement les différentes communautés impliquées dans la circulation de l'article (article soumis). Je reviens dans les prochaines sections sur les résultats et la démarche de ces trois articles afin de présenter leurs retombées respectives.

6.1.1 Retour sur le premier article : les comptes impliqués dans le partage des articles scientifiques sur Twitter

Dans le premier article de la thèse, j'ai procédé à l'analyse des descriptifs Twitter des comptes ayant partagé un ou plusieurs liens vers un des articles qui composent le corpus de ma thèse (article publié: Toupin *et al.*, 2022). Cette analyse avait pour but de produire une catégorisation générale des usagères et usagers selon qu'elles ou ils s'identifient au monde académique, à la communication, au monde politique, au monde professionnel, à des intérêts personnels, à une organisation ou à un éditeur scientifique, tout en déployant cet outil pour reconnaître certains comptes automatisés. Pour ce faire, j'ai recouru à la fois à une analyse qualitative du corpus et à une analyse automatisée par détection d'expressions régulières dans les descriptifs. L'usage des deux méthodes avait pour but d'appuyer mutuellement les résultats de l'une et l'autre, à la fois en amont et en aval de la sortie des résultats de l'analyse automatisée pour ainsi valider le potentiel de la méthode. Les résultats de la recherche montrent que bien que les usagères et les usagers identifiés au monde académique soient les plus présents du point de vue de la circulation de la recherche sur Twitter, les autres groupes occupent également une place importante avec des variations significatives selon les articles.

Plusieurs méthodes ont été développées dans différentes études pour catégoriser les comptes qui partagent des articles scientifiques sur Twitter. Ces méthodes ont typiquement recours à des analyses

textuelles (Carlson et Harris, 2020 ; Côté et Darling, 2018 ; Vainio et Holmberg, 2017 ; Walter *et al.*, 2019), comme celle utilisée dans le cadre de ma thèse, des analyses de communautés au sein de réseaux (Araujo, 2020 ; Arroyo-Machado *et al.*, 2021 ; Mongeon, 2018) ou encore des analyses en fonction de l'activité sur Twitter (Díaz-Faes *et al.*, 2019). Dans le cadre de ma thèse, j'ai privilégié l'utilisation d'une méthode par dictionnaire et détection d'expressions régulières afin de pouvoir mettre en oeuvre une méthodologie qui soit suffisamment simple à déployer à plus grande échelle, flexible selon les objectifs de recherche et transparente dans ses différentes composantes. En outre, j'ai cherché à développer une méthode qui tienne compte du caractère non-exclusif de certains marqueurs d'identification sur Twitter. Par exemple, une usagère peut se présenter à la fois comme professeure et comme parent, recourant ainsi à la fois à des marqueurs identitaires personnels et le reliant au monde académique.

L'objectif de l'article de catégoriser les usagères et usagers impliqués dans la circulation d'articles savants à propos des changements climatiques à travers une typologie qui permettrait de documenter un lien de résonance, par exemple selon si les usagères ou usagers s'identifient au monde académique ou encore des activités professionnelles en lien avec les changements climatiques. À partir de l'examen de la littérature savante employant des méthodes similaires, j'ai choisi les catégories qui me sont apparues les plus signifiantes pour avoir une base de catégorisation, notamment pour distinguer éventuellement des usages éventuels de la littérature scientifique. Par exemple, on peut présumer qu'un article résonnera de manière différente auprès d'un scientifique qui félicitera ses collègues et auprès d'une professionnelle du monde agricole qui voudra appliquer ces connaissances à son milieu. En ce sens, la typologie établie constitue une base théorique sur laquelle partir pour observer la résonance des articles scientifiques sur Twitter (Sandberg et Alvesson, 2021). Bien qu'elle ait été établie à grande échelle dans cet article, les articles subséquents de la thèse ont permis d'affiner le regard poser sur ces catégorisations. En outre, une catégorisation doit être signifiante dans le contexte du phénomène ou des pratiques observées, et c'est pourquoi la typologie de base établie dans cette étude peut ensuite être affinée en fonction des contextes de circulation de la recherche.

Un défi des méthodes de catégorisation porte sur le nombre et l'identification des catégories pertinentes à l'analyse. Ces catégories varient considérablement selon les études et semblent surtout construites en vue de s'adapter aux objectifs spécifiques de chaque recherche (Bex *et al.*, 2019 ; Côté et Darling, 2018 ; Vainio et Holmberg, 2017 ; Walter *et al.*, 2019). En ce sens, il n'y a pas, au meilleur de mes connaissances, de méthode qui soit généralisée pour identifier les usagères et les usagers impliqués dans la

communication savante sur Twitter. Si l'objectif de cet article était d'explorer une méthode qui puisse être éventuellement réutilisée sur d'autres corpus, la méthode traitée dans l'article s'est butée à certains écueils au niveau de certaines catégories. En effet, son potentiel réside dans l'identification de cinq grandes catégories (scientifique, communication, professionnel, politique et personnel), mais j'ai constaté qu'elle n'est pas adaptée pour bien distinguer les individus des organisations ni pour identifier clairement les comptes automatisés, possiblement parce que ces catégories réfèrent à une couche d'information différente et moins bien adaptée à la détection d'expression dans les descriptifs Twitter. D'autres méthodes, basées sur l'analyse de l'activité sur Twitter, seraient mieux adaptées pour identifier les comptes appartenant à des organisations ou pour repérer les contenus automatisés (Bessi et Ferrara, 2016 ; Haustein *et al.*, 2016b ; Haustein et Costas, 2015).

Finalement, comme les recherches sur la circulation de la recherche sur Twitter portent traditionnellement sur l'impact social de celle-ci, une grande place est généralement accordée à l'identification du grand public dans ces études. Dans le cadre de ma thèse, la méthode qui a été développée consistait à examiner la présence de marqueurs identitaires à travers des catégories non-exclusives, dont une catégorie de marqueurs « personnels ». Cette catégorie est associée par exemple à des expressions comme « parent », « chat », « ski », etc., donc des marqueurs qui réfèrent potentiellement davantage à des occupations ou à des intérêts personnels. Ainsi, on pourrait considérer que les comptes identifiés uniquement à la catégorie « personnel » représentent le « grand public », avec certaines précautions puisqu'une chercheuse ou un chercheur peut aussi se présenter à partir de ses intérêts personnels ou encore disposer de comptes distincts pour des activités professionnelles ou personnelles, ce qui pourrait laisser présager qu'un de ces comptes ne soient pas associés à des activités de recherche. En outre, l'identification des catégories « communication », « politique » et « professionnel » permet de tracer un portrait relativement fin de la circulation de la recherche sur Twitter à l'extérieur des communautés savantes.

6.1.2 La construction par les retweets et les mentions des contextes de circulation de la production savante sur Twitter

Ce second article de la thèse consiste en une analyse des réseaux de retweets et de mentions sur dix articles parmi les plus partagés du corpus de la thèse (article soumis). À travers cette analyse, nous visions à cartographier la circulation des articles parmi les comptes ayant activement contribué à leur partage. Pour chaque article, nous avons d'abord présenté quelques observations générales sur la taille et la forme des réseaux de circulation des articles avant de nous intéresser plus spécifiquement à leur temporalité, à

la structure des différentes composantes des réseaux, soit les groupes de comptes interconnectés dans la circulation de chaque article, et aux interactions entre différents groupes. Cette étude a contribué à mettre de l'avant différentes dimensions de la circulation de chaque article individuel, en particulier des particularités qui peuvent éventuellement participer à leur résonance sur Twitter. Notons, par exemple le cas de l'article « Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought » qui a connu un regain de popularité à la suite de tweets d'une usagère potentiellement influente au début de l'année 2017.

L'analyse réseau est une méthode couramment utilisée en bibliométrie. Plus récemment, elle a été mise de l'avant comme une approche intéressante afin de mieux comprendre la circulation de la recherche sur Twitter. Les études ont porté, par exemple, sur la diffusion d'articles scientifiques à travers les réseaux d'abonnés (Alperin *et al.*, 2018), sur l'identification de communautés impliquées dans la communication savante ou encore sur les interactions entre scientifiques et non-scientifiques (Walter *et al.*, 2019). Les analyses de réseaux de retweets et de mentions en ce qui concerne la circulation de la recherche sur Twitter sont encore en émergence, bien qu'au moins une étude ait déployé cette analyse de manière approfondie dans une étude de cas portant sur la circulation d'un article en particulier (Araujo, 2020). En ce sens, la recherche menée dans le cadre de ma thèse contribue à explorer encore davantage cette avenue méthodologique. En particulier, l'analyse que nous avons menée permet de mettre en valeur plusieurs particularités de la circulation des articles scientifiques individuels, fournissant ainsi un outil méthodologique intéressant pour mettre en valeur l'impact social potentiel à l'échelle de l'article.

Parmi les contributions empiriques de l'article, on a donc pu constater que chacun des articles présente des particularités qui peuvent contribuer à sa résonance sur Twitter. En plus de l'article « Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought » qui a abondamment circulé sur Twitter depuis sa publication en 2015, en particulier à l'extérieur des communautés scientifiques à compter de 2017, l'article « Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change » a quant à lui circulé davantage au sein d'une seule communauté fortement connectée, ce qui peut suggérer que les usagères et usagers ayant partagé cet article se connaissent à un certain niveau. Finalement, on note que la participation des usagères et usagers non-scientifiques est aussi variable selon les articles. En général, les scientifiques restent le groupe le plus important et le plus retweeté, bien que certains comptes non-scientifiques tendent également à assumer

des rôles d'intermédiaires dans la communication, comme des organisations ou des professionnels de la conservation ayant une certaine image publique du point de vue de la protection de l'environnement.

Plusieurs pistes de recherche potentielles ont été identifiées au courant de cette recherche afin de mieux comprendre les dynamiques par lesquelles des articles scientifiques peuvent être partagés sur Twitter. Par exemple, la structure des réseaux au niveau de chaque article montre que leur circulation est connectée ou déconnectée à des degrés variables. Si des structures déconnectées au niveau de la circulation d'un même article peuvent témoigner d'une méconnaissance mutuelle entre les usagères et usagers, elle peut aussi être influencée par la méthode de partage des articles. C'est-à-dire que les usagères et les usagers peuvent se connaître sur Twitter sans avoir pris la peine de se retweeter ou de se mentionner, ou bien le partage peut avoir été le produit d'une mise en forme automatisée, par exemple à travers les boutons de partage disponibles via la page web de l'article sur le site de l'éditeur. Ainsi, des recherches futures pourraient porter sur les différentes méthodes ou stratégies de partage employées par les usagères et les usagers contribuant à la circulation d'articles scientifiques sur Twitter. Par ailleurs, l'analyse effectuée dans le cadre de cet article a porté uniquement sur les réseaux de retweets et de mentions. Afin de raffiner notre compréhension de la circulation de la recherche sur Twitter, il serait éventuellement utile d'intégrer d'autres éléments de la communication sur Twitter dans l'analyse, par exemple en superposant les réseaux de retweets et de mentions aux réseaux d'abonnés ou en intégrant davantage d'approches pour l'analyse des mots-clics et des communautés.

6.1.3 La mise en récit de la communication de l'article sur Twitter

Le dernier article de la thèse a porté sur une démarche exploratoire afin de mettre en récit la circulation de l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents » à travers l'analyse de réseaux de retweets et de mentions précédemment développée, l'analyse qualitative des tweets et la conduite d'un entretien avec l'auteur principal de l'article (article accepté). Il s'agissait d'examiner et de décrire le plus finement possible la circulation de l'article sur Twitter en relation avec son contexte de publication et de communication médiatique plus large (Dahlstrom, 2014 ; Hudson *et al.*, 2022). Cette description fine nous a permis d'observer le rôle structurant joué par la revue *Science* pour la communication large de l'article tandis que d'autres comptes ont agi comme des intermédiaires contribuant à rendre l'article visible auprès de certaines communautés. L'analyse des tweets ayant partagé cet article permet en outre d'observer comme celui-ci peut avoir une résonance particulière auprès de certaines usagères et certains usagers.

Bien qu'elle ait certaines limites, notamment en raison de son caractère plus subjectif et plus enclin à privilégier la forme au détriment du fond, la mise en récit m'est apparue comme une approche pertinente pour mettre en relief la résonance de la recherche sur Twitter. Reconstruire le processus de circulation d'un article en m'appuyant sur des traces (les tweets) et un entretien est une approche qui m'a permis de mettre de l'avant des points importants au plan de l'impact éventuel de l'article, comme le rôle joué par certains comptes ou le format de certains tweets visant à promouvoir la contribution des autrices et des auteurs. J'ai observé ainsi que des communautés variées ont été impliquées dans la conversation en raison de tweets spécifiques, comme des responsables politiques ou des communautés, par exemple dans le secteur agricole européen, qui évoluaient à l'extérieur du centre du processus de circulation de l'article. En outre, il est apparu clair que les différentes entités autour de la AAAS et de la revue *Science* ont participé activement à la circulation de l'article, mettant ainsi de l'avant le rôle majeur que peuvent jouer les campagnes de presse pour rendre visibles les articles scientifiques, pourvu que les chercheuses et les chercheurs aient les ressources nécessaires.

Dans cette recherche, j'ai également exploré l'utilisation d'entretiens avec appui visuel auprès des personnes impliquées dans la publication ou la communication de l'article afin de faire ressortir les points saillants de sa communication selon leur point de vue. Cette méthodologie d'entretiens sur traces a notamment été développé dans le cadre des études sur les pratiques en ligne afin de profiter du potentiel des traces laissées par les usagères et usagers sur les médias sociaux pour faire jaillir de nouveaux éléments signifiants de leurs pratiques de communication Dubois et Ford, 2015 ; Gallant *et al.*, 2015 ; Gallant *et al.*, 2020 ; Latzko-Toth *et al.*, 2017 ; 2020). Un seul entretien a finalement pu être conduit, conduisant à faire porter l'analyse davantage sur l'analyse des tweets, mais je souligne le potentiel de cette méthode pour raconter l'histoire communicationnelle d'articles scientifiques en ligne, notamment afin de mieux comprendre certaines dynamiques internes du processus de publication et de communication. En outre, ces entretiens devraient également être conduits auprès des personnes responsables de la stratégie médiatique pour la diffusion des articles. Au plan méthodologique, il faut néanmoins prendre le temps de bien construire les entretiens et le support visuel (Venturini *et al.*, 2021). Dans le cadre de ma thèse, j'ai utilisé des visualisations de réseau conçues lors de l'analyse de retweets et de mentions. Il s'est toutefois avéré que ces visualisations pouvaient être difficiles à lire et interpréter pour la personne interviewée. La personne qui conduit l'entretien devrait tester ce matériel au préalable en plus de cibler certains points saillants de sa lecture de la visualisation de façon à orienter la discussion lors de l'entretien.

La démarche explorée dans cette étude a le potentiel de se déployer à une plus grande échelle. Bien que la démarche proposée ait un caractère subjectif et interprétatif, elle peut être appliquée à un plus grand ensemble d'articles savants ou même à des domaines d'étude afin d'en raconter l'histoire d'un point de vue de résonance, faisant notamment le lien avec des événements sociaux, politiques ou médiatiques importants. En outre, la mise en commun éventuelle de ces récits pourrait permettre d'avoir un regard en profondeur sur les pratiques de communication de la recherche en ligne, notamment afin de mieux en comprendre les répercussions et les relations de réponses entre les différentes entités impliquées. Dans le cadre de ma thèse, mon attention a porté uniquement sur les tweets incluant des liens directement vers l'article étudié (« Climate change impacts on bumblebees converge across continents »). Bien que la mise en récit puisse être une démarche un peu lourde à mettre en oeuvre, il serait intéressant d'y juxtaposer l'analyse de tweets incluant des nouvelles mentionnant l'article, de manière à obtenir un portrait plus large de la résonance médiatique de la recherche sur Twitter, donc sans se limiter à suivre la circulation de l'article lui-même, mais en intégrant des contenus médiatiques y faisant référence. En outre, la relation entre les tweets et les événements médiatiques pourrait être plus finement analysée en considérant le moment de publication, tant dans les organes de presse que sur Twitter, des nouvelles sur la recherche. Ainsi, l'opérationnalisation de la démarche de la mise en récit pourrait être un outil intéressant pour mieux comprendre la mobilisation des connaissances, tant sur le plan de la gestion de la recherche que pour aider les chercheuses et les chercheurs à mieux comprendre l'impact social de leurs travaux.

6.2 L'impact social de la recherche en contexte numérique

Avec l'utilisation croissante des médias sociaux, les traces laissées en ligne par les documents savants ont le potentiel de nous informer sur l'attention accordée envers la recherche à l'extérieur des communautés savantes. Le développement des altmétriques a notamment conduit à la création de nouvelles tendances de recherche visant à considérer la mesure de ces traces comme des indicateurs éventuels de « l'impact social » de la recherche. Si l'on tend de plus en plus à aller au-delà des nombres pour s'intéresser davantage aux contextes de circulation de la recherche en ligne, l'importance de l'évaluation de l'impact social de la recherche se fait aussi de plus en plus saillante, en particulier en ce qui concerne l'administration de la recherche (Fecher et Hebing, 2021 ; Robinson-Garcia *et al.*, 2018). Néanmoins, l'impact social de la recherche apparaît comme un phénomène qu'il ne convient pas de mesurer ou d'évaluer du fait que les retombées de la recherche ont une portée différente selon les disciplines, les objets étudiés, ou encore les communautés ciblées et impliquées.

Dans ma thèse, j'ai cherché à comprendre l'attention publique envers la recherche sur les changements climatiques en m'intéressant au potentiel de résonance des articles savants auprès des différents groupes d'usagères et d'usagers impliqués dans leur partage sur Twitter. La résonance fait référence ici aux rapports entre les documents savants et les usagères et les usagers qui les ont partagés en fonction de la relation au monde que ces derniers entretiennent, c'est-à-dire la manière dont ils agissent éventuellement sur le monde. Cette conceptualisation de l'impact social en termes de résonance se base donc sur le monde d'appartenance des usagères et usagers de Twitter tel qu'il peut être définit en fonction des informations qu'elles et ils présentent aux autres, comme ce qui est inclut dans le descriptif de leur profil ou ce qui est mentionné dans leurs tweets, ainsi que selon leur comportement en ligne, leurs interactions et leur appartenance à une éventuelle communauté d'usagères ou d'usagers ayant des intérêts spécifiques, comme la protection des oiseaux en Europe. En ce sens, la notion de résonance permet de considérer l'attention envers la recherche sur Twitter en fonction des usagères et des usagers qui partagent ces articles en s'intéressant aux usages et aux pratiques qui découlent de la circulation de ces articles savants. Cette perspective invite à aller au-delà de la mesure de l'impact social pour plutôt décrire la circulation effective des articles scientifiques et ses retombées du point de vue des communautés impliquées.

Inspirée des travaux de Rosa (2018), la définition que je fais de la résonance dans le cadre de l'étude de l'impact social de la recherche sur Twitter est partielle puisque je n'ai pas accès au point de vue des usagères et usagers sur le monde, mais seulement à ce qu'elles et ils choisissent de présenter sur Twitter, particulièrement à travers leur descriptif (bios) et leurs interactions, et que j'ai pu utiliser à des fins de recherche. Néanmoins, en décrivant et en examinant la manière dont ces usagers se présentent aux autres et interagissent entre eux, on peut tracer un portrait assez détaillé de la manière dont les articles scientifiques peuvent circuler en ligne, Twitter dans ce contexte particulier. On peut ainsi outiller les chercheuses et chercheurs de même que les professionnelles et professionnels de la mobilisation des savoirs et les organisations de l'action publique afin qu'elles et ils aient un portrait plus précis de la manière dont les savoirs peuvent résonner dans la sphère publique. En outre, cela permettrait éventuellement de mieux cibler les manières de faire en matière de mobilisation des connaissances, un point parfois soulevé par les chercheuses et chercheurs en ce qui concerne l'impact social de la recherche (Fecher et Hebing, 2021 ; Holmberg *et al.*, 2019).

La démarche que j'ai mobilisée consistait à examiner la circulation de la recherche à propos des changements climatiques sur Twitter à travers des changements d'échelle au niveau de l'unité d'analyse,

entre des dimensions qui concernent d'abord la recherche sur les changements climatiques en général et ensuite l'analyse plus fine de la circulation d'articles scientifiques en particulier. À ce titre, l'examen de la résonance de la recherche à travers les traces laissées en ligne s'opère plus efficacement à l'échelle de l'article individuel que sur de grands ensembles d'articles. Ce constat a déjà été établi ailleurs, mais il est d'autant plus pertinent à remettre de l'avant alors que le travail effectué au cours de la présente recherche doctorale met de l'avant le caractère hautement contextuel et particulier de l'attention publique envers la recherche (Araujo, 2020 ; Holmberg *et al.*, 2019 ; Vainio et Holmberg, 2017). En effet, les articles scientifiques individuels circulent sur Twitter parmi des usagères et des usagers ayant des intérêts spécifiques, à un moment précis et en relation avec des facteurs externes qui peuvent moduler l'intérêt qu'on accorde à ces travaux. Par exemple, l'intérêt suscité par l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents » a pu être amplifié en raison du contexte médiatique entourant le déclin des pollinisateurs. Néanmoins, la concordance entre les événements médiatiques, les discours publics et l'intérêt suscité envers les articles restent encore largement à documenter (Melnick *et al.*, 2021).

Par ailleurs, l'examen de l'attention publique envers la recherche dans une perspective de résonance invite à revoir la pertinence des classements et des mesures quantitatives en termes d'évaluation de la qualité des entités de recherche (Gingras, 2014 ; Larivière et Sugimoto, 2018). L'attention croissante envers les traces laissées par la recherche en ligne a des retombées significatives à ce titre puisque les recherches les plus susceptibles d'avoir un « impact social » ou une résonance « forte » tendent à être le fait, soit de groupes jouissant d'un capital scientifique important et publiant au sein de revues savantes majeures, comme *The Lancet*, *Science*, *Nature*, soit de groupes de recherche plus localisés travaillant en partenariat avec des organisations locales et ayant donc des retombées plus localisées. Si la recherche produite par ces deux groupes est tout autant pertinente, la première jouit certainement d'un avantage majeur d'un point de vue de visibilité. Or, il semble que l'évaluation de l'impact social de la recherche conduise à des inégalités significatives à ce titre, alors que les recherches plus localisées, ayant donc des répercussions plus ciblées, sont aussi le fruit d'organisations de recherche ayant moins de ressources que les plus grandes universités, qui sont donc moins en mesure d'offrir ce service à leurs chercheuses et chercheurs (Normand et Latulippe, 2022). Pourtant, les contributions sociales de ces équipes de recherche sont tout aussi importantes, en particulier pour les communautés directement impliquées par ces travaux. En ce sens. Ainsi, la cartographie de la circulation de la recherche est un outil qui gagnerait à être accessible pour ces institutions et ces chercheuses et chercheurs travaillant dans des contextes plus localisés, et donc plus ciblés en termes d'impact social et de résonance. À défaut d'être mesuré, l'examen de la circulation de la

recherche au moyen des traces laissées par les articles scientifiques en ligne me semble surtout pertinent pour aider les différentes parties prenantes, à toutes les échelles, à agir sur le monde.

6.3 Les apports et limites de la stratégie méthodologique pour étudier les pratiques de communication de la recherche sur Twitter

L'objectif principal de ma thèse était d'examiner comment la circulation d'articles scientifiques à propos des changements climatiques sur Twitter peut participer à leur résonance. Afin d'examiner ces dimensions en profondeur, j'ai conçu un devis mixte à la croisée des récents travaux sur l'étude des pratiques numériques et la communication savante sur les médias sociaux, qui m'a permis d'étudier ces phénomènes à travers différents changements d'échelle pour articuler la circulation de la recherche d'un point de vue macro à la circulation d'articles spécifiques d'un point de vue micro. Ce faisant, j'intègre à la fois des volets méthodologiques basés sur l'analyse des données de textes et de réseaux, pour dégager des tendances à partir de grands ensembles de données, et des volets basés sur l'analyse qualitative d'observations effectuées sur de petits ensembles de données, pour décrire en profondeur des pratiques de circulation de la recherche sur Twitter. Alors que les travaux récents visant à contextualiser davantage la circulation des documents savants en ligne cherchent à intégrer davantage de démarches qualitatives, l'articulation de plusieurs méthodes mixtes, en séquence, au sein d'un même devis permet d'approfondir encore davantage la compréhension du phénomène en articulant différents volets de la recherche les uns aux autres de manière compréhensive (Araujo, 2020 ; Fleerackers *et al.*, 2022a ; Robinson-Garcia *et al.*, 2018). Les différentes approches mobilisées dans ma recherche, comme la description des descriptifs (bios) Twitter, l'analyse des réseaux de retweets et de mentions, l'analyse qualitative de tweets et les entretiens avec soutien visuel, s'alimentent mutuellement à chaque étape du processus d'analyse. Le processus de recherche a d'abord pris appui sur un large corpus d'articles scientifiques, de tweets et de comptes pour ensuite raffiner de plus en plus l'analyse de manière à décrire le plus finement possible la circulation d'un article scientifique sur Twitter.

Un défi méthodologique majeur de la recherche sur la communication savante sur les médias sociaux est que l'accès aux données est largement tributaire des finalités commerciales de l'entreprise privée (Marres, 2012). Par exemple, pour avoir accès aux données de Twitter ou aux services d'Altmetric, les personnes ou organisations intéressées doivent débourser des sommes considérables. Ce faisant, l'analyse ou l'évaluation de la recherche demeure principalement entre les mains des organisations qui ont le moyen de s'offrir ces services, contribuant à accentuer certaines inégalités entre institutions de recherche et à

réduire la question de l'impact social ou de la résonance de la recherche à un enjeu administratif. Toutefois, le potentiel d'une stratégie visant à documenter les traces de la circulation de la recherche en ligne, comme celle que j'ai montrée dans cette thèse, tient au fait que ces traces permettraient de montrer la résonance éventuelle des articles scientifiques, agissant ainsi comme des indicateurs pertinents pour les chercheuses et les chercheurs, les plus petites institutions et les organismes communautaires afin de visualiser comment leurs travaux résonnent dans l'espace public (Normand et Latulippe, 2022). Ce constat s'applique d'autant plus aux recherches sur les changements climatiques qui, en plus d'avoir des retombées concrètes pour la société, visent souvent des enjeux locaux sur lesquels peuvent travailler de plus petites équipes de recherche et ayant un potentiel de résonance très forte. En ce sens, bien que cela n'ait pas été un élément déterminant de cette thèse, l'emphase sur l'évaluation de l'impact social de la recherche invite à réfléchir à la fois aux objectifs de celle-ci, mais aussi à qui peut ou devrait accéder aux données qui permettent de procéder à cette évaluation en considérant son potentiel pour les organisations « de terrain ».

Par ailleurs, le recours tout au long de la thèse à une méthodologie mixte séquentielle basée sur plusieurs volets d'analyse s'alimentant mutuellement a permis de documenter de manière approfondie différents aspects de la circulation de la recherche en ligne. Cette démarche s'inscrit au sein de réflexions en cours dans différents champs, qu'il s'agisse de la recherche directement sur les méthodes mixtes, de la recherche en contexte numérique ou de la recherche sur la science de la science, quant au déploiement efficace de ces méthodes (Creswell, 2011 ; Creswell et Plano Clark, 2018 ; Jensen, 2011 ; Marres, 2012 ; Millerand *et al.*, 2020 ; Venturini *et al.*, 2018). Si certaines études proposent de réfléchir aux méthodes en sciences humaines et sociales à l'extérieur d'une dichotomie entre méthodes qualitatives et méthodes quantitatives, proposant plutôt de penser en termes d'adéquation entre les méthodes et les objectifs de recherche, l'intégration de plusieurs méthodes au sein d'un même devis permet d'avoir une vision à plusieurs dimensions d'un même objet d'étude (Bazeley, 2016 ; Creswell, 2011 ; Gobo, 2016). Néanmoins, la possible lourdeur de ces intégrations peut se confronter aux formats et besoins actuels de milieux de recherche qui misent sur de plus courtes publications. En outre, ces devis de recherche demandent davantage de vigilance afin de les garder cohérents d'un bout à l'autre.

Suivant ces considérations, plusieurs avenues de recherche émergent d'un point de vue méthodologique. En plus de s'intéresser aux contextes de circulation des documents savants en contexte numérique, une approche critique permettrait de prendre en considération les enjeux liés à l'accès aux données, en plus

d'interroger les motivations derrière l'évaluation de l'impact social de la recherche. Sur ce plan, ma thèse met de l'avant un pan particulier de la circulation de la recherche en contexte numérique, soit celle qui est visible à travers les tweets partageant un lien direct vers des articles indexés par le Web of Science et disposant d'un identifiant numérique unique avec le DOI. Par ailleurs, plusieurs traces différentes de la recherche peuvent être visibles en ligne ou à l'extérieur des communautés savantes, comme celles mentionnées dans la documentation grise ou dans les événements médiatiques de deuxième ordre (articles de vulgarisation rédigés afin de présenter l'article dans un langage plus accessible). Dans le cas particulier de ces événements de deuxième ordre, ceux-ci ne sont typiquement pas répertoriés par les bases de données altmétriques. Leur collecte comporte des défis particuliers en raison des formats variés de conception web derrière les sites des médias d'information, bien que des bases de données comme Factiva, Overton ou Eurêka opèrent déjà une collecte de documents médiatiques et politiques avec des limites respectives à chaque base de données. En ce sens, une avenue de recherche pertinente du point de vue de la résonance de la recherche serait de développer des outils permettant d'aller analyser ces événements de deuxième ordre, typiquement des formats plus enclins à être lus à l'extérieur des communautés savantes que les articles scientifiques. Une telle étude pourrait, par exemple, permettre de comparer la résonance des articles savants à celle des articles médiatiques ou politiques afin de documenter l'alignement sociosémantique en regard des connaissances scientifiques selon différents formats d'information et différents publics.

La méthodologie développée dans cette thèse permet de considérer les différents défis relatifs au déploiement des méthodes mixtes en sciences humaines et sociales. Pour faire suite aux travaux sur les méthodes de recherche en contexte numérique (Marres, 2012 ; Millette *et al.*, 2020 ; Rogers, 2013 ; Venturini *et al.*, 2018), le déploiement de méthodes mixtes permet d'allier les approches à la fois issues de l'analyse de grands ensembles de données à l'analyse plus contextualisée d'observations plus ciblées. Ce faisant, à la vue des transformations suscitées par le numérique, les méthodes mixtes permettent d'appréhender plusieurs couches successives d'information tout en ayant le potentiel de s'adapter aux objets d'études. Néanmoins, un défi de leur opérationnalisation demeure leur articulation plus « lourde », c'est-à-dire à plusieurs volets, qui peut éventuellement limiter leur opérationnalisation effective sur des objets qui changent rapidement, comme ce peut être le cas de certaines pratiques numériques. En ce sens, les transformations méthodologiques en cours et observées dans cette thèse s'accompagnent d'une réflexion sur la rapidité et l'adaptation des appareillages méthodologiques face à des objets qui évoluent rapidement et sont plus complexes à étudier, comme les traces de la recherche sur les médias sociaux.

Finalement, le rachat de Twitter par Elon Musk entraînera inévitablement des conséquences majeures pour l'étude de la circulation de la recherche sur Twitter (maintenant X). Alors que l'API de Twitter a longtemps été gratuit à des fins de recherche, sa monétisation et la restriction de son accès rendront à l'avenir beaucoup plus difficiles l'accès aux données. En outre, le portrait démographique de la plateforme est appelé à changer considérablement, et bien qu'un grand nombre de scientifiques et d'articles savants y sont toujours présents, j'ai pu constater, lors d'une collecte de données manuelle et exploratoire, que certains procédés, notamment la catégorisation des usagères et usagers, s'appliquent maintenant plus difficilement. Néanmoins, je conçois que l'étude des données de Twitter, notamment sur des corpus historiques, constitue toujours un terrain propice à l'étude de la communication savante en contexte numérique, particulièrement pour faire jaillir des constats ou des phénomènes significatifs pour la résonance de la recherche qui seraient applicables à l'extérieur du contexte plus restreint de Twitter.

6.4 Les limites de la recherche

Si la présente thèse ouvre certaines pistes de recherche, elle comporte également des limites au sein desquelles il convient de la circonscrire. D'abord, les données récoltées constituent un instantané de la circulation sur Twitter des articles scientifiques inclus dans le corpus, c'est-à-dire qu'elles reflètent l'état de la circulation de ces articles, telle qu'elle était au moment de la collecte de données. À ce moment-là, les données relativement aux tweets et aux comptes étaient issues d'une copie des bases de données d'Almetric fournies à l'OST en octobre 2018. C'est donc dire que certains comptes ont pu disparaître ou bien des tweets être supprimés depuis cette date. À ce titre, les recherches misant sur des données issues de plateformes numériques sont sujettes aux changements techniques et politiques touchant les environnements numériques, ce qui amène des questions quant à la pérennité de ces recherches. J'ai tenté, au mieux de mes capacités, de miser sur des approches qui puissent être pérennes et appliquées à différents types de données relativement à la circulation de la recherche. Ainsi, si les résultats de la présente thèse peuvent revêtir une certaine instabilité, les méthodes mises de l'avant ont le potentiel d'être appliquées et développées à plus long terme.

Par ailleurs, en étudiant uniquement les articles de la base de données du Web of Science, j'ai circonscrit les articles étudiés à une source bien précise indexant en très grande majorité la recherche publiée en anglais au détriment d'autres langues (Birkle *et al.*, 2020 ; Larivière et Desrochers, 2015 ; Larivière et Sugimoto, 2018). En outre, bien que l'utilisation du DOI tend à se faire de plus en plus fréquente, elle recoupe de manière inégale l'ensemble des disciplines scientifiques. Ces deux limites ont des

répercussions sur le portrait que nous avons tracé de la résonance de la recherche, mais pourront éventuellement être contournées, par exemple en s'intéressant aux traces laissées sur Twitter par les articles indexés dans les bases de données Érudit ou Scielo qui répertorient respectivement une majorité de publications savantes en français et en espagnol/portugais (Larivière et Sugimoto, 2018). Comme l'impact social de la recherche est susceptible d'intéresser des organisations de recherche travaillant sur des enjeux plus localisés, le développement d'outils pour tenir compte de ces organisations de recherche constitue une avenue de recherche pertinente. En somme, il s'agit de considérer davantage la diversité des contextes de recherche dans l'étude des traces de la recherche laissées en ligne.

Les différentes méthodologies employées au sein de chaque article ont également leurs limites. Par exemple, les catégories produites pour classer les usagères et les usagers de Twitter sont basées sur des choix effectués au courant de la recherche, en se basant sur la revue de littérature et le développement du dictionnaire selon l'approche qui nous semblait la plus pertinente pour la recherche. La solidité des catégories s'est appuyée sur la comparaison avec les résultats issus d'un codage manuel. Il n'existe pas encore à ce jour de dictionnaire clairement établi pour catégoriser les usagères et les usagers de Twitter impliqués dans la circulation des documents savants, ou dans la communication sur Twitter en général. Ce constat est notamment dû au caractère plus général de certaines catégories (comme le grand public) ou encore à la diversité des descriptifs Twitter, qui ne reflètent que ce que les usagères et les usagers y inscrivent à un moment précis. Certaines avenues, notamment par l'utilisation de l'apprentissage machine, pourrait faciliter ces catégorisations. Néanmoins, la corroboration des résultats entre analyse automatisée et analyse manuelle me semble une voie à suivre, dans la mesure où le processus est transparent et s'appuie sur la sensibilité du chercheur ou de la chercheuse au regard des résultats.

Finalement, j'ai tâché de comprendre la circulation de la recherche dans une perspective à la fois macro (donc plus générale) et micro (donc plus ciblée) dans la mesure où celle-ci peut témoigner de la manière dont les articles résonnent auprès de certaines communautés ou groupes d'usagères et d'usagers. Cette façon de procéder va à l'encontre de ce qui peut être plus traditionnellement considéré en matière d'évaluation de l'impact de la recherche, c'est-à-dire de miser sur des concepts ou des indicateurs qui peuvent être généralisés à l'ensemble de la production savante, comme c'est le cas avec le facteur d'impact ou l'indice-h. Ainsi, plusieurs résultats de ma thèse sont spécifiques et particuliers et ne peuvent être généralisés à l'ensemble des articles scientifiques. Dans le cadre de ma thèse, les résultats doivent plutôt être contextualisés afin de mettre en valeur la résonance particulière de chaque article scientifique

(Holmberg *et al.*, 2019). En ce sens, si les résultats spécifiques de ma thèse ne peuvent être généralisés à l'ensemble de la communication savante, la démarche employée a le potentiel d'ouvrir de nouvelles pistes de travail pour cerner l'impact social de la recherche en contexte numérique.

CONCLUSION

Au courant de ma recherche doctorale, j'ai constaté l'ampleur de la tâche quant à la recherche sur les transformations de la communication savante et de la communication scientifique en contexte numérique. Si au départ, j'envisageais une recherche incorporant les dynamiques de circulation de la recherche sur Twitter, Reddit et Facebook, je me suis rapidement rendu compte de l'ampleur de la tâche seulement en me consacrant à Twitter. À ce titre, un point d'achoppement majeur quant aux études sur la communication savante sur Twitter demeure la compréhension théorique de ce qui est mesuré ou observé. C'est pourquoi de plus en plus de recherches se consacrent non pas aux métriques en ce qui concerne la circulation de la recherche en ligne, mais plutôt à documenter et contextualiser les traces laissées par les documents savants afin d'en comprendre l'éventuelle résonance auprès des usagères et usagers impliqués dans leur partage.

J'ai donc mobilisé une stratégie méthodologique mixte en trois volets composant les trois articles au cœur de la recherche. Après avoir exposé la revue de littérature pertinente sur les transformations de la communication de la recherche en contexte numérique, la communication de la recherche sur Twitter et la communication en lien avec les changements climatiques, j'ai présenté ma démarche de travail s'articulant autour des méthodes mixtes particulièrement en études quantitatives de la science et dans les méthodes de recherche en contexte numérique. Le premier article présenté dans la thèse exposait la méthode et les résultats d'une étude portant sur l'analyse textuelle des descriptifs de comptes Twitter pour un corpus de 2628 articles scientifiques sur les changements climatiques publiés en 2015 et 2016 et tweetés au moins une fois. Cette analyse était fondée sur une méthode articulant analyse automatisée par le biais d'un dictionnaire d'expressions régulières en huit catégories et codage manuel. Cette méthode a alimenté le deuxième article de la thèse portant sur l'analyse des réseaux de retweets et de mentions en vue de documenter la forme de la circulation active de dix articles parmi les plus populaires sur Twitter au sein de notre corpus. À travers cette analyse, nous avons ainsi pu observer comment les articles ont circulé chacun de manière distincte, notamment du fait de la participation active de certains comptes ou types d'usagères et d'usagers qui ont pu agir comme des intermédiaires ou des points saillants de la circulation des articles. L'analyse des réseaux de retweets et de mentions a ensuite été mobilisée dans le troisième et dernier article de la thèse offrant une mise en récit de la circulation de l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents ». L'analyse réseau y a contribué à alimenter l'analyse qualitative des tweets et l'entretien avec soutien visuel effectué avec l'auteur principal de l'article,

notamment en permettant de visualiser la temporalité de la circulation de l'article sur Twitter et la forme des communautés impliquées. Cet article avait comme objectif de décrire finement la circulation de l'article étudié sur Twitter en vue d'en comprendre la résonance éventuelle.

À travers ma thèse, j'ai donc développé une perspective qui tient compte du potentiel d'analyse des traces laissées par les articles scientifiques pour documenter leur résonance à l'extérieur des communautés savantes, c'est-à-dire à travers une perspective qui permet d'observer comment les connaissances scientifiques résonnent auprès des communautés impliquées dans leur circulation et les éventuelles usages et pratiques qui en découlent. Comme cette résonance est généralement mieux comprise à l'échelle des articles individuels, le développement de méthodes et d'outils accessibles pour comprendre cet impact permettrait aux chercheuses et chercheurs de mieux appréhender la résonance de leurs travaux et ainsi souscrire à une mobilisation des connaissances qui soit plus ciblée. Ce constat est d'autant plus important pour la recherche sur les changements climatiques que la collaboration entre les différentes parties prenantes y est cruciale afin de pouvoir agir efficacement au moment où les effets de ces bouleversements écologiques sont de plus en plus présents.

Contributions de la recherche

Contributions empiriques

Parmi les contributions empiriques de ma recherche doctorale, on observe que la communication des articles scientifiques sur Twitter est principalement le fait de scientifiques. Néanmoins, des publics non-scientifiques y participent aussi activement avec des variations selon les articles, en particulier parmi les articles les plus populaires. À ce titre, soulignons le caractère distinct de la circulation de chaque article sur Twitter. L'analyse des réseaux de retweets et de mentions a ainsi permis de montrer comment, selon les contextes, des comptes ou des groupes non-scientifiques peuvent jouer un rôle majeur dans la circulation des articles, comme cela semble être le cas des professionnelles et professionnels de la conservation et des organisations de protection de l'environnement en ce qui concerne la recherche sur les changements climatiques. Par ailleurs, nous avons également pu observer comment les campagnes de presse et les stratégies médiatiques à grand déploiement peuvent contribuer à la circulation à grande échelle des articles, comme cela semble avoir été le cas pour l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents ».

Contributions méthodologiques

La présente thèse a consisté au déploiement d'une stratégie méthodologique mixte en trois volets pouvant être compris de manière indépendante tout en étant cohérents au sein d'un même devis de recherche. À travers ce devis, j'ai voulu mettre de l'avant le potentiel tant des méthodes mixtes que des méthodes qualitatives, pour examiner les traces laissées par les documents savants sur Twitter et ainsi amener de nouveaux éléments de compréhension de l'impact social de la recherche en contexte numérique.

J'ai d'abord développé une méthode d'analyse des descriptifs Twitter qui, bien qu'ayant ses limites, peut être déployée sur d'autres corpus et approfondie davantage en raison de sa transparence et de sa flexibilité. Basée sur un code et un dictionnaire ouvert, cette méthode peut être enrichie et raffinée de manière à intégrer de nouvelles catégories et de nouvelles expressions selon les besoins des études. Par ailleurs, la catégorisation non-mutuelle permet de considérer les multiples marqueurs identitaires utilisés par les usagères et les usagers afin de se présenter sur Twitter. Les croisements de présence et d'absence de ces marqueurs identitaires permettent un examen subséquent à travers lequel on peut qualifier plus précisément les usagères et les usagers en regard de la circulation de la recherche sur Twitter.

Ensuite, l'analyse des réseaux de retweets et de mentions reste une méthode récente pour comprendre les contextes de circulation de la recherche sur Twitter. L'analyse proposée dans cette thèse concerne la forme et la taille de ces réseaux en plus de la temporalité des interactions et du rôle de certains comptes à travers des indicateurs relativement simples. Ces analyses ont permis de jeter un éclairage fin sur la manière dont les articles scientifiques étudiés ont circulé sur Twitter, mettant de l'avant des contextes de circulation distincts pour chaque article. En outre, comme on peut le constater dans le cadre du dernier article de la thèse, les visualisations produites dans ce cadre peuvent permettre une lecture relativement claire de la circulation des articles en fonction de l'engagement actif des usagères et des usagers sur Twitter.

Finalement, la mise en récit, l'analyse qualitative des tweets et l'utilisation d'entretiens au sein d'une même étude ont permis de décrire finement la circulation d'un article scientifique sur Twitter. Pourvu que l'on considère l'examen de la résonance d'un article scientifique, cette méthode permet d'observer de manière détaillée différentes dimensions qui participent à la circulation de la recherche en relation avec son contexte de publication et de communication plus large.

Contributions théoriques

La contribution théorique principale de la thèse réside dans la mise en valeur d'une compréhension plus fine et localisée de l'attention publique envers la recherche dans une perspective de résonance. En considérant celui-ci en termes de résonance, une notion inspirée des travaux de Rosa (2018), comme une forme de rapport entre les sujets et les objets, ici les articles scientifiques, selon leur relation au monde, j'avance que les traces de la circulation des articles scientifiques sur Twitter permettent surtout de s'intéresser aux rapports que les usagères et les usagers peuvent entretenir avec les articles scientifiques qu'ils partagent. Cette compréhension de l'attention publique envers la recherche en termes d'intérêt des usagères et des usagers permet d'aller au-delà des considérations évaluatives et de mieux considérer les retombées éventuelles des articles savants en fonction des communautés impliquées. En ce sens, la notion de résonance et la stratégie méthodologique qui en découle explicitée dans cette thèse peuvent être vues comme des outils permettant aux chercheuses et chercheurs, particulièrement celles et ceux travaillant sur des objets ayant des répercussions sociales importantes comme les changements climatiques, de mieux comprendre leur écosystème de mobilisation des connaissances et ainsi pouvoir agir en relation avec celui-ci.

Contributions pratiques

Au niveau des contributions pratiques, la présente thèse a permis le développement d'outils méthodologiques et d'une approche de l'attention publique envers la recherche qui se veut plus accessible et plus sensible aux retombées de la recherche en fonction des communautés touchées, contribuant ainsi à faciliter la mobilisation des connaissances et l'action sociale en relation avec la recherche, notamment sur des objets comme des changements climatiques. Ces approches pourront continuer à être développées davantage et éventuellement être mises à la disposition des chercheuses et chercheurs, des bibliothèques ou des spécialistes de la mobilisation des connaissances pour appuyer les chercheuses et chercheurs dans l'observation de la résonance de leurs travaux à l'extérieur des communautés savantes. En ce sens, la contribution principale de la thèse ne vise pas à mesurer l'impact social de la recherche, mais plutôt à fournir des outils permettant d'en cartographier la résonance auprès de différents groupes touchés ou impliqués pour examiner la manière dont les articles scientifiques circulent et dans quelles communautés sur Twitter.

Pistes de recherche

La recherche que j'ai menée durant mon doctorat a ouvert plusieurs pistes de recherche intéressantes en ce qui concerne l'étude des transformations de la communication savante sur les médias sociaux. Le corpus étudié s'est limité à Twitter et aux changements climatiques, et selon une période de publication précise. En ce sens, les travaux présentés dans la présente thèse pourraient éventuellement être élargis à d'autres environnements numériques et d'autres champs de recherche. Bien qu'un enjeu majeur demeure l'accès aux données, un examen des dynamiques de circulation savante dans les médias sociaux dans une perspective mixte ou qualitative permettrait d'approfondir encore davantage notre compréhension de la résonance de la recherche à l'extérieur des communautés savantes.

En outre, la recherche que j'ai menée a porté principalement sur l'examen des contextes de circulation de la recherche en fonction des comptes qui partagent des documents savants sur Twitter. D'autres dimensions pourraient être examinées plus largement, par exemple comment la recherche est partagée et qu'est-ce qui est dit à propos des documents savants. Le développement d'outils méthodologiques pourrait également permettre d'examiner la circulation des articles scientifiques en relation avec les événements médiatiques qui mentionnent ces articles scientifiques. Ces derniers ont le potentiel de rejoindre un public plus large que les articles scientifiques qui demeurent des documents techniques. En outre, on pourrait éventuellement comparer ce qui est mentionné dans les articles scientifiques avec ce qui figure dans les articles de presse, les documents politiques ou les publications sur les médias sociaux afin d'observer encore plus finement la résonance de la recherche dans les discours sociaux.

Finalement, le travail que j'ai mené dans les dernières années m'a amené à m'interroger sur les fonctions de l'évaluation de l'impact social de la recherche. Si les traces laissées par les documents savants sur les médias sociaux peuvent nous renseigner sur une forme d'attention plus large envers la recherche, la pertinence de leur mesure, comme de celles d'autres indicateurs de la recherche, est de plus en plus remise en question d'un point de vue d'évaluation. Si on s'intéresse de plus en plus à la résonance de la recherche à l'extérieur des communautés savantes et dans la société, de futures recherches pourraient porter sur les fonctions de l'impact social de la recherche, à la fois du point de vue des chercheuses et chercheurs, mais aussi des institutions de recherche et des personnes et organisations de la société civile travaillant avec ces savoirs.

ANNEXE A

CODES UTILISÉS LORS DE DIFFÉRENTES PARTIES DU PROTOCOLE DE RECHERCHE

Codes employés pour la collecte de données en SQL sur les bases de données de l'OST

```
-- Overview journals --
SELECT DISTINCT j.Revue, COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as papers, COUNT(DISTINCT
i.DOI) as papers_DOI
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2015
GROUP BY j.revue
ORDER BY papers DESC

SELECT DISTINCT j.Revue, COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as papers, COUNT(DISTINCT
i.DOI) as papers_DOI
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2016
GROUP BY j.revue
ORDER BY papers DESC

-- Overview Tweets by journals --
SELECT DISTINCT '_all journals', COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as papers,
COUNT(DISTINCT i.DOI) as papers_DOI, COUNT(DISTINCT t.Altmetric_ID) as
papers_tweeted, COUNT(distinct t.tweet_id) as tweets, COUNT(distinct
t.Author_ID_On_Source) as users
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi, 5,
LEN(i.doi)-4)
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
```

```
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2016
      UNION ALL
SELECT DISTINCT j.Revue, COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as papers, COUNT(DISTINCT
i.DOI) as papers_DOI, COUNT(DISTINCT t.Altmetric_ID) as papers_tweeted,
COUNT(distinct t.tweet_id) as tweets, COUNT(distinct t.Author_ID_On_Source) as
users
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi, 5,
LEN(i.doi)-4)
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2016
GROUP BY j.revue
ORDER BY papers DESC

SELECT DISTINCT '_all journals', COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as papers,
COUNT(DISTINCT i.DOI) as papers_DOI, COUNT(DISTINCT t.Altmetric_ID) as
papers_tweeted, COUNT(distinct t.tweet_id) as tweets, COUNT(distinct
t.Author_ID_On_Source) as users
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi, 5,
LEN(i.doi)-4)
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2015
      UNION ALL
SELECT DISTINCT j.Revue, COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as papers, COUNT(DISTINCT
i.DOI) as papers_DOI, COUNT(DISTINCT t.Altmetric_ID) as papers_tweeted,
COUNT(distinct t.tweet_id) as tweets, COUNT(distinct t.Author_ID_On_Source) as
users
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi, 5,
LEN(i.doi)-4)
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
```

```
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2015
GROUP BY j.revue
ORDER BY papers DESC


-- Retweets --
SELECT DISTINCT '_all journals', COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as papers,
COUNT(DISTINCT t.Altmetric_ID) as papers_retweeted, COUNT(distinct t.tweet_id)
as RT_tweets, COUNT(distinct t.Author_ID_On_Source) as RT_users
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi, 5,
LEN(i.doi)-4)
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter_Rt as r on
r.Altmetric_ID=t.Altmetric_ID AND r.Order_Twitter=t.[Order]
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2015
      UNION ALL
SELECT DISTINCT j.Revue, COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as papers, COUNT(DISTINCT
t.Altmetric_ID) as papers_retweeted, COUNT(distinct t.tweet_id) as RT_tweets,
COUNT(distinct t.Author_ID_On_Source) as RT_users
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi, 5,
LEN(i.doi)-4)
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter_Rt as r on
r.Altmetric_ID=t.Altmetric_ID AND r.Order_Twitter=t.[Order]
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2015
GROUP BY j.revue
ORDER BY papers DESC

SELECT DISTINCT '_all journals', COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as papers,
COUNT(DISTINCT t.Altmetric_ID) as papers_retweeted, COUNT(distinct t.tweet_id)
as RT_tweets, COUNT(distinct t.Author_ID_On_Source) as RT_users
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
```

```
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi, 5,
LEN(i.doi)-4)
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter_Rt as r on
r.Altmetric_ID=t.Altmetric_ID AND r.Order_Twitter=t.[Order]
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2016
      UNION ALL
SELECT DISTINCT j.Revue, COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as papers, COUNT(DISTINCT
t.Altmetric_ID) as papers_retweeted, COUNT(distinct t.tweet_id) as RT_tweets,
COUNT(distinct t.Author_ID_On_Source) as RT_users
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi, 5,
LEN(i.doi)-4)
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter_Rt as r on
r.Altmetric_ID=t.Altmetric_ID AND r.Order_Twitter=t.[Order]
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2016
GROUP BY j.revue
ORDER BY papers DESC


-- Tweets --
SELECT DISTINCT a.id_art, ad.doi, a.titre, j.Revue, d.EDiscipline as NSFDisc,
d.ESpecialite as NSFSpec, dt.EType_Document, a.Nb_Page, a.Nb_Reference,
a.Nb_Auteur, a.Nb_Adresse, cr.Cit_ALL_iac as cit_absolut, cr.Cit_Rel_ALL_iac
as cit_relative,
COUNT(distinct t.tweet_id) as tweets, COUNT(distinct t.author_id_on_source) as
users,  DATEDIFF(dd, MIN(t.posted_on), MAX(t.Posted_On)) as tweetspan,
MIN(t.posted_on) as firsttweet, MAX(t.Posted_On) as lasttweet
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Discipline as d on
d.Code_Discipline=j.Code_Discipline
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
LEFT JOIN Pub_Expanded.dbo.Citations_Relatives as cr on cr.ID_Art=a.ID_Art
```

```
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2015
GROUP BY a.id_art, ad.doi, a.titre, j.Revue, d.EDiscipline, d.ESpecialite,
dt.EType_Document, a.Nb_Page, a.Nb_Reference, a.Nb_Auteur, a.Nb_Adresse,
cr.Cit_ALL_iac, cr.Cit_Rel_ALL_iac

SELECT DISTINCT a.id_art, ad.doi, a.titre, j.Revue, d.EDiscipline as NSFDisc,
d.ESpecialite as NSFSpec, dt.EType_Document, a.Nb_Page, a.Nb_Reference,
a.Nb_Auteur, a.Nb_Adresse, cr.Cit_ALL_iac as cit_absolut, cr.Cit_Rel_ALL_iac
as cit_relative,
COUNT(distinct t.tweet_id) as tweets, COUNT(distinct t.author_id_on_source) as
users,  DATEDIFF(dd, MIN(t.posted_on), MAX(t.Posted_On)) as tweetspan,
MIN(t.posted_on) as firsttweet, MAX(t.Posted_On) as lasttweet
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Discipline as d on
d.Code_Discipline=j.Code_Discipline
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
LEFT JOIN Pub_Expanded.dbo.Citations_Relatives as cr on cr.ID_Art=a.ID_Art
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2016
GROUP BY a.id_art, ad.doi, a.titre, j.Revue, d.EDiscipline, d.ESpecialite,
dt.EType_Document, a.Nb_Page, a.Nb_Reference, a.Nb_Auteur, a.Nb_Adresse,
cr.Cit_ALL_iac, cr.Cit_Rel_ALL_iac

SELECT DISTINCT a.id_art, ad.doi, a.titre, j.Revue, d.EDiscipline as NSFDisc,
d.ESpecialite as NSFSpec, dt.EType_Document, a.Nb_Page, a.Nb_Reference,
a.Nb_Auteur, a.Nb_Adresse, cr.Cit_ALL_iac as cit_absolut, cr.Cit_Rel_ALL_iac
as cit_relative,
COUNT(distinct t.tweet_id) as tweets, COUNT(distinct t.author_id_on_source) as
users,  DATEDIFF(dd, MIN(t.posted_on), MAX(t.Posted_On)) as tweetspan,
MIN(t.posted_on) as firsttweet, MAX(t.Posted_On) as lasttweet
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Discipline as d on
d.Code_Discipline=j.Code_Discipline
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
LEFT JOIN Pub_Expanded.dbo.Citations_Relatives as cr on cr.ID_Art=a.ID_Art
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
```

```
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2016
GROUP BY a.id_art, ad.doi, a.titre, j.Revue, d.EDiscipline, d.ESpecialite,
dt.EType_Document, a.Nb_Page, a.Nb_Reference, a.Nb_Auteur, a.Nb_Adresse,
cr.Cit_ALL_iac, cr.Cit_Rel_ALL_iac
HAVING (COUNT(distinct t.author_id_on_source) > 100)

-- Users by journals --
SELECT DISTINCT j.Revue, t.author_id_on_source, MAX(CAST(t.Author_followers as
INT)) as followers, COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as papers_tweeted, COUNT(distinct
t.tweet_id) as tweets, DATEDIFF(dd, MIN(t.posted_on), MAX(t.Posted_On)) as
tweetspan, MIN(t.posted_on) as firsttweet, MAX(t.Posted_On) as lasttweet
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2016
GROUP BY j.Revue, t.author_id_on_source

SELECT DISTINCT j.Revue, t.author_id_on_source, MAX(CAST(t.Author_followers as
INT)) as followers, COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as papers_tweeted, COUNT(distinct
t.tweet_id) as tweets, DATEDIFF(dd, MIN(t.posted_on), MAX(t.Posted_On)) as
tweetspan, MIN(t.posted_on) as firsttweet, MAX(t.Posted_On) as lasttweet
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2015
GROUP BY j.Revue, t.author_id_on_source

SELECT DISTINCT j.Revue, t.author_id_on_source, MAX(CAST(t.Author_followers as
INT)) as followers, COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as papers_tweeted, COUNT(distinct
t.tweet_id) as tweets, DATEDIFF(dd, MIN(t.posted_on), MAX(t.Posted_On)) as
tweetspan, MIN(t.posted_on) as firsttweet, MAX(t.Posted_On) as lasttweet
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
```

```
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2015
GROUP BY j.Revue, t.author_id_on_source

-- Unique users with bio --
SELECT DISTINCT t.author_id_on_source, t.Author_Name,
Replace(Replace(t.[Author_Description_Cleaned], Char(13),' '),CHAR(10),' ') as
Author_description, t.Author_Url, t.Author_Geo_Country,
MAX(CAST(t.Author_followers as INT)) as followers, COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as
papers_tweeted, COUNT(distinct t.tweet_id) as tweets, DATEDIFF(dd,
MIN(t.posted_on), MAX(t.Posted_On)) as tweetspan, MIN(t.posted_on) as
firsttweet, MAX(t.Posted_On) as lasttweet
FROM  Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
WHERE (a.ID_Art = 53869748
OR a. ID_Art = 54054007
OR a. ID_Art = 54274408
OR a. ID_Art = 54363041
OR a. ID_Art = 54383058
OR a. ID_Art = 54392587
OR a. ID_Art = 54600985
OR a. ID_Art = 54641347
OR a. ID_Art = 54751790
OR a. ID_Art = 54950052
OR a. ID_Art = 54987472
OR a. ID_Art = 55016289
OR a. ID_Art = 55143509
OR a. ID_Art = 55182660
OR a. ID_Art = 55663678
OR a. ID_Art = 55701738
OR a. ID_Art = 55731549
OR a. ID_Art = 55832831
OR a. ID_Art = 55846943
OR a. ID_Art = 55986884)
GROUP BY t.author_id_on_source, t.Author_Name, t.[Author_Description_Cleaned],
t.Author_Url, t.Author_Geo_Country

SELECT DISTINCT t.author_id_on_source, t.Author_Name,
Replace(Replace(t.[Author_Description_Cleaned], Char(13),' '),CHAR(10),' ') as
Author_description, t.Author_Url, t.Author_Geo_Country,
MAX(CAST(t.Author_followers as INT)) as followers, COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as
```

```
papers_tweeted, COUNT(distinct t.tweet_id) as tweets, DATEDIFF(dd,
MIN(t.posted_on), MAX(t.Posted_On)) as tweetspan, MIN(t.posted_on) as
firsttweet, MAX(t.Posted_On) as lasttweet
FROM  Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
WHERE (a.ID_Art = 53869748
OR a. ID_Art = 54054007
OR a. ID_Art = 54274408
OR a. ID_Art = 54363041
OR a. ID_Art = 54383058
OR a. ID_Art = 54392587
OR a. ID_Art = 54600985
OR a. ID_Art = 54641347
OR a. ID_Art = 54751790
OR a. ID_Art = 54950052
OR a. ID_Art = 54987472
OR a. ID_Art = 55016289
OR a. ID_Art = 55143509
OR a. ID_Art = 55182660
OR a. ID_Art = 55663678
OR a. ID_Art = 55701738
OR a. ID_Art = 55731549
OR a. ID_Art = 55832831
OR a. ID_Art = 55846943
OR a. ID_Art = 55986884
OR a. ID_Art = 55970091
OR a. ID_Art = 56021738
OR a. ID_Art = 56215291
OR a. ID_Art = 56234008
OR a. ID_Art = 56615161
OR a. ID_Art = 56622594
OR a. ID_Art = 56759881
OR a. ID_Art = 56761264
OR a. ID_Art = 56766546
OR a. ID_Art = 56811621
OR a. ID_Art = 56833212
OR a. ID_Art = 56850671
OR a. ID_Art = 56966694
OR a. ID_Art = 56998671
OR a. ID_Art = 57098278
OR a. ID_Art = 57098628
OR a. ID_Art = 57122225
OR a. ID_Art = 57163183
OR a. ID_Art = 57313486
OR a. ID_Art = 57417248
OR a. ID_Art = 57474227
OR a. ID_Art = 57488303
OR a. ID_Art = 57639060
OR a. ID_Art = 59163503
OR a. ID_Art = 59286932
```

```
OR a. ID_Art = 59323203
OR a. ID_Art = 59541576)
GROUP BY t.author_id_on_source, t.Author_Name, t.[Author_Description_Cleaned],
t.Author_Url, t.Author_Geo_Country

SELECT DISTINCT t.author_id_on_source, t.Author_Name,
Replace(Replace(t.[Author_Description_Cleaned], Char(13),' '),CHAR(10),' ') as
Author_description, t.Author_Url, t.Author_Geo_Country,
MAX(CAST(t.Author_followers as INT)) as followers, COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as
papers_tweeted, COUNT(distinct t.tweet_id) as tweets, DATEDIFF(dd,
MIN(t.posted_on), MAX(t.Posted_On)) as tweetspan, MIN(t.posted_on) as
firsttweet, MAX(t.Posted_On) as lasttweet
FROM  Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2015
GROUP BY t.author_id_on_source, t.Author_Name, t.[Author_Description_Cleaned],
t.Author_Url, t.Author_Geo_Country

SELECT DISTINCT t.author_id_on_source, t.Author_Name,
Replace(Replace(t.[Author_Description_Cleaned], Char(13),' '),CHAR(10),' ') as
Author_description, t.Author_Url, t.Author_Geo_Country,
MAX(CAST(t.Author_followers as INT)) as followers, COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as
papers_tweeted, COUNT(distinct t.tweet_id) as tweets, DATEDIFF(dd,
MIN(t.posted_on), MAX(t.Posted_On)) as tweetspan, MIN(t.posted_on) as
firsttweet, MAX(t.Posted_On) as lasttweet
FROM  Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2016
GROUP BY t.author_id_on_source, t.Author_Name, t.[Author_Description_Cleaned],
t.Author_Url, t.Author_Geo_Country

-- Users with bio
SELECT DISTINCT j.Revue, t.author_id_on_source, t.Author_Name,
Replace(Replace(t.[Author_Description_Cleaned], Char(13),' '),CHAR(10),' ') as
Author_description, t.Author_Url, t.Author_Geo_Country,
```

```
MAX(CAST(t.Author_followers as INT)) as followers, COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as
papers_tweeted, COUNT(distinct t.tweet_id) as tweets, DATEDIFF(dd,
MIN(t.posted_on), MAX(t.Posted_On)) as tweetspan, MIN(t.posted_on) as
firsttweet, MAX(t.Posted_On) as lasttweet
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2016
AND a.ID_Art HAVING(COUNT(distinct t.author_id_on_source) > 100
GROUP BY j.Revue, t.author_id_on_source, t.Author_Name,
t.[Author_Description_Cleaned], t.Author_Url, t.Author_Geo_Country

SELECT DISTINCT j.Revue, t.author_id_on_source, t.Author_Name,
Replace(Replace(t.[Author_Description_Cleaned], Char(13),' '),CHAR(10),' ') as
Author_description, t.Author_Url, t.Author_Geo_Country,
MAX(CAST(t.Author_followers as INT)) as followers, COUNT(DISTINCT a.ID_Art) as
papers_tweeted, COUNT(distinct t.tweet_id) as tweets, DATEDIFF(dd,
MIN(t.posted_on), MAX(t.Posted_On)) as tweetspan, MIN(t.posted_on) as
firsttweet, MAX(t.Posted_On) as lasttweet
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2015
GROUP BY j.Revue, t.author_id_on_source, t.Author_Name,
t.[Author_Description_Cleaned], t.Author_Url, t.Author_Geo_Country

-- Tweets overview --
SELECT DISTINCT j.Revue, t.author_id_on_source, t.tweet_id,
Replace(REplace(t.Tweet_Cleaned,Char(13),' '),CHAR(10),' ') as Tweet_Cleaned,
t.Posted_On, MAX(r.order_twitter) as RT
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Abstract as ab on ab.Id_Art=a.ID_Art
```

```
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter_Rt as r on
r.Altmetric_ID=t.Altmetric_ID AND r.Order_Twitter=t.[Order]
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2015
GROUP BY j.Revue, t.author_id_on_source, t.tweet_id, t.Tweet_Cleaned,
t.Posted_On

SELECT DISTINCT j.Revue, t.author_id_on_source, t.tweet_id,
Replace(REplace(t.Tweet_Cleaned,Char(13),' '),CHAR(10),' ') as Tweet_Cleaned,
t.Posted_On, MAX(r.order_twitter) as RT
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Abstract as ab on ab.Id_Art=a.ID_Art
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter_Rt as r on
r.Altmetric_ID=t.Altmetric_ID AND r.Order_Twitter=t.[Order]
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND a.Annee_Bibliographique=2016
GROUP BY j.Revue, t.author_id_on_source, t.tweet_id, t.Tweet_Cleaned,
t.Posted_On



--- Users with bio (specific paper) ----
SELECT DISTINCT t.author_id_on_source, t.Author_Name,
Replace(Replace(t.[Author_Description_Cleaned], Char(13),' '),CHAR(10),' ') as
Author_description, t.Author_Url, t.Author_Geo_Country,
MAX(CAST(t.Author_followers as INT)) as followers, COUNT(distinct t.tweet_id)
as tweets, DATEDIFF(dd, MIN(t.posted_on), MAX(t.Posted_On)) as tweetspan,
MIN(t.posted_on) as firsttweet, MAX(t.Posted_On) as lasttweet
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
WHERE a.ID_Art =
```

```
GROUP BY j.Revue, t.author_id_on_source, t.Author_Name,
t.[Author_Description_Cleaned], t.Author_Url, t.Author_Geo_Country

---- Tweet info (specific paper) ----
SELECT DISTINCT t.author_id_on_source, t.tweet_id,
Replace(REplace(t.Tweet_Cleaned,Char(13),' '),CHAR(10),' ') as Tweet_Cleaned,
t.Posted_On, MAX(r.order_twitter) as RT
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.document as ad on ad.doi=SUBSTRING(i.doi,
5, LEN(i.doi)-4)
INNER JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter as t on
t.Altmetric_ID=ad.Altmetric_ID
LEFT JOIN Altmetrics_2017Oct2.dbo.Twitter_Rt as r on
r.Altmetric_ID=t.Altmetric_ID AND r.Order_Twitter=t.[Order]
WHERE a.ID_Art =
GROUP BY j.Revue, t.author_id_on_source, t.tweet_id, t.Tweet_Cleaned,
t.Posted_On


SELECT DISTINCT a.id_art, au.Nom, au.Nom_Famille, au.Prenom,
a.Annee_Bibliographique, a.titre, j.Revue, d.EDiscipline as NSFDisc,
d.ESpecialite as NSFSpec, dt.EType_Document, a.Nb_Page, a.Nb_Reference,
a.Nb_Auteur, a.Nb_Adresse, cr.Cit_ALL_iac as cit_absolut, cr.Cit_Rel_ALL_iac
as cit_relative
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Discipline as d on
d.Code_Discipline=j.Code_Discipline
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Auteur as au on au.Id_Art=a.Id_Art
LEFT JOIN Pub_Expanded.dbo.Citations_Relatives as cr on cr.ID_Art=a.ID_Art
WHERE dt.EType_Document = 'Article'
AND (Titre LIKE '%climate change%'
OR Titre LIKE '%global warming%'
OR Titre LIKE '%IPCC%')
AND (a.Annee_Bibliographique=2015
OR a.Annee_Bibliographique=2016)
AND au.Ordre = 1
GROUP BY a.id_art, au.Nom, au.Nom_Famille, au.Prenom, a.Annee_Bibliographique,
a.titre, j.Revue, d.EDiscipline, d.ESpecialite, dt.EType_Document, a.Nb_Page,
a.Nb_Reference, a.Nb_Auteur, a.Nb_Adresse, cr.Cit_ALL_iac, cr.Cit_Rel_ALL_iac
ORDER BY a.Annee_Bibliographique, a.ID_Art


SELECT DISTINCT a.id_art, a.titre, ab.Abstract, j.Revue, d.EDiscipline as
NSFDisc, d.ESpecialite as NSFSpec, dt.EType_Document, a.Nb_Page,
a.Nb_Reference, a.Nb_Auteur, a.Nb_Adresse, cr.Cit_ALL_iac as cit_absolut,
cr.Cit_Rel_ALL_iac as cit_relative
FROM Pub_Expanded.dbo.Article as a
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Revue as j on j.Code_Revue=a.Code_Revue
```

```
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Discipline as d on
d.Code_Discipline=j.Code_Discipline
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Identifiant as i on i.Id_art=a.ID_Art
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Liste_Document as dt on
dt.Code_Document=a.Code_Document
INNER JOIN Pub_Expanded.dbo.Abstract as ab on ab.Id_Art=a.Id_Art
LEFT JOIN Pub_Expanded.dbo.Citations_Relatives as cr on cr.ID_Art=a.ID_Art
WHERE a.id_art = 53708682
GROUP BY a.id_art, a.titre, ab.Abstract, j.Revue, d.EDiscipline,
d.ESpecialite, dt.EType_Document, a.Nb_Page, a.Nb_Reference, a.Nb_Auteur,
a.Nb_Adresse, cr.Cit_ALL_iac, cr.Cit_Rel_ALL_iac
```

Code employé en R pour assigner les différentes catégories aux descriptifs Twitter (article 1)

```
## =================
# Rémi code for the creation of users profiles
# encoding : UTF-8
# created: 25 Nov 2019
# updated: 17 June 2021

library(readxl)
library(dplyr)

## =================
# 1) Load the data files for users sharing papers (excel files)
## =================
setwd("Data")
users <- read_excel("DataAll_20190829v7.xlsx", sheet="User_totals", col_names
= TRUE)
userspapers <- read_excel("DataAll_20190829v7.xlsx", sheet="Users_papers",
col_names = TRUE)

## =================
# 2) Load the data files for papers (excel files)
## =================
papers <- read_excel("DataAll_20190829v7.xlsx", sheet = "Tweets_papers",
col_names = TRUE)

##==================
# 3) Prepare data tables for analysis
##==================
usersallinfo <- left_join(users, userspapers %>% select(ID_Art,
Author_id_on_Source), by = "Author_id_on_Source")
usersallinfo <- rename(usersallinfo, "id_art" = "ID_Art")
users <- left_join(usersallinfo, papers %>% select(id_art, titre, abstract,
Revue, NSFDisc, Nb_Page, Nb_Auteur, tweets, users, tweetspan), by = "id_art")
users$id_art <- as.character(as.numeric(users$id_art))

users <- users %>%
  filter(!is.na(id_art))
users <- users %>%
  mutate(userint = if_else(
    users < 11, "1-10", (
```

```
      if_else(users < 21, "11-20",
        if_else(users < 31, "21-30",
          if_else(users < 41, "31-40",
            if_else(users < 51, "41-50",
              if_else(users < 61, "51-60",
                if_else(users < 71, "61-70",
                  if_else(users < 81, "71-80",
                    if_else(users < 91, "81-90",
                      if_else(users < 101, "91-100",
                        if_else(users > 100, "101+", ""
                        )
                      )
                    )
                  )
                )
              )
            )
          )
        )
      )
    )
  )
)

users %>%
  count(userint)

## =================
# 4) Clean the author descriptions for analysis
## =================

#remove capitals
users$description <- tolower(users$Author_Description)

#remove urls
users$description <- gsub(" ?(f|ht)(tp)(s?)(://)(.*)[.|/](.*)", "",
users$description)

#remove emojis
users$description <- gsub("[^\x01-\x7F]", "", users$description)

#remove numbers
users$description <- gsub("[0-9]+", "", users$description)

#remove lists with / and replace with " " (e.g., wife/phd/friend)
users$description <- gsub("\\/", " ", users$description)

# forward slash -- escape with a double backslash
sub("\\/", " ", "Peace/Love")
#[1] "Peace Love"

length(unique(users$description))

#remove punctuations
punct <- '[]\\?!\"\'$%&(){}+*/:;,._`|~\\[<=>\\^-]'
users$description <- gsub(punct, "", users$description)
```

```
#remove NULL
users <- users %>%
  filter(!grepl('NULL', Author_Description))

users <- users %>%
  filter(!is.na(description))

## =================
#code to academia
## =================
#lectur*, prof*

sci <- c("\\blectur(er|ing)\\b",
         "\\bprof\\b", "\\bprofess(o|eu)re?\\b",
         "\\b(ph|m)\\s?(d|sc)i?\\b",
         "\\bpost\\s?doc(\\w+)?\\b",
         "\\bdoctora(l|nt)\\b",
         "\\bstudent\\b",

"\\bresearch(er|ing|\\s(fellow|assistant|associate|leader|director))\\b",
         "\\bi\\s(research|study)\\b",
         "\\bscient(i(st|fique))?\\b",
         "\\bchair\\b",
         "\\bassociate\\sdirector\\b",
"\\b((micro)?bio|(e|é)co|pala?eonto|viro|onco|hema|epidemio|physio|archa?eo|an
thropo|psycho|patho|endocrino|nephro|limno|socio|neuro|geo|physic|botan|entomo
|hydro|genetic|chem|ethic)(log)?(u|ist|ien(ne)?)e?\\b",
         "\\b(\\w+)?grad(\\w+)?\\b",
         "\\borcid\\b",
         "\\b(bachelor|master)\\sdegree\\b",
         "\\bdean\\b",
         "\\bhistori(e|a)n(ne)?\\b",
         "\\bfaculty\\b", "\\bscholar\\b",
         "\\b(g(e|é)|oc(e|é)an)ographer?\\b",
         "\\b#sci(comm|art|engage)\\b",
         "\\bprgrm\\b",
         "\\bacad(é|e)mi(c|que)\\b",
         "\\bétudiante?\\b",
         "\\bchercheure?\\b")

testsci <- c("lecturer in marine","university professor",
             "journal of the","university of X biology phd student",
             "project","professora", "ph d", "post doc", "postdoc",
"doctoral", "doctorant", "researcher", "researchers", "researching", "i
research", "research associate", "research director", "fellow", "research
project", "i study", "scientist", "lecturing", "scientifique", "associate
director", "biologist", "écologiste", "ecologist", "microbiologiste",
"archaeologist", "sociologist", "sociologue", "physicist", "physicien",
"physicienne", "entomologiste", "botaniste", "hydrologist", "physicists",
"graduate", "postgrad", "master degree", "faculty", "dean", "msc", "m sc",
"postdoctoral", "scient", "historienne", "géographe", "#scicomm", "msci",
"académique", "professeur", "étudiante", "chercheur")

grepl(paste(sci, collapse="|"),testsci)
```

```
## =================
#code to comm
## =================
#journalist*, reporter*

comm <- c("\\bwr(i|o)t(e(r?|s?)|ing)\\b",
          "\\baut(hor|eur)\\b",
          "\\bjourn(o|aliste?)\\b",
          "\\bblog(ger|ging|s?\\s(for|on))?\\b",
          "\\bcolumnist\\b",
          "\\bcommunicat((o|eu)r|ion|ing)\\b",
          "\\bfreelance.?\\swri.+\\b",

"\\b(repor|pr(e|é)sen|(e|é)di|(e|é)duca|contribu|produc|teach|storytell|commen
tat|broadcast|youtub|chroniq|speak)(t?a?t?((eu?|o)r|rice))\\b",
          "\\bpodcast(er)?\\b",
          "\\bcorrespond(e|a)nt\\b",
          "\\bwebsite\\b",
          "\\bfilms?\\b",
          "\\bshow\\shost\\b",
          "\\bdocu(mentary)?\\b",
          "\\bsharing\\sscience\\b",
          "\\bcameraman\\b",
          "\\béditorialiste\\b",
          "\\b@carbon\\sbrief\\b",
          "\\bcurated\\sby\\b")
testcomm <- c("auteur", "writer", "co author", "journaliste", "journal",
"blogs", "blog", "blogs for", "freelance writing", "freelance worker",
"reporter", "podcaster", "write", "correspondent", "website", "educator",
"producer", "éditrice", "présentatrice", "film", "show host", "communication",
"docu", "youtuber", "writes", "writers", "@carbon brief")

grepl(paste(comm, collapse="|"),testcomm)

## =================
#code to organization
## =================

organ <-
c("\\b(universit(y|é)|institute?|societ(y|é)|library|lab(o?(rato(ry|ire))?)|co
llege|community|organi((z|s)ation|sme)|association|school|d(e|é)p(t|arte?ment)
|program(me)?|faculté|cent(er|re)|team|groupe?|advocates|leaders|experts|branc
h|parternship|network|compag?n(y|i)e?|alliance|initiative|channel|specialists|
hub|agency|office|bureau|charity|movement|founded|nonprofit|llc|club|courses|c
ampus|station|collaboration|project|designs|inc|grouping|forum|citizens|consul
tants|committee|offici(a|eu?)(l|x)|toolkit)\\b",
           "\\bjoin\\s(us|the)\\b",
           "\"\bpromotes\\b",
           "\\bour\\sgoal\\b",
           "\\bwe\\s((sh)?a?re|want|campaign|deliver)\\b",
           "\\blive\\sevents\\b",
           "\\b(tweets|managed)\\sby\\b",
           "\\bmail\\sat\\b",
           "\\baims\\sto\\b",
           "\\bcoming\\ssoon\\b")
```

```
testorgan <- c("université", "society", "college", "département", "labo",
"lab", "laboratoire", "centers", "organisme", "tweets by", "we share", "we
are", "officiel")

grepl(paste(organ, collapse="|"),testorgan)

## =================
#code to bots
## =================

bot <- c("\\b(ro)?bot\\b",
         "\\b(paper|publication|lit|preprint|article|peer-
review|journal|news|data)\\s?feed\\b",
         "\\brss\\b",
         "\\bnew\\s(submissions?|papers?)\\b",
         "\\b(latest|new)\\spublications?\\b",
         "\\b(a|bio)rxiv\\b",
         "\\bpubmed\\b",
         "\\bpapers?\\s(auto|stream|tweet|updates?|links?|alerts?)",
"\\bpublications?\\salerts?\\b",
         "\\bdaily\\s(updates?|compilations?)\\b",
         "\\bcompilations?\\b",
         "\\bretweet(s|ed)?\\s(from|any)\\b")
testbot <- c("robot", "news feed", "datafeed", "new submissions", "paper
alerts", "daily updates", "retweets from")

grepl(paste(bot, collapse="|"),testbot)

## =================
#code to professional
## =================

pro <- c("\\b(physi|pediatri)cian\\b",
         "\\bdoct(eu|o)re?\\b",
         "\\bprofession(a|e)l(le)?\\b",
         "\\bnurse\\b",
         "\\bnutritionist\\b",
         "\\bc(e|t)o\\b",
         "\\bvet(erinarian)?\\b",
         "\\bconsult(ing|ante?)\\b",
         "\\bofficer\\b",
         "\\banalyste?\\b",
         "\\bfarmer\\b",
         "\\btrustee\\b",
         "\\bdir(ect(o|eu)?r(ice)?)?\\b",
         "\\b(é|e)conomiste?\\b",
         "\\bentrepreneur\\b",
         "\\bstewardship\\b",
         "\\bstrat(e|è)g(e|ist)\\b",
         "\\bwork(ing)?\\s(at|for)\\b",
         "\\b(e|i)ng(ineer|énieure?)\\b",
         "\\btranslator\\b",
         "\\bltd\\b",
         "\\bagriculteur\\b",
         "\\bmanager\\b",
         "\\blawyer\\b",
         "\\bplanner\\b",
```

```
          "\\bd(é|e)velop(e|eu)r\\b",
          "\\borganiser\\b",
          "\\badvis(o|e)r\\b",
          "\\battorney\\b",
          "\\bcounsel\\b",
          "\\bsecretary\\b",
          "\\bself\\semployed\\b",
          "\\bfisherman\\b",
          "\\b(co\\s)?fou?nd(at)?eu?r(ice)?\\b",
          "\\bconservationist\\b",
          "\\bdesigner\\b",
          "\\bhead\\sof\\b",
          "\\binvestor\\b",
          "\\bprincipal\\sat\\b",
          "\\bcoord(o|i)nat(ing|(eu|o)?r(ice)?)\\b",
          "\\bemployer\\b",
          "\\bpaysan\\b",
          "\\bpr(é|e)sidente?\\b",
          "\\bbusiness\\s(owner|development)\\b",
          "\\bspecialist\\b",
          "\\bhandyman\\b",
          "\\bsolicitor\\b",
          "\\bsustainable\\sfinance\\b",
          "\\bweb\\sdev\\b",
          "\\bday\\sjob\\b",
          "\\bchairman\\b",
          "\\blibrarian\\b",
          "\\bcoach\\b",
          "\\bénergéticien\\b",
          "\\bvp\\b",
          "\\bexecutive\\b",
          "\\barchitect\\b",
          "\\bexperienced\\b")
testpro <- c("physician", "doctor", "public health professional", "directeur",
"directrice", "analyste", "consultant", "ceo", "self-employed")

grepl(paste(pro, collapse="|"),testpro)

## =================
#code to personal
## =================

pers <- c("\\bwife\\b",
          "\\bmale\\b",
          "\\b(grand)?(m|p|f|d)(o|u|a)(d|m(my)?|ther)?\\b",
          "\\bphotographer?\\b",
          "\\bwhite\\b",
          "\\bfood\\b",
          "\\bgeek\\b",
          "\\bhusband\\b",
          "\\bmusic\\b",
          "\\brunn(er|ing)\\b",
          "\\b(m|p)ère\\b",
          "\\bmarr?i(ed|ée?)?\\b",
          "\\byoga\\b",
          "\\b(dream|ad?ventur)i?(e|è)?re?\\b",
          "\\bliterature\\b",
```

```
"\\bcycli(ng|st)e?\\b",
"\\bvélo\\b",
"\\dan(c|s)eu?r?\\b",
"\\bentho?usiaste?\\b",
"\\bfilms\\b",
"\\blov(e(s|r)?|ing)\\b",
"\\breligi(ous|eu(x|se))\\b",
"\\bsurfeu?(r|se)\\b",
"\\btravel(ler)?\\b",
"\\bvoyage(s|eu(r|s)e?)?\\b",
"\\bvol(u|o)nt(ai|ee)re?\\b",
"\\byoung\\b",
"\\bgardener\\b",
"\\bhockey\\b",
"\\bdivorc(é|e)(d|e)?\\b",
"\\bdog\\b",
"\\bcat\\b",
"\\bhobby(ist)?\\b",
"\\bartiste?\\b",
"\\br(e|é)sidente?\\b",
"\\bbirder\\b",
"\\bknit(ter|ting)?\\b",
"\\bfamily\\b",
"\\bpeinture\\b",
"\\bjazz\\b",
"\\bcomedy\\b",
"\\bgolf\\b",
"\\b(v|w)wine?\\b",
"\\bcoffee\\b",
"\\btea\\b",
"\\bscuba\\b",
"\\bswimming\\b",
"\\bbik(es?|ing)\\b",
"\\bclimb(er|ing)\\b",
"\\bnerd\\b",
"\\bsport\\b",
"\\bsailing\\b",
"\\bhumanitarian\\b",
"\\bgame(s|r)\\b",
"\\bcamping\\b",
"\\bfishing\\b",
"\\bfencer\\b",
"\\bhiker\\b",
"\\bretired\\b",
"\\bbibliophile\\b",
"\\b(papa|maman)\\b",
"\\badmirer\\b",
"\\bjunkie\\b",
"\\bpassion((at|é)e?)?s?\\b",
"\\bbeer\\b",
"\\bphotography\\b",
"\\buncle\\b",
"\\btinkerer\\b",
"\\bplayer\\b",
"\\branter\\b",
"\\bcontemplating\\slife\\b",
"\\bveggies\\b",
```

```
          "\\bski(ing|er)?\\b",
          "\\bfoodie\\b",
          "\\binterests\\b",
          "\\bfreethinker\\b",
          "\\bsurf\\b",
          "\\bfootball\\b",
          "\\bamateur\\b")
testpers <- c("mom", "grandma", "mother", "grandmother", "grandfather", "dad",
"grandpa", "père")

grepl(paste(pers, collapse="|"),testpers)

## =================
#code to political
## =================

poli <- c("\\b#resist\\b",
          "\\badvoca(t(e|ing)|cy)\\b",
          "\\bactivis(m|t)e?\\b",
          "\\bcampaign(er¡ing)\\b",
          "\\benvironmentalist\\b",
          "\\blefti(st|sh)\\b",
          "\\bnationalist\\b",
          "\\bliberal\\b",
          "\\bconservati(sm|ve)\\b",
          "\\bmilitante?\\b",
          "\\bfight(ing)?\\b",
          "\\b#?climat\\s?eaction\\b",
          "\\binequality\\b", "\\b(human|women\\s)\\srights\\b",
          "\\bsocial\\sjustice\\b",
          "\\b#?degrowth\\b",
          "\\b#lowtech\\b",
          "\\b#?progressi(ve|ste?)\\b",
          "\\bpolicy\\b",
          "\\b@piratepartyau\\b",
          "\\b#berner\\b",
          "\\#?fossil\\s?fuels?\\b",
          "\\bpachamama\\b",
          "\\bcouncillor\\b",
          "\\bstand\\swith\\b",
          "\\bdecoloniz(e|ing)\\b",
          "\\btransition\\b",
          "\\bgreens\\smember\\b",
          "\\bopposed\\b",
          "\\bgreenie\\b",
          "\\bfeminis(m|t)\\b",
          "\\btree\\s?hugger\\b",
          "\\b#?divest?\\b",
          "\\b(#go)?vegan\\b",
          "\\bbernie\\b",
          "\\bconcerned\\b",
          "\\b#?france\\s?insoumise\\b",
          "\\bemergency\\b",
          "\\balternative\\b",
          "\\bagent\\sof\\schange\\b",
          "\\bplanet\\b",
          "\\b\\w?solar\\s?warrior\\b",
```

```
          "\\b#?the\\sresistance\\b",
          "\\beco\\swarrior\\b",
          "\\bcommunity\\sleader\\b",
          "\\bdéclin\\b",
          "\\bsenator\\b",
          "\\bstop\\sclimate\\schange\\b",
          "\\b#?save\\s?the\\s?arctic\\b",
          "\\bgender\\sequity\\b",
          "\\b#earthourhome\\b",
          "\\bmayor\\b",
          "\\brefugee\\sjustice\\b",
          "\\b#?climate\\s?hawk\\b",
          "\\b#animallover\\b",
          "\\benvironmental\\sissues\\b",
          "\\b#standupforscience\\b",
          "\\bstop\\b",
          "\\bresilience\\b",
          "\\bnonuke\\b",
          "\\bcounsellor\\b",
          "\\bcalling\\sfor\\b",
          "\\bparliament\\b",
          "\\bcllr\\b",
          "\\b#renewables\\b",
          "\\bblackfish\\b",
          "\\b#?act\\s?on\\s?climate\\b",
          "\\bban\\sfracking\\b",
          "\\b#?climate\\s?justice\\b",
          "\\bresisting\\b",
          "\\bthreatened\\b",
          "\\b#feelthebern\\b",
          "\\bdeniers\\b",
          "\\b#maga\\b",
          "\\b#shutdowntanks\\b",
          "\\bclimate\\scrisis\\b",
          "\\b#?carbon\\s?neutrality\\b")
testpoli <- c("fossil fuels", "france", "solar warrior", "solar",
"#solarwarrior", "#govegan", "save the arctic", "#savethearctic")

grepl(paste(poli, collapse="|"),testpoli)

## =================
#code to political
## =================

pub <-c("\\bjournals?\\b",
        "\\bpublish(er|ing)s?\\b",
        "\\b\\s?press\\b",
        "\\btaylor\\s+francis\\b",
        "\\belsevier\\b",
        "\\bwiley\\b",
        "\\broutledge\\b",
        "\\bspringer\\b",
        "\\bsage\\b",
        "\\bjrnl\\b",
        "\\bissn\\b")
testpub <- c("journal", "publishing", "publishers", "oxford press", "taylor
francis", "taylor  francis")
```

```
grepl(paste(pub, collapse="|"),testpub)

## =================
#match categories to descriptions
## =================

users$Academic <- grepl(paste(sci, collapse="|"), users$description,
perl=TRUE) %>%
  ifelse(1,0)
users$Communication <- grepl(paste(comm, collapse="|"), users$description,
perl=TRUE) %>%
  ifelse(1,0)
users$Organization <- grepl(paste(organ, collapse="|"), users$description,
perl=TRUE) %>%
  ifelse(1,0)
users$Bots <- grepl(paste(bot, collapse="|"), users$description,
perl=TRUE) %>%
  ifelse(1,0)
users$Professional <- grepl(paste(pro, collapse="|"), users$description,
perl=TRUE) %>%
  ifelse(1,0)
users$Personal <- grepl(paste(pers, collapse="|"), users$description,
perl=TRUE) %>%
  ifelse(1,0)
users$Political <- grepl(paste(poli, collapse="|"), users$description,
perl=TRUE) %>%
  ifelse(1,0)
users$Publishers <- grepl(paste(pub, collapse="|"), users$description,
perl=TRUE) %>%
  ifelse(1,0)
```

Codes créés en R pour faire l'analyse des réseaux de retweets et de mentions (article 2)

```
## =================
# Rémi Toupin
# Projet : Network thesis
# created: 29 Mar 2020
# updated: 8 December 2022
# Encoding : UTF-8

library(igraph)
library(tidygraph)
library(tidyr)
library(tidyverse)
library(dplyr)

# RUN 20210617_PrepPublicsPropre.R avant de rouler ce code

## =================
# 1) Prepare info for papers
## =================
```

```
papers_10 <- c(53869748, 54363041, 54641347, 55016289, 55701738, 56833212,
56998671, 57098278, 57313486, 59541576)

network_H1 <- papers %>%
  filter(id_art %in% papers_10) %>%
  select(id_art, titre, Revue) %>%
  rename(ID_Art = id_art)

nonscitest <- tibble(
  nbrts = as.numeric(),
  nbmts = as.numeric(),
  ncomp = as.numeric(),
  nodescp = as.numeric(),
  edgescp = as.numeric(),
  nusersrts = as.numeric(),
  nusersmts = as.numeric(),
  number_isol = as.numeric(),
  totalnonsci = as.numeric(),
  largenonsci = as.numeric(),
  secnonsci = as.numeric(),
  isononsci = as.numeric()
)


## =================
# 1) Load network informations (nodes and edges)
## =================

#set working directory
setwd("Données_Articles/Network/AllNetworks")

node_files <- dir(pattern = "*year.csv")
edge_files <- dir(pattern = "*RTMentions.csv")

group <- c("Academia", "Communication", "Personal", "Political",
"Professional", "Unassigned")
components_type <- c("total", "largest", "secondary", "isolates")
Tweet <- c("RT", "MT")

interactions_metrics <- tibble(groupsource = rep(group, each = 12),
grouptarget = rep(group, each = 2, 6), Tweet = rep(Tweet, 36))

proportions2 <- tibble(groupcat = rep(group, 4), component =
rep(components_type, each = 6))

papers_network <- c(1:10)
for (i in papers_network) {

  nodes <- read.csv(node_files[i], header = T, encoding = "UTF-8", sep=";")
  edges <- read.csv(edge_files[i], header = T, encoding = "UTF-8", sep=";")
  nodes$groupcat <- gsub("Pro", "Professional", nodes$groupcat)

  network <- graph_from_data_frame(edges, vertices = nodes) %>% as_tbl_graph()
  nodes$ndegrees <- degree(network, v = V(network), mode = c("all"),loops =
TRUE, normalized = FALSE)
  network <- graph_from_data_frame(edges , vertices = nodes) %>%
as_tbl_graph()
```

```
  lp <- nodes %>%
    count(comp) %>%
    slice(which.max(n)) %>%
    pull(as.numeric(comp))
  maincomp <- induced_subgraph(network, V(network)$comp==lp)
  noisol <- induced_subgraph(network, v = V(network)$ndegrees<1)
  nodescp <- round(gorder(maincomp)/gorder(network)*100, digits = 1)
  edgescp <- round(gsize(maincomp)/gsize(network)*100, digits = 1)
  number_isol <- round(gorder(noisol)/gorder(network)*100, digits = 1)
  meannode <- round(gorder(network)/max(nodes$comp), digits = 0)

  nrts <- nrow(edges[edges$Tweet == "RT", ])
  nmts <- nrow(edges[edges$Tweet == "MT", ])
  ncom <- length(unique(nodes$comp))

  degrees <- degree(network, v = V(network), mode = c("out"),loops = TRUE,
normalized = FALSE)
  degrees <- sort.int(degrees, decreasing = T)
  topdeg <- degrees [1:5]
  topdeg
  meandegree <- gsize(network)*2/gorder(noisol)
  meandegree

  nodesmaincomp <- nodes %>%
    filter(comp == lp)
  nodesseccomp <- nodes %>%
    group_by(comp) %>%
    filter(n() > 1) %>%
    filter(comp != lp)
  nodesisolates <- nodes %>%
    group_by(comp) %>%
    filter(n() == 1)

  nusersrts <- edges %>%
    filter(Tweet == "RT") %>%
    count(Target) %>%
    nrow(.)

  nusersmts <- edges %>%
    filter(Tweet == "MT") %>%
    count(Target) %>%
    nrow(.)

  totalnonsci <- round(nrow(nodes[nodes$groupcat ==
"Political",])/nrow(nodes)*100, digits = 1)
  largenonsci <- round(nrow(nodesmaincomp[nodesmaincomp$groupcat !=
"Academia",])/nrow(nodes[nodes$groupcat != "Academia",])*100, digits = 1)
  secnonsci <- round(nrow(nodesseccomp[nodesseccomp$groupcat !=
"Academia",])/nrow(nodes[nodes$groupcat != "Academia",])*100, digits = 1)
  isononsci <- round(nrow(nodesisolates[nodesisolates$groupcat !=
"Academia",])/nrow(nodes[nodes$groupcat != "Academia",])*100, digits = 1)
  nonsci <- c(nrts, nmts, ncom, nodescp, edgescp, nusersrts, nusersmts,
number_isol, totalnonsci, largenonsci, secnonsci, isononsci)
  nonscitest <- rbind(nonscitest, nonsci)
```

```
proportions <- nodes %>%
    group_by(comp) %>%
    mutate(lcomp = as.integer(comp==lp), secomp = as.integer(comp!=lp & n() >
1), isolates = as.integer(n() == 1)) %>%
    ungroup %>%
    group_by(groupcat) %>%
    summarise(total = round(n()/nrow(nodes)*100, digits = 1),
              largest = round(sum(lcomp == 1)/nrow(nodesmaincomp)*100, digits
= 1),
              secondary = round(sum(secomp == 1)/nrow(nodesseccomp)*100,
digits = 1),
              isolates = round(sum(isolates == 1)/nrow(nodesisolates)*100,
digits = 1)
              )

  proportions <- gather(proportions, key = "component", value = "share of
users", total:isolates)

  proportions2 <- left_join(proportions2, proportions, by = c("groupcat",
"component"))

  proportions2$`share of users`[is.na(proportions2$`share of users`)] <- 0

  colnames(proportions2)[ncol(proportions2)] <- paste0("paper", i)

  rtin <- edges %>%
    group_by(ID = Target) %>%
    count(Source, Tweet) %>%
    rename(Target = ID) %>%
    rename(ID = Source) %>%
    left_join(nodes %>% select(ID, groupcat), by = "ID")  %>%
    distinct() %>%
    rename(Source = ID) %>%
    rename(ID = Target)

  interactions <- nodes %>%
    left_join(rtin, by = "ID") %>%
    rename(interactions = n) %>%
    rename(grouptarget = groupcat.x) %>%
    rename(groupsource = groupcat.y)

  interactions$interactions[is.na(interactions$interactions)] <- 0
  interactions <- interactions[complete.cases(interactions$Source),]
  interactions$groupsource[is.na(interactions$groupsource)] <- "Unassigned"

  interactions_summary <- interactions %>%
    group_by(groupsource, grouptarget, Tweet) %>%
    summarise(interactions = sum(interactions)) %>%
    ungroup() %>%
    group_by(groupsource) %>%
    mutate(perc = round(interactions/sum(interactions)*100, digits = 1)) %>%
    as.data.frame()

  interactions_metrics <- left_join(interactions_metrics,
interactions_summary %>% select(groupsource, grouptarget, Tweet, perc), by =
c("groupsource", "grouptarget", "Tweet"))
```

```
  interactions_metrics$perc[is.na(interactions_metrics$perc)] <- 0

  colnames(interactions_metrics)[ncol(interactions_metrics)] <-
paste0("paper", i)
}

colnames(nonscitest) <- c("nbrts", "nbmts", "ncomp", "nodescp", "edgescp",
"nusersrts", "nusersmts", "number_isol", "totalnonsci", "largenonsci",
"secnonsci", "isononsci")
network_H1 <- cbind(network_H1, nonscitest)
network_H1 <- network_H1 %>%
  select(-ID_Art)

colnames(proportions2) <- c("groupcat", "component", "Fossil fuels", "Syrian
drought", "Extinction risk", "Bumblebees", "Public health", "Dietary change",
"Food production", "Harappa", "EU Nature Legislation", "Ecological networks")

proportions2 <- gather(proportions2, key = "article", value = "proportions",
`Fossil fuels`:`Ecological networks`)

proportions2$component <- gsub("largest", "Largest component",
proportions2$component)
proportions2$component <- gsub("secondary", "Secondary components",
proportions2$component)
proportions2$component <- gsub("isolates", "Isolated nodes",
proportions2$component)

proportions_sorted <- proportions2 %>%
  mutate(component = factor(component, levels=c("Largest component",
"Secondary components", "Isolated nodes", "total")), groupcat =
factor(groupcat, levels=c("Unassigned", "Personal", "Professional",
"Political", "Communication", "Academia"))) %>%
  group_by(groupcat, component) %>%
  mutate(propmean = mean(proportions))


colnames(interactions_metrics) <- c("groupsource", "grouptarget", "Tweet",
"Fossil fuels", "Syrian drought", "Extinction risk", "Bumblebees", "Public
health", "Dietary change", "Food production", "Harappa", "EU Nature
Legislation", "Ecological networks")

interactions_metrics$type_interaction <-
paste0(interactions_metrics$groupsource, sep = " from ",
interactions_metrics$grouptarget)
interactions_metrics <- interactions_metrics %>%
  relocate(type_interaction, .before= `Fossil fuels`)

interactions_metrics2 <- gather(interactions_metrics, key = "article", value =
"interactions", `Fossil fuels`:`Ecological networks`)

interactions_sorted <- interactions_metrics2 %>%
  mutate(grouptarget = fct_reorder(grouptarget, -interactions))

#write.csv(network_H1, "Proportions_Nonscientists.csv")
#write.csv(interactions_metrics, "Interactions_Metrics.csv")
```

Codes utilisés pour les figures de l'article 2

```
## =================
# Rémi code for Users ID
# created: 25 Nov 2019

library(ggplot2)
library(ggpubr)
library(showtext)
library(dplyr)

showtext_auto()

#plot theme
theme_set(theme_light(base_size = 12, base_family = "serif"))


#create plot for proportions
proportions_graph <- proportions_sorted %>%
  filter(component == "total") %>%
  ggplot(aes(x = groupcat, y = proportions)) +
  scale_shape_manual(values=1:10) +
  geom_boxplot(color = "gray60", outlier.alpha = 0) +
  geom_point(size = 4, aes(group = factor(article), shape = factor(article),
color = factor(article))) +
  #facet_wrap(~ component, scales = "free") +
  coord_flip() +
  scale_y_continuous(limits = c(0, 60), expand = c(0, 0), breaks = seq(0,100,10))
+
  labs(title = "", x = "", y = "% of users per article", colour = "Article",
shape = "Article") +
  theme(
    legend.position = "bottom",
    axis.title = element_text(colour = "black", size = 12, family = "serif",
face = "bold"),
    axis.text.x = element_text(colour = "black", size = 12, family = "serif"),
    axis.text.y = element_text(colour = "black", size = 12, family = "serif",
face = "bold"),
    strip.text.x = element_text(colour = "black", size = 12, face = "bold"),
    legend.text = element_text(face = "italic", margin = margin(r = 10)),
    plot.margin = margin(t = 30,  # Top margin
                         r = 30,  # Right margin
                         b = 30,  # Bottom margin
                         l = 30) # Left margin
  )
proportions_graph

proportions_sorted2 <- proportions_sorted %>%
  filter(component != "total")

propmean <- proportions_sorted2 %>%
  group_by(groupcat, component) %>%
  summarise(mean = mean(proportions))

proportions_graph2  <-  ggplot(proportions_sorted2,  aes(x  =  groupcat,  y  =
proportions)) +
```

```
  geom_boxplot(color = "gray60", outlier.alpha = 0) +
  stat_summary(fun=mean, geom = "errorbar", linetype = "dashed") +
  geom_text(data = propmean, aes(x = groupcat, y = mean, label = mean), family
= "Times", size = 4, vjust = "bottom", hjust = "left") +
#  geom_point(size = 2, alpha = 1) +
  facet_grid(~ component, scales = "free") +
  coord_flip() +
  scale_y_continuous(limits = c(0, 70), expand = c(0, 0), breaks = seq(0,100,10))
+
  labs(title = "", x = "", y = "% of users per component") +
  theme(
    legend.position = "none",
    plot.title = element_text(hjust = 0.5, size = 14, family = "Times", face =
"bold"),
    axis.title = element_text(size = 12, family = "Times", face = "bold"),
    axis.text.x = element_text(size = 12, family = "Times"),
    axis.text.y = element_text(size = 12, family = "Times", face = "bold"),
    strip.text.x = element_text(colour = "black", size = 12, face = "bold"),
    legend.text = element_text(margin = margin(r = 10)),
    plot.margin = margin(t = 30,  # Top margin
                         r = 30,  # Right margin
                         b = 30,  # Bottom margin
                         l = 30) # Left margin
  )
proportions_graph2


#create plot for journals
interactions_graph <- interactions_sorted %>%
  dplyr::filter(Tweet == "RT") %>%
  ggplot(aes(x = grouptarget, y = interactions)) +
  scale_shape_manual(values=1:10) +
  geom_boxplot(color = "gray60", outlier.alpha = 0) +
  geom_point(size = 3, aes(group = factor(article), shape = factor(article),
colour = factor(article))) +
  facet_wrap(~ groupsource, scales = "free") +
  coord_flip() +
  scale_y_continuous(limits = c(0, 100), expand = c(0, 0)) +
  labs(x = "Groups being retweeted", y = "% of retweets", colour = "Article",
shape = "Article") +
  theme(
    legend.position = "bottom",
    panel.grid = element_blank(),
    plot.title = element_text(hjust = 0.5, size = 12, family = "serif", face =
"bold"),
    axis.title = element_text(colour = "black", size = 10, family = "serif",
face = "bold"),
    axis.text.x = element_text(colour = "black", size = 10, family = "serif"),
    axis.text.y = element_text(colour = "black", size = 10, family = "serif",
face = "bold"),
    strip.text.x = element_text(colour = "black", size = 10, face = "bold"),
    legend.text = element_text(face = "italic", margin = margin(r = 10)),
    plot.margin = margin(t = 30,  # Top margin
                         r = 30,  # Right margin
                         b = 30,  # Bottom margin
                         l = 30) # Left margin
  )
```

```
interactions_graph


## =================
# Rémi code for paper temporal diffusion
# created: 03 Feb 2022

library(ggplot2)
library(ggpubr)
library(showtext)
library(lubridate)
library(dplyr)

showtext_auto()

tweets <- read.csv("AllTweets.csv", header = T, encoding = "UTF-8", sep=";")
tweets$Posted_on <- as_datetime(tweets$Posted_on)
tweets$Day <- as_date(tweets$Posted_on)
tweets$id_art <- as.character(as.numeric(tweets$id_art))
tweets$tweet_id <- as.character(as.numeric(tweets$tweet_id))

tweets_temp <- tweets %>%
  group_by(id_art) %>%
  arrange(Posted_on, by_group = T) %>%
  filter(row_number() <= floor(n()/2)) %>%
  summarise(halflife = round(time_length(interval(start = min(Posted_on), end =
max(Posted_on)), unit = "day"), digits = 0))

tweets <- left_join(tweets, tweets_temp, by = "id_art")

tweets_day <- tweets %>%
  group_by(id_art, Day) %>%
  summarise(tweetsday = n_distinct(tweet_id),
            halflife = halflife) %>%
  distinct()


tweets_sorted <- tweets %>%
  mutate(id_art = fct_reorder(id_art, halflife))

tweets_sorted$id_art <- gsub("53869748", "Fossil fuels", tweets_sorted$id_art)
tweets_sorted$id_art <- gsub("54363041", "Syrian drought", tweets_sorted$id_art)
tweets_sorted$id_art      <-      gsub("54641347",      "Extinction      risk",
tweets_sorted$id_art)
tweets_sorted$id_art <- gsub("55016289", "Bumblebees", tweets_sorted$id_art)
tweets_sorted$id_art <- gsub("55701738", "Public health", tweets_sorted$id_art)
tweets_sorted$id_art <- gsub("56833212", "Dietary change", tweets_sorted$id_art)
tweets_sorted$id_art      <-      gsub("56998671",      "Food      production",
tweets_sorted$id_art)
tweets_sorted$id_art <- gsub("57098278", "Harappa", tweets_sorted$id_art)
tweets_sorted$id_art    <-    gsub("57313486",    "EU    Nature    legislation",
tweets_sorted$id_art)
tweets_sorted$id_art     <-     gsub("59541576",     "Ecological     networks",
tweets_sorted$id_art)

tweets_sorted2 <- tweets_day %>%
  mutate(id_art = fct_reorder(id_art, halflife))
```

```
tweets_sorted2$id_art <- gsub("53869748", "Fossil fuels", tweets_sorted2$id_art)
tweets_sorted2$id_art      <-      gsub("54363041",      "Syrian      drought",
tweets_sorted2$id_art)
tweets_sorted2$id_art      <-      gsub("54641347",      "Extinction      risk",
tweets_sorted2$id_art)
tweets_sorted2$id_art <- gsub("55016289", "Bumblebees", tweets_sorted2$id_art)
tweets_sorted2$id_art      <-      gsub("55701738",      "Public      health",
tweets_sorted2$id_art)
tweets_sorted2$id_art      <-      gsub("56833212",      "Dietary      change",
tweets_sorted2$id_art)
tweets_sorted2$id_art      <-      gsub("56998671",      "Food      production",
tweets_sorted2$id_art)
tweets_sorted2$id_art <- gsub("57098278", "Harappa", tweets_sorted2$id_art)
tweets_sorted2$id_art    <-    gsub("57313486",    "EU    Nature    legislation",
tweets_sorted2$id_art)
tweets_sorted2$id_art     <-     gsub("59541576",     "Ecological     networks",
tweets_sorted2$id_art)


#plot theme
theme_set(theme_light(base_size = 12, base_family = "Times"))

set.seed(2022)

date_graph <- ggplot(tweets_sorted, aes(x = id_art, y = Day, color = id_art)) +
  geom_boxplot(color = "gray60", outlier.alpha = 0) +
  geom_jitter(size = 1.5, alpha = 0.2, width = 0.2) +
  coord_flip() +
  ggsci::scale_color_aaas() +
  scale_y_date(date_breaks = "6 months", date_minor_breaks = "1 month") +
  labs(title = "", x = "", y = "Timeline of tweets") +
  theme(
    legend.position = "none",
    plot.title = element_text(hjust = 0.5, size = 12, family = "serif", face =
"bold"),
    axis.title = element_text(colour = "black", size = 10, family = "serif"),
    axis.text.x = element_text(colour = "black", size = 10, family = "serif"),
    axis.text.y = element_text(colour = "black", size = 10, family = "serif",
face = "italic"),
    strip.text.x = element_text(colour = "black", size = 10, face = "bold"),
    legend.text = element_text(margin = margin(r = 10)),
    plot.margin = margin(t = 30,  # Top margin
                         r = 30,  # Right margin
                         b = 30,  # Bottom margin
                         l = 30) # Left margin
  )

date_graph
```

ANNEXE B

RÉSUMÉ DES DONNÉES AGRÉGÉES – CATÉGORISATION DES USAGERS

Les tableaux suivants présentes quelques-unes des données agrégées pour la catégorisation des usagers par revue et par année. Les tableaux agrégées pour l'ensemble de la thèse sont disponibles sur Github, à l'exception des informations détaillées sur les tweets et les comptes : https://github.com/toupinr/research_contexts_Twitter/tree/master/data.

Tableau A1-1 : Résumé des proportions de comptes assignés à chaque catégorie pour les revues les plus importantes du corpus à l'étude en termes de nombre d'usagères et d'usagers. Les résultats ont été obtenus au moyen du script réalisé pour la catégorisation des comptes dans le cadre du premier article de la thèse.

Revue	**Nombre d'articles**	**Nombre de comptes**	**Académique**	**Personnel**	**Professionnel**	**Politique**	**Communication**	**Organisation**	**Éditeurs**	**Bots**	**% non-assignés**
			% des profils	% des profils	% des profils	% des profils	% des profils	% des profils	% des profils	% des profils	
Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America	29	3338	23.2	30.2	13.6	17.0	13.8	14.6	0.9	0.2	31.9
Nature Climate Change	51	2152	35.9	23.2	15.3	13.7	12.5	23.4	1.0	0.5	26.3
Science	8	1763	29.1	26.5	13.4	12.3	11.6	18.5	0.9	0.7	31.9
Nature	7	1739	28.6	26.5	17.3	18.9	12.3	21.1	0.9	0.4	24.8
Plos One	130	1721	30.9	23.8	15.9	10.8	12.8	20.6	1.0	1.3	28.9
Scientific Reports	52	1514	24.8	21.9	15.9	10.9	10.6	16.1	0.3	0.9	37.3
Nature Communications	19	956	40.0	21.8	12.2	8.2	10.4	23.1	0.6	0.3	28.8
Climatic Change	169	938	30.1	21.7	18.9	16.4	14.7	24.1	1.1	0.2	24.7
Lancet	2	815	24.2	29.1	21.3	17.9	10.6	25.2	1.6	0.1	25.2
Global Change Biology	92	732	42.6	26.6	13.3	7.4	10.7	27.2	1.2	1.9	23.0
Environmental Research Letters	51	701	23.8	25.0	11.7	18.8	11.7	18.7	1.0	0.3	29.5

Global Environmental Change-Human And Policy Dimensions	38	435	38.2	24.1	15.6	17.7	12.4	24.4	1.4	0.0	20.2
Plos Biology	3	405	33.8	18.0	10.4	7.2	10.6	20.5	1.0	0.0	38.0
Journal Of Climate	46	320	21.9	31.9	14.7	15.3	17.2	10.6	0.6	0.9	30.0
Nature Geoscience	6	284	34.5	24.6	19.0	17.3	17.3	20.8	1.1	0.7	22.5
Conservation Letters	4	257	28.4	30.0	18.3	13.2	7.4	22.2	0.8	0.0	27.6
Ecography	9	254	44.1	20.5	8.7	7.1	7.9	19.7	3.1	0.4	26.8
Climate Policy	9	247	23.5	22.7	17.4	24.3	12.6	26.3	3.2	0.0	23.9
Geophysical Research Letters	40	244	36.1	22.1	11.9	8.6	6.1	22.5	0.8	1.6	28.7
Climate And Development	34	240	22.1	18.8	20.8	24.2	10.4	26.2	3.3	0.0	21.2
Diversity And Distributions	19	221	50.7	20.8	10.9	7.2	8.1	30.3	0.9	0.0	20.8
Regional Environmental Change	63	219	38.4	17.8	13.7	14.6	7.8	31.1	1.4	0.5	18.3
Biological Conservation	23	201	41.8	19.9	12.9	8.0	13.9	23.9	2.5	0.0	24.9
Ecosphere	15	175	51.4	26.3	10.9	7.4	10.9	21.7	2.9	0.0	19.4
Proceedings Of The Royal Society B-Biological Sciences	13	161	57.8	24.2	7.5	5.0	5.6	23.6	2.5	3.7	18.0
Bulletin Of The American Meteorological Society	8	155	28.4	22.6	14.8	19.4	18.7	17.4	1.3	0.0	25.2
International Journal Of Environmental Research And Public Health	21	144	26.4	25.0	11.8	10.4	9.0	28.5	2.1	1.4	29.2
Ecology And Evolution	19	143	41.3	25.2	13.3	5.6	12.6	19.6	4.9	1.4	26.6
Ecology Letters	7	137	56.2	19.0	10.2	7.3	5.8	26.3	2.9	2.9	19.7
Science & Education	1	136	8.1	22.8	14.7	16.2	8.8	7.4	0.0	0.0	45.6

Tableau A1-2 : Résumé des résultats de la catégorisation des comptes par catégories et par année. Les résultats ont été obtenus au moyen du script réalisé pour la catégorisation des comptes dans le cadre du premier article de la thèse.

Catégories de publics	Exemples	Tous les articles				2015				2016			
		N de comptes	% profils	% avec assinations unique	% assignations Académique	N de comptes	% profils	% avec assinations unique	% assignations Académique	N de comptes	% profils	% avec assinations unique	% assignations Académique
Académique	*Post-doctoral coastal scientist / engineer @unisouthampton, UK. Researches #sealevelrise #impacts #adaptation #islands #deltas. Also likes #cows.*	5549	28.0 %	32.5%		3194	27.2 %	31.2%		3346	32.0 %	34.8%	
Personnel	*Curious, Mother of two, Retired.*	4866	24.6 %	31.9%	33.0%	3031	25.8 %	31.9%	31.8%	2343	22.4 %	29.6%	38.0%
Professionnel	*Environmental attorney. Climate change terrifies me.*	3001	15.2 %	24.8%	29.2%	1813	15.4 %	22.9%	29.0%	1515	14.5 %	25.1%	32.9%
Politique	*Mayor of @CityKitchener. Community promoter of Kitchener & @WRAwesome-ness. Past Prez of @FCM_online. Treasurer of @uclg_org. Motto: Live ~ Love ~ Laugh*	2572	13.0 %	28.2%	25.5%	1659	14.1 %	27.2%	24.5%	1240	11.8 %	28.2%	29.8%
Communication	*Journaliste, directrice de la rédaction de @Sante_Magazine. Mes tweets n'engagent que moi. Compte perso*	2237	11.3 %	26.3%	32.5%	1393	11.9 %	26.1%	31.9%	1140	10.9 %	25.9%	36.2%
Organisation	*Updates from AAAS, the American*	4211	21.3 %	37.7%	36.3%	2466	21.0 %	38.2%	34.5%	2386	22.8 %	37.3%	39.5%

	Association for the Advancement of Science. Open minds. Join us. http://tinyurl.com/Join AAAS												
Éditeurs	*Published by Oxford University Press, AoB PLANTS features peer-reviewed articles on all aspects of environmental and evolutionary plant biology.*	357	1.8%	37.8%	13.4%	213	1.8%	38.0%	14.1%	217	2.1%	39.2%	12.0%
Bots	*A Bots tweeting new research from the Canadian Government (NRC, AAFC, EC, DFO & NRCan). Not affiliated the Government of Canada*	101	0.5%	61.4%	3.0%	61	0.5%	65.6%	3.3%	68	0.6%	58.8%	1.5%
Non-assignés		5944	30.0 %			3443	29.3 %			3031	29.0 %		
Total		19783		36.4%		11745		36.3%		10467		37.2%	

ANNEXE C

PROCÉDURE POUR LE CODAGE MANUEL

Le codage se fait à travers une base de données sur NVivo, séparée en 4 projets

- Projet introductif de 200 comptes
- Projet en concomitance de 1000 comptes
- Deux projets d'analyse individuels de 9373 comptes chacun

Les informations à coder se trouvent dans la colonne Author_Description. Il s'agit de catégoriser le plus spécifiquement possible la manière dont les comptes se présentent sur Twitter. Comme le projet porte sur l'engagement envers les changements climatiques à travers la communication scientifique, il s'agit d'examiner si les usagers/comptes se présentent comme étant des membres de la communauté scientifique, des communicateurs, des « publishers », des institutions, des robots et d'identifier les expressions sous-tendant des intérêts politiques (ou engagements politiques), professionnels ou personnels. Ainsi, il s'agit de **voir comment le compte se présente** auprès des autres usagers. Pour ce faire, nous codons tous les éléments pertinents à l'une ou l'autre de ces catégories, tout en gardant en tête qu'elles ne sont pas exclusives et que des biographies, ou même des expressions spécifiques dans les biographies, peuvent être codées selon plusieurs catégories. Si pertinent, il sera possible d'ajouter de nouvelles catégorisations en cours d'analyse après une confirmation entre les deux codeurs.

Une comparaison du codage manuel sera faite entre les deux codeurs après les 1000 premiers tweets pour vérifier le degré de précision entre les deux procédures.

Catégories :

Faculty : À utiliser pour identifier ce qui relève du milieu académique et de la recherche. Peut identifier autant des individus (chercheurs, étudiants, PhD, etc.) que des organisations (centres de recherche, laboratoires, etc.). Si le compte s'identifie comme étant une organisation, on y apposera également le code Institutions.

Exemples de biographies codées en tant que Faculty :

« Post-Doctoral Fellow, Division of Biological Sciences, University of Montana; migration ecology, climate change, individual differences, phenotypic flexibility »

« Primatologist, conservationist, and PhD student studying lemurs in Madagascar. Pics are mine unless stated. »

« Geographer and STS scholar @ueaenv interested in climate, history of science, empire and the politics of the atmosphere. »

« student of natural sciences (OU), geek, naturalist, have an eclectic taste in music and a love for fine beer » -> ce qui est en vert serait codé en tant que Personal »

« Scientist, science blogger, book-lover » -> ce qui est en bleu serait codé en tant que Communication ; ce qui est en vert serait codé en tant que Personal »

Communication : À utiliser pour identifier les comptes s'identifiant comme des communicateurs ou des médias ou qui s'identifient comme effectuant de la transmission de connaissances vers le grand public. Peut identifier autant des individus (écrivains, journalistes, communicateurs, etc.) que des organisations (médias, organes de presse, etc.). Si le compte s'identifie comme étant une organisation, on y apposera également le code Institutions.

Exemples de biographies codées en tant que Communication :

« Freelance journalist and writer | Science, nature, animals & environment | Author of The Eye of the Sandpiper »

« Independent Science Journalist and online science media manager. I'm a geologist-turned-journalist, in the biz since 1991. »

« Writing on climate/energy for @NexusMediaNews. Bylines in @PopSci, @BusinessInsider, @qz, @ThinkProgress. Opinions are my own. RTs are oaths of fealty. »

« Writer, atmospheric scientist, professor. At this very instant my feet are being warmed by a blue heeler. » -> ce qui est en bleu serait codé en tant que Faculty ; ce qui est en vert serait codé en tant que Personal

Publishing : À utiliser pour identifier les comptes s'identifiant comme des journaux scientifiques ou des éditeurs scientifiques. Vérifier si les publications mentionnées dans les descriptifs sont des journaux ou sont publiées par des éditeurs scientifiques. Ne pas appliquer la catégorie Faculty.

Exemples de biographies codées en tant que Publishing :

« Bringing you the latest news from Insect Conservation & Diversity - content alerts and more »

« Official page for Elsevier Aquatic Sciences. Research and news on Water Resources, Marine & Freshwater biology, Fisheries, Aquaculture, Hydrology, Oceanography »

« SAGE is a leading international publisher of journals, books and electronic media for academic, educational, and professional markets »

Bots : À utiliser pour identifier les comptes s'identifiant comme des robots ou des comptes automatisés ou générant du contenu de manière automatisée. Peut nécessiter une vérification du compte sur Twitter pour voir s'il y a des régularités dans les publications.

Exemples de biographies codées en tant que Bots :

« RSS bot that tweets from PubMed literature searches about iron-oxidizing microorganisms from the domains Bacteria and Archaea. Managed by @beamjake »

« Automatically tweets ecological content from journals in plant biology. Auto filtering used to select content. Maintained by @EcoEvoGames »

Institutions : À utiliser UNIQUEMENT pour identifier les comptes s'identifiant comme des organisations ou des institutions, comme les comptes représentant un centre de recherche, un média, etc.

Exemples de biographies codées en tant que Institutions :

« Princeton Environmental Institute (PEI) is the interdisciplinary center for environmental research, education and outreach at Princeton University. » -> en l'occurrence, ce descriptif serait également codé en tant que Faculty

« InsideClimate News is a Pulitzer-winning non-profit, non-partisan news organization that covers clean energy, carbon energy, nuclear energy and climate science. » -> le descriptif serait aussi codé en tant que Communication

« Innovative Ph.D. Program in Comparative Biology- the first Ph.D. degree-granting program for any museum in the western hemisphere » -> -> ce descriptif serait également codé en tant que Faculty

« Award-winning website dedicated to analysis and fact-checking of energy policy and climate change science, with a focus on the UK. » -> le descriptif serait aussi codé en tant que Communication

Political : À utiliser pour identifier les expressions ou les comptes présentant un engagement ou un intérêt politique. Peut être utilisé à la fois pour identifier les militants que les décideurs politiques. Désigne les comptes engagés activement dans le policy-making ou l'activisme environnemental.

Exemples de biographies codées en tant que Political :

« European Advocate for Civil Society. Spanish Green Member European Parliament 2004-2009. Tweets represent personal opinions »

« Executive Director Greenpeace Southeast Asia. Climate Change activist; Pilgrim; peace activist; spiritual ambassador; Tweets my own humble views »

« Green Party candidate for Southend West, environmental campaigner and activist »

Professionnal : À utiliser pour identifier les comptes ou les expressions présentant des intérêts professionnels.

Exemples de biographies codées en tant que Professional :

« Editor-in-chief for American Scientist magazine, @AmSciMag. Director of Science Communications & Publications, @SigmaXiSociety. Tweets my own. »

« Engineer, roboethicist and pro-feminist. Interested in robots as working models of life, evolution, intelligence and culture. –> ce qui est en vert serait codé en tant que Personal

« Head of communications at @IPCC_ch Working Group I TSU. Former deputy editor of @CarbonBrief. Views expressed here are my own etc. » -> serait aussi codé en tant que Communication

Personal : À utiliser pour coder les expressions décrivant des intérêts purement personnels des usagers.

Exemples de biographies codées en tant que Personal:

« Geek & gamer, coffee addict , Star Citizen, and happy ferret owner »

« Eternal student | Concerned citizen | In constant awe and amazement of the life, interactions and abiotic forces that surround us. »

« Evolutionary biologist, programmer, crappy musician. PhD candidate at the University of São Paulo, working on the evolution of pleiotropy and covariation. » -> ce qui est en vert serait codé en tant que Faculty

« family, friends, science, humanism, poetry, adventure, space travel, nature, wildlife, climate change, are examples of what I care about the most in the world. »

NON ID – LANG : À utiliser lorsque le descriptif ne présente aucun élément en français ou en anglais permettant le codage de la biographie.

Exemples : « Informático, físico, doctor en matemáticas y divulgador científico; en mi blog practico el arte de hacer fácil lo difícil, aunque no siempre lo logro. »

NON ID – NO SPEC : À utiliser lorsque le descriptif ne présente pas d'éléments spécifiques pouvant être codés aux catégories mentionnées plus haut. Cette catégorie inclut les proverbes, dictons, ou autres expressions ne fournissant pas d'éléments d'identification clairs.

Exemples : « It takes time learning to fly... »

« JOURNEy WITHIN yOURsELf, ENTER A MIND fULL Of RUBIEs AND BATHE IN THE sPLENDOR Of yOUR OWN LIGHT. »

Doublons : À utiliser pour classer les comptes ou descriptifs présents en double dans le corpus.

Other : À utiliser en cas de besoin lorsque la biographie présente des éléments pertinents pour le codage mais qui ne peuvent être classés actuellement ou que la catégorisation est ambigue. Ces descriptifs seront reclassés par le chercheur principal du projet.

APPENDICE A

MATÉRIEL SUPPLÉMENTAIRE - ARTICLE « WHO TWEETS CLIMATE CHANGE PAPERS? INVESTIGATING PUBLICS OF RESEARCH THROUGH USERS' DESCRIPTIONS »

Tableau S1-3 : Specific results for Academia assignations in 10 highly tweeted papers.

The table below presents detailed results about the assignations to the Academia category for all papers and 10 highly tweeted papers. Listed are the number of tweeting users (Total number of users), number of users assigned to Academia (N of Academic assign.), % of users assigned to Academia (% of Academic assign.), % of unique assignations (% No overlap), % of Twitter profiles assigned to Academia and at least one other specific category (Communication, Political, Professional or Personal), and % of Twitter profiles assigned to Academia and least one category between Organizations, Publishers and Bots (% Org|Pub|Bot overlap).

			Academic coverage		Academic overlaps					
Title	Publication Year	Total number of users	N of Academic assign.	% of Academic assign.	% No overlap	% Communication overlap	% Political overlap	% Professional overlap	% Personal overlap	% Org|Pub|Bot overlap
Total		19783	5545	28.0	32.2	13.1	11.8	15.7	29.4	28.3
Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought	2015	1760	245	13.9	22.4	22.4	20.8	18.0	40.8	22.0
The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 degrees C	2015	1265	292	23.1	26.4	13.7	24.0	20.2	33.6	24.3
Accelerating extinction risk from climate change	2015	749	152	20.3	26.3	17.1	19.7	17.8	38.2	23.7
Health and climate change: policy responses to protect public health	2015	481	126	26.2	19.0	13.5	18.3	27.8	36.5	32.5
Climate change impacts on bumblebees converge across continents	2015	337	91	27.0	30.8	13.2	6.6	17.6	30.8	34.1
Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change	2016	659	166	25.2	24.7	15.7	15.1	20.5	41.6	27.7
Oxygen isotope in archaeological bioapatites from India: Implications to climate change and decline of Bronze Age Harappan civilization	2016	537	56	10.4	28.6	25.0	16.1	16.1	25.0	19.6
Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study	2016	347	75	21.6	30.7	14.7	18.7	21.3	30.7	29.3
Ecological networks are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change	2016	276	132	47.8	36.4	10.6	6.8	8.3	26.5	31.1
Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change	2016	238	62	26.1	30.6	12.9	16.1	16.1	33.9	17.7

Tableau S1-4 : Specific results for Communication assignations in 10 highly tweeted papers.

The above table presents detailed results about the assignations to the Communication category for all papers and 10 highly tweeted papers. Listed are the number of tweeting users (Total number of users), number of users assigned to Communication (N of Communication assign.), % of users assigned to Communication (% of Communication assign.), % of unique assignations (% No overlap), % of Twitter profiles assigned to Communication and at least one other specific category (Academia, Political, Professional or Personal), and % of Twitter profiles assigned to Communication and least one category between Organizations, Publishers and Bots (% Org|Pub|Bot overlap).

			Communication coverage		Communication overlaps					
Title	Publication Year	Total number of users	N of Communication assign.	% of Communication assign.	% No overlap	% Academic overlap	% Political overlap	% Professional overlap	% Personal overlap	% Org|Pub|Bot overlap
Total		19783	2237	11.3	26.2	32.4	14.2	21.4	34.5	16.8
Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought	2015	1760	261	14.8	30.3	21.1	22.2	16.1	41.8	9.6
The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 degrees C	2015	1265	165	13.0	27.3	24.2	21.2	20.0	37.0	12.1
Accelerating extinction risk from climate change	2015	749	92	12.3	20.7	28.3	23.9	21.7	53.3	10.9
Health and climate change: policy responses to protect public health	2015	481	55	11.4	23.6	30.9	20.0	30.9	38.2	18.2
Climate change impacts on bumblebees converge across continents	2015	337	38	11.3	10.5	31.6	2.6	34.2	44.7	21.1
Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change	2016	659	84	12.7	19.0	31.0	23.8	25.0	44.0	14.3
Oxygen isotope in archaeological bioapatites from India: Implications to climate change and decline of Bronze Age Harappan civilization	2016	537	50	9.3	22.0	28.0	14.0	32.0	42.0	10.0
Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study	2016	347	32	9.2	31.2	34.4	15.6	12.5	37.5	9.4
Ecological networks are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change	2016	276	25	9.1	8.0	56.0	4.0	24.0	32.0	36.0
Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change	2016	238	18	7.6	11.1	44.4	16.7	22.2	33.3	11.1

Tableau S1-5 : Specific results for Political assignations in 10 highly tweeted papers.

The above table presents detailed results about the assignations to the Political category for all papers and 10 highly tweeted papers. Listed are the number of tweeting users (Total number of users), number of users assigned to Political (N of Political assign.), % of users assigned to Political (% of Political assign.), % of unique assignations (% No overlap), % of Twitter profiles assigned to Political and at least one other specific category (Academia, Communication, Professional or Personal), and % of Twitter profiles assigned to Political and least one category between Organizations, Publishers and Bots (% Org|Pub|Bot overlap).

			Political coverage		Political overlaps					
Title	Publication Year	Total number of users	N of Political assign.	% of Political assign.	% No overlap	% Academic overlap	% Communication overlap	% Professional overlap	% Personal overlap	% Org|Pub|Bot overlap
Total		19783	2564	13.0	28.0	25.6	12.4	21.6	33.2	19.4
Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought	2015	1760	337	19.1	32.0	15.1	17.2	18.1	46.6	12.5
The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 degrees C	2015	1265	301	23.8	29.9	23.3	11.6	18.3	30.2	16.6
Accelerating extinction risk from climate change	2015	749	138	18.4	37.0	21.7	15.9	14.5	44.9	10.1
Health and climate change: policy responses to protect public health	2015	481	95	19.8	26.3	24.2	11.6	21.1	38.9	32.6
Climate change impacts on bumblebees converge across continents	2015	337	37	11.0	32.4	16.2	2.7	16.2	35.1	24.3
Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change	2016	659	133	20.2	38.3	18.8	15.0	20.3	32.3	12.8
Oxygen isotope in archaeological bioapatites from India: Implications to climate change and decline of Bronze Age Harappan civilization	2016	537	44	8.2	31.8	20.5	15.9	27.3	31.8	9.1
Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study	2016	347	56	16.1	28.6	25.0	8.9	28.6	41.1	23.2
Ecological networks are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change	2016	276	25	9.1	28.0	36.0	4.0	16.0	24.0	20.0
Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change	2016	238	31	13.0	25.8	32.3	9.7	29.0	29.0	12.9

Tableau S1-6 : Specific results for Professional assignations in 10 highly tweeted papers.

The above table presents detailed results about the assignations to the Professional category for all papers and 10 highly tweeted papers. Listed are the number of tweeting users (Total number of users), number of users assigned to Professional (N of Professional assign.), % of users assigned to Professional (% of Professional assign.), % of unique assignations (% No overlap), % of Twitter profiles assigned to Professional and at least one other specific category (Academia, Communication, Political or Personal), and % of Twitter profiles assigned to Professional and least one category between Organizations, Publishers and Bots (% Org|Pub|Bot overlap).

			Professional coverage		Professional overlaps					
Title	Publication Year	Total number of users	N of Professional assign.	% of Professional assign.	% No overlap	% Academic overlap	% Communication overlap	% Political overlap	% Personal overlap	% Org|Pub|Bot overlap
Total		19783	2963	15.0	24.0	29.4	16.1	18.7	34.3	23.6
Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought	2015	1760	214	12.2	21.5	20.6	19.6	28.5	49.5	19.2
The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 degrees C	2015	1265	245	19.4	23.3	24.1	13.5	22.4	29.8	25.3
Accelerating extinction risk from climate change	2015	749	95	12.7	25.3	28.4	21.1	21.1	49.5	10.5
Health and climate change: policy responses to protect public health	2015	481	111	23.1	23.4	31.5	15.3	18.0	36.0	27.0
Climate change impacts on bumblebees converge across continents	2015	337	59	17.5	16.9	27.1	22.0	10.2	33.9	33.9
Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change	2016	659	116	17.6	23.3	29.3	18.1	23.3	36.2	25.0
Oxygen isotope in archaeological bioapatites from India: Implications to climate change and decline of Bronze Age Harappan civilization	2016	537	84	15.6	45.2	10.7	19.0	14.3	34.5	6.0
Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study	2016	347	63	18.2	31.7	25.4	6.3	25.4	41.3	23.8
Ecological networks are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change	2016	276	30	10.9	16.7	36.7	20.0	13.3	36.7	30.0
Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change	2016	238	45	18.9	20.0	22.2	8.9	20.0	57.8	17.8

Tableau S1-7 : Specific results for Personal assignations in 10 highly tweeted papers.

The above table presents detailed results about the assignations to the Personal category for all papers and 10 highly tweeted papers. Listed are the number of tweeting users (Total number of users), number of users assigned to Personal (N of Personal assign.), % of users assigned to Personal (% of Personal assign.), % of unique assignations (% No overlap), % of Twitter profiles assigned to Personal and at least one other specific category (Academia, Communication, Political or Professional), and % of Twitter profiles assigned to Personal and least one category between Organizations, Publishers and Bots (% Org|Pub|Bot overlap).

			Personal coverage		Personal overlaps					
Title	Publication Year	Total number of users	N of Personal assign.	% of Personal assign.	% No overlap	% Academic overlap	% Communication overlap	% Political overlap	% Personal overlap	% Org|Pub|Bot overlap
Total		19783	4939	25.0	32.0	33.0	15.6	17.3	20.6	15.1
Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought	2015	1760	611	34.7	42.9	16.4	17.8	25.7	17.3	10.3
The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 degrees C	2015	1265	350	27.7	24.9	28.0	17.4	26.0	20.9	16.0
Accelerating extinction risk from climate change	2015	749	236	31.5	37.3	24.6	20.8	26.3	19.9	8.1
Health and climate change: policy responses to protect public health	2015	481	146	30.4	28.1	31.5	14.4	25.3	27.4	19.9
Climate change impacts on bumblebees converge across continents	2015	337	101	30.0	34.7	27.7	16.8	12.9	19.8	14.9
Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change	2016	659	200	30.3	29.5	34.5	18.5	21.5	21.0	16.0
Oxygen isotope in archaeological bioapatites from India: Implications to climate change and decline of Bronze Age Harappan civilization	2016	537	114	21.2	47.4	12.3	18.4	12.3	25.4	8.8
Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study	2016	347	100	28.8	37.0	23.0	12.0	23.0	26.0	18.0
Ecological networks are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change	2016	276	59	21.4	18.6	59.3	13.6	10.2	18.6	13.6
Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change	2016	238	77	32.4	32.5	27.3	7.8	11.7	33.8	18.2

APPENDICE B

MATÉRIEL SUPPLÉMENTAIRE - ARTICLE « WHO'S IN, WHO'S OUT : ANALYZING CONVERSATIONS ABOUT CHANGE RESEARCH ON TWITTER »

Tableau S2-8 : Dataset summary

Summary of the descriptive metrics about the 10 climate change research papers investigated in this study. Presented are the title of the paper, the journal where is it published, the publication year, the number of users included in the retweets and mentions networks, the number of edges, the number of retweets, the number of mentions, the % of isolated nodes, the % of nodes and the % of edges in in the main component, the tweetspan between first and last tweet, as well as the tweet halflife.

Title	Journal	Year	N of users	N of edges	N of RTs	N of MTs	% isolated nodes	% nodes MC	% edges MC	Tweetspan (days)	Tweet halflife (days)
Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought	*PNAS*	2015	2232	2005	1647	358	8.8	49	60	945	740
The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 degrees C	*Nature*	2015	1611	1441	999	442	12.5	58	76	992	6
Accelerating extinction risk from climate change	*Science*	2015	896	833	703	130	9.2	35	39	882	34
Health and climate change: policy responses to protect public health	*Lancet*	2015	531	487	396	91	11.1	72	85	811	2
Climate change impacts on bumblebees converge across continents	*Science*	2015	406	376	282	94	10.3	62	76	698	1
Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change	*PNAS*	2016	802	470	317	153	24.4	4	7	560	15
Oxygen isotope in archaeological bioapatites from India: Implications to climate change and decline of Bronze Age Harappan civilization	*Scientific Reports*	2016	737	760	645	115	7.2	79	89	495	169

Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study	*Lancet*	2016	382	279	235	44	22.5	55	80	510	3
Ecological networks are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change	*Nature Communications*	2016	290	256	244	12	8.3	65	77	67	1
Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change	*Conservation Letters*	2016	260	360	308	52	4.2	85	95	576	8

Tableau S2-9 : Retweets and mentions network profile - Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought.

Informations provided include descriptive metrics of structure of the network, temporal metrics of the diffusion of the paper, aggregated centrality and betweeness metrics, as well as informations about the 10 most central and intermediary users.

Paper title : *Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought*
Journal : *Proceedings of the National Academy of Sciences*
Number of nodes : 2232
Number of edges : 2005
Number of retweets : 1647
Number of mentions : 358
Number of components : 380
Number of isolated nodes : 197
Number of nodes (largest component) : 1098
Number of edges (largest component) : 1201

Date of publication : March 17 2015
Date of first tweet : March 02 2015
Tweetspan : 945 days
Tweet halflife : 740 days

Aggregated centrality and betweeness metrics

Categories	Nb nodes	Nb tweets	N RTs/MTs in	N RTs/MTs out	Max in-degree	Max out-degree	In-degree centrality	Betweeness centrality
Academia	316	339	1271 / 68	171 / 101	1137	12	4	17
Communication	279	233	259 / 90	144 / 47	55	10	1	1
Personal	444	463	14 / 25	392 / 58	4	6	0	0
Political	491	502	22 / 53	442 / 47	5	8	0	0
Professional	130	129	18 / 17	81 / 30	7	7	0	0
Unassigned	572	518	63 / 105	417 / 75	35	5	0	0

10 most central nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb in-degrees	Nb out-degrees	Component	Cat / type
@rvawonk	9	21782	2017-01-26 22:52:54 +00:00	1137	6	203	Academia / Unassigned
#Feminist. Behavioral Scientist. "Long-time Trump critic." Liberal in my politics & my use of snark							
@tonyjuniper	4	15498	2015-09-03 07:50:58 +00:00	55	2	5	Communication / Unassigned
I write, advise and campaign to change ideas, so that social progress and sound economics go forward with Nature.							

@docj76tw	0	NULL	NULL	35	0	203	Unassigned / Unassigned
NULL							
@dirtybiology	1	52837	2015-11-17 01:27:18 +00:00	35	0	206	Communication / Unassigned
Véhicule pour des gènes qu'on m'a donnés de force, vidéaste, auteur.							
@alexpreditor	1	8311	2015-11-15 19:46:11 +00:00	28	0	12	Communication / Unassigned
Assistant Editor @AlterNet. New York values.							
@heidicullen	1	16659	2015-03-03 01:25:52 +00:00	27	0	12	Academia / Unassigned
Climate scientist @ClimateCentral. Chief Science Advisor for @YEARSofLIVING. @SeeingEyeInc puppy raiser. Author of The Weather of the Future.							
@willblackwriter	1	90431	2015-11-23 16:13:34 +00:00	24	0	226	Communication / Unassigned
Author & journalist. Latest book: Psychopathic Cultures and Toxic Empires. NEW BOOK on way. http://www.huffingtonpost.co.uk/author/will-black							
@chellaney	1	80786	2015-03-03 15:04:40 +00:00	23	0	31	Communication / Unassigned
Strategic thinker, author, commentator							
@sylvainlapoix	1	16231	2015-11-17 20:13:22 +00:00	22	0	209	Communication / Unassigned
journaliste indé - #datajournaliste @Data_gueule / #opendata #rstats @ @Datactivi_st + @CFImedias #Afrique FRphone @sylvainlapoix@mastodon.xyz							
@laurentcalixte	2	2405	2017-07-10 13:23:35 +00:00	18	1	368	Communication / Unassigned
Journaliste IT et high tech. Tweete surtout sur le thème : Comment la presse en ligne peut-elle devenir rentable ? Voir #SitesInfoRentables. [#i4Emploi]							

10 most intermediary nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb degrees	Betweeness centrality	Component	Cat / type
@rvawonk	9	21782	2017-01-26 22:52:54 +00:00	1143	5233	203	Academia / Unassigned
#Feminist. Behavioral Scientist. "Long-time Trump critic." Liberal in my politics & my use of snark							
@tonyjuniper	4	15498	2015-09-03 07:50:58 +00:00	57	119	5	Communication / Unassigned
I write, advise and campaign to change ideas, so that social progress and sound economics go forward with Nature.							

@ret_ward	4	8584	2015-03-02 22:42:50 +00:00	23	94	5	Academia / Unassigned
Policy and Communications Director at the Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment at LSE. But these views are my own.							
@colinkelley2	12	304	2015-03-02 20:22:47 +00:00	16	48	1	Academia / Author
Climate scientist interested in drought, climate variability and change, links to conflict in water stressed regions. Tweets and opinions solely my own.							
@lamontearth	4	4587	2015-07-27 12:50:40 +00:00	17	41	1	Academia / Organization
Lamont-Doherty Earth Observatory builds fundamental knowledge about the origin, evolution & future of our planet. We are part of @Columbia's @EarthInstitute.							
@eileendefreest	1	11655	2017-01-27 00:06:37 +00:00	13	35	203	Communication / Unassigned
American Feminist in London (and New York & LA) | Gay | Anti-Trump | Ardent Democrat | Gin Enthusiast-Collector | Writer of Miscellany | US-Irish-Brit Citizen							
@laurentcalixte	2	2405	2017-07-10 13:23:35 +00:00	18	17	368	Communication / Unassigned
Journaliste IT et high tech. Tweete surtout sur le thème : Comment la presse en ligne peut-elle devenir rentable ? Voir #SitesInfoRentables. [#i4Emploi]							
@afreedma	1	140465	2015-03-02 21:49:26 +00:00	5	17	1	Communication / Unassigned
Senior editor @mashable. Climate, science, weather, and politics. Tips: **afreedman@protonmail.com** | **andrew@mashable.com**. DM me for Signal #.							
@jeneenhh	1	172	2015-11-14 12:29:47 +00:00	6	15	5	Academia / Unassigned
MSc Biodiversity, Conservation and Management @MScBiodiversity @UniofOxford. Interested in social and environmental justice campaigns, marine and plant ecology.							
@ddimick	2	2405	2015-03-02 20:45:22 +00:00	8	14	1	Academia / Unassigned
Visualizing the Anthropocene @eyeson_earth; Alum Picture & Exec. Environment Editor @natgeo (1980-2015); Faculty @mophotoworkshop My music @ECMRecords RTs = RTs							

Tableau S2-10 : Retweets and mentions network profile - The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 degrees C.

Informations provided include descriptive metrics of structure of the network, temporal metrics of the diffusion of the paper, aggregated centrality and betweeness metrics, as well as informations about the 10 most central and intermediary users.

Paper title : *The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 degrees C*

Journal : *Nature*

Number of nodes : 1611

Number of edges : 1441

Number of retweets : 999

Number of mentions : 442

Number of components : 330

Number of isolated nodes : 201

Number of nodes (largest component) : 937

Number of edges (largest component) : 1091

Date of publication : January 07 2015

Date of first tweet : January 07 2015

Tweetspan : 992 days

Tweet halflife : 6 days

Aggregated centrality metrics

Categories	Nb nodes	Nb tweets	N RTs/MTs in	N RTs/MTs out	Max in-degree	Max out-degree	In-degree centrality	Betweeness centrality
Academia	380	433	311 / 145	204 / 143	100	9	1	110
Communication	181	167	175 / 45	109 / 38	38	9	1	35
Personal	197	212	14 / 12	150 / 51	4	9	0	0
Political	288	341	312 / 84	204 / 87	69	27	1	52
Professional	225	218	152 / 54	127 / 48	44	3	1	43
Unassigned	340	310	35 / 102	205 / 75	7	32	0	36

10 most central nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb in-degrees	Nb out-degrees	Component	Cat / type
@nature	2	1062972	2015-01-12 14:08:58 +00:00	100	0	1	Academia / Publishers
International weekly journal of science. Editorials, News & Views, corrections and primary research coverage here. For news, please see @NatureNews.							
@actonclimate	38	5173	2015-01-08 00:08:44 +00:00	69	16	1	Political / Unassigned

We have less than 5 years to act on climate change or severely increase risk of human extinction- 5% of us left 2150 if we do nothing! REDUCE CO2 #climateaction							
@tofmcglade	8	283	2015-01-07 18:14:58 +00:00	66	9	1	Academia / Author
Researcher in energy and resource modelling (mainly shale gas), UCL ISR. Failed chess prodigy. Belfast boy.							
@philkearney	1	636	2015-05-13 09:32:50 +00:00	44	0	256	Professional / Unassigned
An Taisce, farmer, Green, de Borda & Clanwilliam Institutes, Nuclear Transparency Watch.							
@simonbullock	2	2312	2015-01-08 09:05:13 +00:00	41	1	1	Political / Unassigned
Senior campaigner, climate change and energy team, Friends of the Earth.							
@climategroup	1	124259	2015-01-08 10:28:37 +00:00	38	0	1	Communication / Organization
Daily low carbon economy news, facts, live events & #ClimateTV leader interviews. Follow #CWNYC #RE100 #EP100 #EV100 #Under2Coalition and #StatesandRegions							
@djspratt	2	3482	2015-01-07 21:14:13 +00:00	33	2	1	Communication / Unassigned
Climate activist, author, blogger.							
@litefootprints	6	979	2017-03-08 02:12:20 +00:00	30	4	1	Political / Organization
Lighter Footprints aims to influence Australians (including local, state and national decision makers) to take the necessary action to halt global warming.							
@drgrist	1	66671	2015-01-09 00:59:00 +00:00	26	0	1	Communication / Unassigned
Seattleite transplanted from Tennessee; now blogging for **http://Vox.com** about energy politics. Climate hawk, deficit dove. Not a doctor.							
@tom_burke_47	8	8412	2015-01-10 17:30:04 +00:00	25	1	1	Professional / Unassigned
Environmentalist. Chairman & Founding Director of @E3G. Particularly active on energy & climate issues. Prominent critic of government nuclear power policy.							

10 most intermediary nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb degrees	Betweeness centrality	Component	Cat / type
@tofmcglade	8	283	2015-01-07 18:14:58 +00:00	75	14133	1	Academia / Author
Researcher in energy and resource modelling (mainly shale gas), UCL ISR. Failed chess prodigy. Belfast boy.							

@ucl_isr	2	2816	2015-01-07 18:38:31 +00:00	16	11202	1	Academia / Organization
The UCL Institute for Sustainable Resources, supporting cross-disciplinary research approaches to the sustainable use of natural resources.							
@beatesjafjell	2	2005	2015-01-20 10:14:17 +00:00	5	10807	1	Academia / Unassigned
#LawProfessor @JusiOslo **http://jus.uio.no/companies** #SMARTproject #H2020 @UniOsloSMART #SustainableCompanies #SustainableMarketActors #DaughtersOfThemis							
@elvindtraedal	18	14751	2015-01-09 11:39:17 +00:00	39	10582	1	Unassigned / Unassigned
Klima, politikk og lol's . I Oslo bystyre for @oslopartiet .Førstekandidat for @partiet i Aust-Agder. Facebook: **https://www.facebook.com/eivindtraedal**							
@stv_smth	1	337	2015-01-07 21:56:12 +00:00	18	8168	1	Professional / Organization
Head of science for @theCCCuk by day. Here is where I post personal takes on climate science & solutions.							
@actonclimate	38	5173	2015-01-08 00:08:44 +00:00	85	7495	1	Political / Unassigned
We have less than 5 years to act on climate change or severely increase risk of human extinction- 5% of us left 2150 if we do nothing! REDUCE CO2 #climateaction							
@takvera	8	3825	2015-01-09 00:33:47 +00:00	33	3829	1	Communication / Unassigned
Citizen Journalist at #Nofibs, #climate blogger @Camoreland, parent, cyclist, NTEU, Eureka Australia Medal. NGO #COP21 #COP22 observer							
@litefootprints	6	979	2017-03-08 02:12:20 +00:00	34	2435	1	Political / Organization
Lighter Footprints aims to influence Australians (including local, state and national decision makers) to take the necessary action to halt global warming.							
@ragnhildfd	3	1702	2015-01-19 12:52:03 +00:00	14	2415	1	Academia / Unassigned
Anthropologist, theatremaker, PhD Candidate at Scott Polar Research Institute, University of Cambridge.							
@simonbullock	2	2312	2015-01-08 09:05:13 +00:00	42	2054	1	Political / Unassigned
Senior campaigner, climate change and energy team, Friends of the Earth.							

Tableau S2-11 : Retweets and mentions network profile - Accelerating extinction risk from climate change.

Informations provided include descriptive metrics of structure of the network, temporal metrics of the diffusion of the paper, aggregated centrality and betweeness metrics, as well as informations about the 10 most central and intermediary users.

Paper title : *Accelerating extinction risk from climate change*
Journal : *Science*
Number of nodes : 896
Number of edges : 833
Number of retweets : 703
Number of mentions : 130
Number of components : 140
Number of isolated nodes : 82
Number of nodes (largest component) : 313
Number of edges (largest component) : 323

Date of publication : May 01 2015
Date of first tweet : April 30 2015
Tweetspan : 882 days
Tweet halflife : 34 days

Aggregated centrality metrics

Categories	Nb nodes	Nb tweets	N RTs/MTs in	N RTs/MTs out	Max in-degree	Max out-degree	In-degree centrality	Betweeness centrality
Academia	203	209	581 / 37	133 / 29	235	6	3	2
Communication	90	75	18 / 54	57 / 6	9	3	1	0
Personal	138	142	8 / 1	125 / 5	7	2	0	0
Political	184	240	65 / 9	163 / 72	24	58	0	0
Professional	46	45	3 / 5	38 / 6	2	4	0	0
Unassigned	235	229	28 / 24	187 / 12	12	2	0	0

10 most central nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb in-degrees	Nb out-degrees	Component	Cat / type
@rvawonk	3	217872	2017-01-26 23:20:14 +00:00	235	1	121	Academia / Unassigned
#Feminist. Behavioral Scientist. "Long-time Trump critic." Liberal in my politics & my use of snark							
@sciencemagazine	2	1048827	2015-04-30 20:18:20 +00:00	218	0	8	Academia / Publishers
The world's leading outlet for cutting-edge research in all areas of science. Follow @NewsfromScience for stories from our news team.							

@mirandayaver	1	4908	2017-04-29 18:35:44 +00:00	85	1	121	Academia / Unassigned
Political scientist (US law & policy) and writer for hire, health policy blogger, @Columbia PhD, progressive political junkie, @springsteen fiend, @SFGiants fan							
@richardmclellan	3	18944	2015-05-02 22:29:41 +00:00	24	2	8	Political / Unassigned
CEO @NACC_NRM - Environmentalist. @OurWAParks Ambassador. Into: ecology, biodiversity, conservation, and sustainable agriculture. Not into: #ClimateChange							
@msnbclive	NULL	NULL	NULL	12	0	107	Unassigned / Unassigned
Senior campaigner, climate change and energy team, Friends of the Earth.							
@ourcarbon	1	8771	2015-05-01 22:05:57 +00:00	10	0	8	Political / Unassigned
In the spectacular Klamath-Siskiyou bioregion, fighting to protect 8 million acres of public lands. This is a critical #climatechange refuge for biodiversity.							
@tewksjj	1	1815	2015-05-02 12:09:11 +00:00	9	1	8	Academia / Unassigned
Director, @FutureEarth Colorado Global Hub; Res. Prof. @CU_ENVS_Program, Senior Fellow @SOGES_CSU, Exec. Editor @Anthropocenemag, #LeopoldLP fellow. my tweets							
@occupywallstreet	1	210168	2015-06-11 04:00:38 +00:00	9	0	100	Political / Organization
Occupying Wall Street since Sep 17, 2011. Standing with global #Occupy. About our team: http://bit.ly/tweetship #BetterWay #NotMyPresident #TheResistance							
@cop21	NULL	107824	NULL	9	0	107	Communication / Organization
Conférence des Nations unies sur les changements climatiques à Paris, 30 novembre - 12 décembre 2015.							
@santiak	1	1203	2015-04-30 19:36:14 +00:00	8	0	4	Academia / Unassigned
Profesor de biología evolutiva, PUCE. Dedicado al estudio de los anfibios, su diversidad y conservación. Cuenta personal.							

10 most intermediary nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb degrees	Betweeness centrality	Component	Cat / type
@rvawonk	3	217872	2017-01-26 23:20:14 +00:00	236	217	121	Academia / Unassigned
#Feminist. Behavioral Scientist. "Long-time Trump critic." Liberal in my politics & my use of snark							
@mirandayaver	1	4908	2017-04-29 18:35:44 +00:00	86	70	121	Academia / Unassigned

Political scientist (US law & policy) and writer for hire, health policy blogger, @Columbia PhD, progressive political junkie, @springsteen fiend, @SFGiants fan							
@richardmclellan	3	18944	2015-05-02 22:29:41 +00:00	26	48	8	Political / Unassigned
CEO @NACC_NRM - Environmentalist. @OurWAParks Ambassador. Into: ecology, biodiversity, conservation, and sustainable agriculture. Not into: #ClimateChange							
@aerin_j	3	3877	2016-09-08 17:32:26 +00:00	10	15	115	Academia / Unassigned
Conservation Scientist @Y2Y_Initiative @LiberEroFellows. Tropical-temperate migrant ecologist in the Rockies. Feminist. Storyteller. Likes looking under rocks.							
@themikerafone	52	445	2015-11-29 12:34:39 +00:00	59	14	107	Political / Unassigned
Need help to Debunk a climate denier claim..Message Me or go here...(not affiliated) http://www.skepticalscience.com/							
@tewksjj	1	1815	2015-05-02 12:09:11 +00:00	10	7	8	Academia / Unassigned
Director, @FutureEarth Colorado Global Hub; Res. Prof. @CU_ENVS_Program, Senior Fellow @SOGES_CSU, Exec. Editor @Anthropocenemag, #LeopoldLP fellow. my tweets							
@mariahallfors	1	439	2015-05-11 06:10:15 +00:00	6	5	8	Academia / Unassigned
Postdoc @Luomus @HelsinkiUni interested in #conservation of species threatened by #ClimateChange incl. #AssistedMigration							
@aluizcosta	2	22676	2015-05-06 14:14:14 +00:00	6	5	8	Unassigned / Unassigned
Escreve sobre a realidade na revista CartaCapital e cria fantasia e ficção científica em contos e romances							
@badlands_nps	1	3537	2017-01-27 20:44:49 +00:00	6	5	8	Political / Unassigned
Officially not the feed of Badlands NP.. Protecting rugged scenery, fossil beds, 244,000 acres of mixed-grass prairie & wildlife. RT/follow/likes≠endorsement							
@climatebrad	NULL	16482	NULL	6	5	8	Political / Unassigned
Climate hawk. Board member, @EndClimtSilence, @climateCREWs.							

Tableau S2-12 : Retweets and mentions network profile - Health and climate change: policy responses to protect public health.

Informations provided include descriptive metrics of structure of the network, temporal metrics of the diffusion of the paper, aggregated centrality and betweeness metrics, as well as informations about the 10 most central and intermediary users.

Paper title : *Health and climate change: policy responses to protect public health*
Journal : *Lancet*
Number of nodes : 531
Number of edges : 487
Number of retweets : 396
Number of mentions : 91
Number of components : 86
Number of isolated nodes : 59
Number of nodes (largest component) : 384
Number of edges (largest component) : 416

Date of publication : June 22 2015
Date of first tweet : June 23 2015
Tweetspan : 811 days
Tweet halflife : 2 days

Aggregated centrality metrics

Categories	Nb nodes	Nb tweets	N RTs/MTs in	N RTs/MTs out	Max in-degree	Max out-degree	In-degree centrality	Betweeness centrality
Academia	156	158	127 / 53	110 / 21	45	3	1	2
Communication	48	52	28 / 3	37 / 9	8	2	1	0
Personal	68	76	27 / 3	56 / 14	22	5	0	1
Political	94	113	88 / 11	83 / 25	40	19	1	3
Professional	86	94	122 / 7	58 / 14	71	4	2	0
Unassigned	79	67	4 / 14	52 / 8	2	3	0	0

10 most central nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb in-degrees	Nb out-degrees	Component	Cat / type
@I_haddad	3	11788	2015-06-24 11:58:24 +00:00	71	0	1	Professional / Organization
Executive Director of the Global Alliance for Improved Nutrition (GAIN). An evidence based champion of efforts to end malnutrition. Soon.							
@thelancet	0	660462	NULL	45	0	1	Academia / Publishers
Welcome to The Lancet on Twitter. Keep in touch with The Lancet, one of the world's leading general medical journals, published weekly since 1823							

@cechr_uod	1	144094	2015-07-21 21:29:49 +00:00	40	0	1	Academia / Organization
Centre for Environmental Change & Human Resilience: Main themes: Food Water Energy Health Sustainability Ecology Environmental Economic & Social Well-being							
@rchoularton	2	1056	2015-06-23 06:51:12 +00:00	32	3	1	Political / Unassigned
Working to build resilience against the impacts of climate change, prevent famine and end hunger - Food Security & Climate Change Specialist @TetraTechIntDev							
@mwbloem	3	117576	2015-06-23 10:34:16 +00:00	30	3	1	Academia / Unassigned
#HIV/#AIDS & #Nutrition, @WFP; @JohnsHopkinsSPH; #climatechange #health #gender #youth Views are my own http://facebook.com/Martin-Bloem-461307674021544/ …							
@resiliencesci	1	5402	2015-06-23 09:17:14 +00:00	25	1	1	Academia / Unassigned
Professor of Environmental Science with focus on Resilience in Social-Ecological Systems at http://www.stockholmresilience.org/							
@timsenior	7	8046	2015-06-23 01:26:22 +00:00	22	5	1	Personal / Unassigned
GP in Aboriginal health & medical education. Find stuff interesting, like environments that keep us well. And violas. Opinions could be mine, aren't employers'.							
@g_stordalen	1	26104	2015-06-23 04:55:59 +00:00	21	2	1	Academia / Unassigned
MD/PhD, Co-Founder & Chair, Stordalen Foundation. Founder&President, EAT Foundation. Tweets on food, climate & health, sustainable business. Young Global Leader							
@pash22	1	20725	2015-06-24 19:00:10 +00:00	19	1	1	Professional / Unassigned
Public Hlth Dr,interested in evid-based health services commissioning,clinical leadership & hlth policy.My views are my own,RTs are no endorsements							
@glen4ont	2	20770	2015-06-28 07:16:21 +00:00	12	0	49	Professional / Unassigned
Executive Director @Pembina Institute							

10 most intermediary nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb degrees	Betweeness centrality	Component	Cat / type
@rchoularton	2	1056	2015-06-23 06:51:12 +00:00	35	247	1	Political / Unassigned

Working to build resilience against the impacts of climate change, prevent famine and end hunger - Food Security & Climate Change Specialist @TetraTechIntDev							
@mwbloem	3	117576	2015-06-23 10:34:16 +00:00	33	180	1	Academia / Unassigned
#HIV/#AIDS & #Nutrition, @WFP; @JohnsHopkinsSPH; #climatechange #health #gender #youth Views are my own http://facebook.com/Martin-Bloem-461307674021544/ …							
@g_stordalen	1	26104	2015-06-23 04:55:59 +00:00	23	109	1	Academia / Unassigned
MD/PhD, Co-Founder & Chair, Stordalen Foundation. Founder&President, EAT Foundation. Tweets on food, climate & health, sustainable business. Young Global Leader							
@timsenior	7	8046	2015-06-23 01:26:22 +00:00	27	88	1	Personal / Unassigned
GP in Aboriginal health & medical education. Find stuff interesting, like environments that keep us well. And violas. Opinions could be mine, aren't employers'.							
@ucghr	16	1412	2015-06-23 06:10:15 +00:00	22	38	1	Political / Organization
A leading global health research centre, relating human health to epidemiological transition, life-course interventions, primary care, gender and climate							
@gchalliance	5	3970	2015-06-29 14:57:42 +00:00	10	30	1	Political / Organization
The Global Climate & Health Alliance is made up of health organizations from all around the world, united by a shared vision of a sustainable future.							
@resiliencesci	1	5402	2015-06-23 09:17:14 +00:00	25	22	1	Academia / Unassigned
Professor of Environmental Science with focus on Resilience in Social-Ecological Systems at http://www.stockholmresilience.org/							
@pash22	1	20725	2015-06-24 19:00:10 +00:00	19	19	1	Professional / Unassigned
Public Hlth Dr,interested in evid-based health services commissioning,clinical leadership & hlth policy.My views are my own,RTs are no endorsements							
@sandrodemaio	1	14776	2015-06-23 15:32:11 +00:00	9	18	1	Professional / Unassigned
Medical doctor w @WHO talking food, NCDs & global health. Co-host #AskTheDoctor on @ABCTV. Ex @Harvard Fellow. Co-Founded @NCDFREE, @PLOS GH & @21_festival. V/O							
@bverheggen	1	2345	2015-07-02 11:58:34 +00:00	9	10	1	Academia / Unassigned
Scientist, Lecturer, Blogger, Speaker Climate Change, Earth System Science, Atmospheric Chemistry Tweets mostly English. For Dutch tweets: @KlimaatVeranda							

Tableau S2-13 : Retweets and mentions network profile - Climate change impacts on bumblebees converge across continents.

Informations provided include descriptive metrics of structure of the network, temporal metrics of the diffusion of the paper, aggregated centrality and betweeness metrics, as well as informations about the 10 most central and intermediary users.

Paper title : *Climate change impacts on bumblebees converge across continents*
Journal : *Science*
Number of nodes : 406
Number of edges : 376
Number of retweets : 282
Number of mentions : 94
Number of components : 66
Number of isolated nodes : 41
Number of nodes (largest component) : 250
Number of edges (largest component) : 284

Date of publication : July 10 2015
Date of first tweet : July 9 2015
Tweetspan : 698 days
Tweet halflife : 1 day

Aggregated centrality metrics

Categories	Nb nodes	Nb tweets	N RTs/MTs in	N RTs/MTs out	Max in-degree	Max out-degree	In-degree centrality	Betweeness centrality
Academia	132	153	202 / 55	90 / 52	146	21	2	21
Communication	44	39	29 / 7	26 / 14	17	4	1	5
Personal	58	55	10 / 2	42 / 5	7	2	0	0
Political	55	44	22 / 18	35 / 5	6	2	1	2
Professional	42	41	16 / 3	30 / 15	6	8	0	13
Unassigned	75	71	3 / 9	59 / 3	2	2	0	0

10 most central nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb in-degrees	Nb out-degrees	Component	Cat / type
@sciencemagazine	3	11048618	2015-07-09 18:57:27 +00:00	146	0	1	Academia / Publishers
The world's leading outlet for cutting-edge research in all areas of science. Follow @NewsfromScience for stories from our news team.							
@cechr_uod	1	144385	2015-08-01 20:58:20 +00:00	29	0	57	Academia / Organization

Centre for Environmental Change & Human Resilience: Main themes: Food Water Energy Health Sustainability Ecology Environmental Economic & Social Well-being							
@matteashardlow	3	2197	2015-07-09 19:25:29 +00:00	17	4	1	Communication / Unassigned
CEO of Buglife - The Invertebrate Conservation Trust @buzz_dont_tweet, Conservationist and Journalist							
@jetkerr	14	1079	2015-07-10 00:46:19 +00:00	13	21	1	Academia / Author
Parent & partner, University of Ottawa chair in macroecology & conservation, President Cdn Soc Ecology Evolution, opinion are my own.							
@uottawa	0	35611	NULL	30	3	1	Academia / Organization
L'Université d'Ottawa | University of Ottawa | @uottawafuture | @uocampus | @uottawaalumni | @uottawageegees | #uOttawa							
@leifr7	7	979	2015-07-09 18:07:35 +00:00	8	6	1	Academia / Author
Inordinate fondness for bees. Ecologist @stoneenv, postdoc @GundInstitute, @uvmvermont. http://www.leifrichardson.org							
@agricpolicy	1	3453	2015-07-10 06:17:41 +00:00	7	0	21	Personal / Unassigned
Grateful Husband and Father.							
@b_strawbridge	1	15714	2016-10-06 07:15:30 +00:00	6	0	62	Political / Unassigned
Love this planet. Hate what we are doing to it. Trying to help by raising awareness & sharing info about the importance of biodiversity...especially bees.							
@bio_diverse	1	2662	2015-07-09 20:17:02 +00:00	6	2	1	Academia / Unassigned
Dad of 2 | Scientist @McGillU | Liber Ero Chair | Director @csbq_qcbs | biodiversity + sustainability science | @LEAP_sci | sketcher | Londoner in Montreal							
@eurekalertaaas	1	33259	2015-07-10 13:00:04 +00:00	6	2	1	Communication / Organization
Daily trending science news, images, videos, & more. Operated by AAAS, the world's largest general science society. Open minds. Join us. https://t.co/fpqEh0mZRN							

10 most intermediary nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb degrees	Betweeness centrality	Component	Cat / type
@jetkerr	14	1079	2015-07-10 00:46:19 +00:00	34	996	1	Academia / Author

Parent & partner, University of Ottawa chair in macroecology & conservation, President Cdn Soc Ecology Evolution, opinion are my own.							
@alex_smith_ants	2	1470	2015-07-09 19:19:58 +00:00	8	585	1	Academia / Unassigned
A molecular ecologist who works with insect biodiversity in ACG, Costa Rica (and other places too!). Canada, UoGuelph, Opinions my own. **http://t.co/ypJdAj8P0F**							
@leifr7	7	979	2015-07-09 18:07:35 +00:00	14	521	1	Academia / Author
Inordinate fondness for bees. Ecologist @stoneenv, postdoc @GundInstitute, @uvmvermont. **http://www.leifrichardson.org**							
@jayfitzsy	1	1320	2015-07-09 20:30:28 +00:00	8	458	1	Professional / Unassigned
Terrestrial ecosystems specialist, Ontario Min Natural Resources. Loves insects et al. Dad x 3. Personal opinions only.							
@sheilacolla	2	1379	2015-07-09 20:31:16 +00:00	5	406	1	Academia / Author
Assistant Professor @EnvironmentYork #Pollinator Conservation, #Endangered Species, #Bumblebees, #CitSci #EcosystemServices #AcademicMama #WomenInStem							
@matteashardlow	3	2197	2015-07-09 19:25:29 +00:00	21	215	1	Communication / Unassigned
CEO of Buglife - The Invertebrate Conservation Trust @buzz_dont_tweet, Conservationist and Journalist							
@bio_diverse	1	2662	2015-07-09 20:17:02 +00:00	8	140	1	Academia / Unassigned
Dad of 2 | Scientist @McGillU | Liber Ero Chair | Director @csbq_qcbs | biodiversity + sustainability science | @LEAP_sci | sketcher | Londoner in Montreal							
@smarten_winter	2	859	2015-07-10 06:39:11 +00:00	10	81	1	Professional / Unassigned
Synthesis Centre Leader & music nerd, drummer @ **https://t.co/OVlH9etNQ5** wildlife ecologist in macroecologists shirt with invasion cap & macroevolutionary hanky							
@resskassen	1	1085	2015-07-10 00:46:11 +00:00	4	70	1	Political / Unassigned
evolution & biodiversity: using little things to answer big questions | science & policy: accelerating change through global dialogues							
@richardmclellan	1	18944	2015-07-09 22:29:33 +00:00	3	51	1	Political / Unassigned
CEO @NACC_NRM - Environmentalist. @OurWAParks Ambassador. Into: ecology, biodiversity, conservation, and sustainable agriculture. Not into: #ClimateChange							

Tableau S2-14 : Retweets and mentions network profile - Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change.

Informations provided include descriptive metrics of structure of the network, temporal metrics of the diffusion of the paper, aggregated centrality and betweeness metrics, as well as informations about the 10 most central and intermediary users.

Paper title : *Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change*
Journal : *Proceedings of the National Academy of Sciences*
Number of nodes : 802
Number of edges : 470
Number of retweets : 317
Number of mentions : 153
Number of components : 353
Number of isolated nodes : 196
Number of nodes (largest component) : 32
Number of edges (largest component) : 32

Date of publication : March 21 2016
Date of first tweet : March 21 2016
Tweetspan : 560 days
Tweet halflife : 15 days

Aggregated centrality metrics

Categories	Nb nodes	Nb tweets	N RTs/MTs in	N RTs/MTs out	Max in-degree	Max out-degree	In-degree centrality	Betweeness centrality
Academia	203	195	99 / 35	60 / 41	13	5	1	0
Communication	95	72	65 / 37	31 / 5	18	2	1	0
Personal	105	121	20 / 11	49 / 27	10	6	0	0
Political	118	119	49 / 17	58 / 36	11	18	1	0
Professional	92	86	48 / 7	44 / 11	9	2	1	0
Unassigned	189	166	36 / 46	75 / 33	8	8	0	0

10 most central nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb in-degrees	Nb out-degrees	Component	Cat / type
@jackcushmanjr	1	3646	2016-03-27 21:29:44 +00:00	18	0	118	Communication / Unassigned
Writing and editing at @insideclimate - Author of Keystone & Beyond http://amzn.to/1qlSOu - #ExxonKnew editor							
@pnasnews	1	72044	2016-03-24 16:19:37 +00:00	13	1	38	Academia / Publishers
Cutting edge news and reports from PNAS, one of the world's most-cited multidisciplinary scientific journals.							

@andybiotech	1	31896	2016-04-03 00:29:02 +00:00	12	0	170	Academia / Unassigned
#Biotech Investor | Recovering Scientist | May have positions in mentioned names | Opinions are strictly my own and not intended as investment advice							
@veganchatroom	2	52832	2016-03-22 10:15:31 +00:00	11	0	6	Political / Organization
Promoting #veganism online since 2008. Support the #vegan community in these Twitter chats: 🗨Tue 7pm UK #veganhour and 🗨Thu 8pm UK #veganrecipehour 🍸 ⓋⒺⒼⒶⓃ							
@michaelmossc	1	8653	2016-03-28 19:26:07 +00:00	11	1	130	Communication / Unassigned
Author of Salt Sugar Fat, a #1 @NYT seller. @PulitzerPrize for some bad burgers. Holding food corp feet to the fire. Up next, Hooked: Food & Free Will							
@elenaeg4a	5	2667	2016-04-05 09:37:23 +00:00	10	4	176	Academia / Unassigned
Veterinarian, Ph.D., working for a more compassionate future. Farm Animals Programme Leader @Act4AnimalsEU. Caring Vet & member of @avat_ma. Views my own.							
@freshwatersteve	1	3243	2016-04-19 18:46:11 +00:00	10	0	206	Personal / Unassigned
Global Change, Freshwater ecosystems. Tweets are my own. Retweet does not imply agreement							
@volervolaramar	1	461	2016-03-24 00:36:31 +00:00	9	0	70	Professional / Unassigned
Zoologist, with focus on wildlife management and resolution of human conflicts. Head of wildlife conservation and animal welfare.							
@tapasdeciencia	1	169817	2016-03-26 07:20:46 +00:00	8	0	100	Professional / Unassigned
Director de las revistas @muyinteresante ESTAR BIEN, MUY ACTUAL y PREGUNTAS Y RESPUESTAS. Y codirector de @Muy_Mascotas							
@rubenmarciaprie	1	5842	2017-07-10 17:01:08 +00:00	8	0	340	Unassigned / Unassigned
Buscador de verdades. Socio DSP-0003 de @DieteticaSin. #SanidadDesnutrida. Dietista-Nutricionista Col.MU00137 No, no me paga Jack & Jones, aunque ya podría 😳							

10 most intermediary nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb degrees	Betweeness centrality	Component	Cat / type
@elenaeg4a	5	2667	2016-04-05 09:37:23 +00:00	14	31	176	Academia / Unassigned

Veterinarian, Ph.D., working for a more compassionate future. Farm Animals Programme Leader @Act4AnimalsEU. Caring Vet & member of @avat_ma. Views my own.							
@pnasnews	1	72044	2016-03-24 16:19:37 +00:00	14	22	38	Academia / Publishers
Cutting edge news and reports from PNAS, one of the world's most-cited multidisciplinary scientific journals.							
@michaelmossc	1	8653	2016-03-28 19:26:07 +00:00	12	11	130	Communication / Unassigned
Author of Salt Sugar Fat, a #1 @NYT seller. @PulitzerPrize for some bad burgers. Holding food corp feet to the fire. Up next, Hooked: Food & Free Will							
@schimmbo	3	5589	2016-09-28 18:01:05 +00:00	7	8	6	Political / Unassigned
Activist, environmentalist & vegan chef. Co-founder of **http://www.loveseitan.com**							
@polarbears	1	21895	2016-03-22 20:10:21 +00:00	5	8	38	Political / Organization
Sustaining a future for polar bears across the Arctic.							
@cmichaelgibson	1	323078	2016-03-22 20:15:33 +00:00	5	8	39	Academia / Unassigned
Doc Artist Researcher Teacher Communicator Philosopher Awake-Dreamer #cmgsays **http://wikidoc.org** | RT ≠ endorse | Disclaimer here: **http://bit.ly/1mewZOF**							
@g_stordalen	2	26104	2016-03-22 14:59:43 +00:00	8	7	25	Academia / Unassigned
MD/PhD, Co-Founder & Chair, Stordalen Foundation. Founder&President, EAT Foundation. Tweets on food, climate & health, sustainable business. Young Global Leader							
@marianastern	2	421	2016-03-23 16:04:25 +00:00	8	6	38	Academia / Unassigned
Cancer epidemiologist @USC, doing research on diet & cancer, #prostatecancer, cancer in #Latinos							
@marcvegan	2	8183	2016-03-24 18:54:05 +00:00	5	4	64	Political / Unassigned
#ObjectiveTRUTH #GlobalWarming #ClimateChange #AnimalRights #GoVegan #KeepItInTheGround #Solar #Wind #MedicareForAll #Liberal							
@vegetarlegen	2	394	2016-03-26 08:14:52 +00:00	5	4	102	Unassigned / Unassigned
Lege Tanja Kalchenko tvitrer om plantebasert kosthold: næringsmessig fullverdig og effektivt i forebygging av mange sykdommer.							

Tableau S2-15 : Retweets and mentions network profile - Oxygen isotope in archaeological bioapatites from India: Implications to climate change and decline of Bronze Age Harappan civilization.

Informations provided include descriptive metrics of structure of the network, temporal metrics of the diffusion of the paper, aggregated centrality and betweeness metrics, as well as informations about the 10 most central and intermediary users.

Paper title : *Oxygen isotope in archaeological bioapatites from India: Implications to climate change and decline of Bronze Age Harappan civilization*
Journal : *Scientific Reports*
Number of nodes : 737
Number of edges : 760
Number of retweets : 645
Number of mentions : 115
Number of components : 81
Number of isolates : 53
Number of nodes (largest component) : 579
Number of edges (largest component) : 678

Date of publication : May 25 2016
Date of first tweet : May 25 2016
Tweetspan : 495 days
Tweet halflife : 169 days

Aggregated centrality metrics

Categories	Nb nodes	Nb tweets	N RTs/MTs in	N RTs/MTs out	Max in-degree	Max out-degree	In-degree centrality	Betweeness centrality
Academia	66	79	258 / 11	41 / 20	214	5	4	21
Communication	47	39	288 / 33	23 / 6	170	3	7	4
Personal	96	111	28 / 15	91 / 22	15	7	0	1
Political	100	115	2 / 7	102 / 13	2	6	0	1
Professional	73	80	15 / 4	62 / 15	14	8	0	6
Unassigned	355	373	54 / 45	326 / 39	16	8	0	1

10 most central nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb in-degrees	Nb out-degrees	Component	Cat / type
@indianinterest	4	51008	2016-10-17 15:39:27 +00:00	214	5	3	Academia / Unassigned
Physicist, writer, geostrategist, historian. Bibliophile. Musician. Lifter. Neither Secular nor Socialist. RTs/Likes/Quotes≠Endorsement							
@davidfrawleyved	3	53556	2017-03-03 04:13:26 +00:00	170	2	3	Communication / Unassigned

Pandit Vamadeva Shastri, Vedacharya, author, Yoga, Ayurveda and Jyotish teacher, D.Litt., Padma Bhushan							
@aranganathan72	1	49318	2017-01-28 13:49:51 +00:00	36	0	3	Communication / Unassigned
Author, Land of the Wilted Rose (Rupa); For Love & Honour (Bloomsbury); The Rat Eater (Juggernaut). Consulting Editor & Columnist, http://www.Newslaundry.com							
@hindolsengupta	1	19989	2017-03-03 03:54:13 +00:00	34	0	3	Communication / Unassigned
World Economic Forum Young Global Leader. Knight-Bagehot Fellow @Columbia. Editor-at-Large, Fortune India. Award-winning author of 8 books. Classic liberal.							
@sanjeevsanyal	1	18984	2016-05-29 01:48:01 +00:00	31	0	3	Communication / Unassigned
Writer, economist and collector of old maps. RTs are not endorsements							
@rapiduplift	4	848	2016-05-26 02:48:33 +00:00	21	5	3	Academia / Unassigned
sedimentary geologist dreaming of a Himalayan home...interested in evolution and environmental issues, soccer and rugby coach, traveler..							
@scireports	5	73151	2016-06-05 11:05:11 +00:00	19	0	57	Academia / Publishers
Online & #openaccess. A primary research publication from @nresearchnews, covering all areas of the natural & clinical #sciences.							
@sankrant	1	19118	2016-05-29 16:37:15 +00:00	17	1	3	Communication / Unassigned
Author, Entrepreneur, Meditator, IITian. Learn Sufi dances, Sudarshan Kriya. Drummer :) Book: The English Medium Myth निज भाषा उन्नति अहे http://bhashaneeti.org							
@arangarajan1972	0	NULL	NULL	16	0	3	Unassigned / Unassigned
NULL							
@trueindology	2	49141	2016-06-28 15:26:48 +00:00	15	3	3	Personal / Unassigned
Indian literature, Archaeology, History,Linguistics,Theology http://facebook.com/trueindologylive trueindology.in RT=/=endorsement							

10 most intermediary nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb degrees	Betweeness centrality	Component	Cat / type
@indianinterest	4	51008	2016-10-17 15:39:27 +00:00	219	1256	3	Academia / Unassigned
Physicist, writer, geostrategist, historian. Bibliophile. Musician. Lifter. Neither Secular nor Socialist. RTs/Likes/Quotes≠Endorsement							

@sandith	3	308	2017-03-03 02:02:24 +00:00	9	424	3	Professional / Unassigned
Naval Architect, History, Hindu Philosophy and Comparitive Studies, Modi Fan, Indian Art & Drama							
@davidfrawleyved	3	53556	2017-03-03 04:13:26 +00:00	172	160	3	Communication / Unassigned
Pandit Vamadeva Shastri, Vedacharya, author, Yoga, Ayurveda and Jyotish teacher, D.Litt., Padma Bhushan							
@rapiduplift	4	848	2016-05-26 02:48:33 +00:00	26	128	3	Academia / Unassigned
sedimentary geologist dreaming of a Himalayan home...interested in evolution and environmental issues, soccer and rugby coach, traveler..							
@sapnakapse3	3	4899	2016-11-07 11:09:56 +00:00	16	83	3	Unassigned / Unassigned
NULL							
@ishan327	3	181	2016-11-07 13:38:44 +00:00	12	55	3	Unassigned / Unassigned
NULL							
@aparanjape	6	24617	2016-05-26 06:38:17 +00:00	12	43	3	Personal / Unassigned
Diverse interests: Software/IT, Healthcare, Emerging Tech, Science, Startups, Economics, Current Affairs, History, Cricket, City of Pune							
@hindurajyam	6	204842	2016-11-07 11:15:36 +00:00	8	42	3	Political / Unassigned
Om Namo Venkateshaya Namaha.Establishing Hindu Rashtra shud be the immediate goal of every hindu. #SanatanaDharma Follow @noconversion							
@trueindology	2	49141	2016-06-28 15:26:48 +00:00	18	26	3	Personal / Unassigned
Indian literature, Archaeology, History,Linguistics,Theology **http://facebook.com/trueindologylive** **trueindology.in** RT=/=endorsement							
@thesignoffive	2	3505	2016-05-26 04:58:28 +00:00	6	24	3	Personal / Unassigned
Tweets, views my own. Please keep it clean. #TasteTest **http://bit.ly/1U4h3JN** || #NowPlaying **http://bit.ly/2e656WT** || #NowListening **http://bit.ly/2dPxrmv**							

Tableau S2-16 : Retweets and mentions network profile - Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study.

Informations provided include descriptive metrics of structure of the network, temporal metrics of the diffusion of the paper, aggregated centrality and betweeness metrics, as well as informations about the 10 most central and intermediary users.

Paper title : *Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study*
Journal : *The Lancet*
Number of nodes : 382
Number of edges : 279
Number of retweets : 235
Number of mentions : 44
Number of components : 117
Number of isolated nodes : 86
Number of nodes (largest component) : 211
Number of edges (largest component) : 222

Date of publication : March 3 2016
Date of first tweet : March 3 2016
Tweetspan : 510 days
Tweet halflife : 3 days

Aggregated centrality metrics

Categories	Nb nodes	Nb tweets	N RTs/MTs in	N RTs/MTs out	Max in-degree	Max out-degree	In-degree centrality	Betweeness centrality
Academia	104	113	171 / 30	70 / 10	133	3	2	1
Communication	34	40	13 / 2	20 / 4	5	2	0	0
Personal	50	50	11 / 1	34 / 4	4	2	0	0
Political	48	49	26 / 2	30 / 8	18	2	1	0
Professional	66	69	7 / 2	35 / 10	1	2	0	0
Unassigned	80	72	7 / 7	46 / 8	2	4	0	0

10 most central nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb in-degrees	Nb out-degrees	Component	Cat / type
@thelancet	1	282054	2016-03-03 09:36:29 +00:00	133	0	5	Academia / Publishers
Welcome to The Lancet on Twitter. Keep in touch with The Lancet, one of the world's leading general medical journals, published weekly since 1823.							
@ifpri_km	3	938	2016-03-09 16:28:34 +00:00	22	1	5	Academia / Organization

Stay in touch for latest research, publication, tools, datasets, and data visualizations, from the International Food Policy Research Institute (@ifpri).							
@wfp_health	1	9260	2016-03-12 04:23:02 +00:00	18	0	5	Political / Organization
WFP Nutrition Division: Linking work of @WFP to #health, #nutrition, health systems, social protection, retention in & adherence to care, & resilience building.							
@ifpri	3	19989	2016-03-09 16:25:06 +00:00	9	2	5	Academia / Organization
The International Food Policy Research Institute seeks sustainable solutions for ending hunger and poverty.							
@janwerners	2	18984	2016-03-04 14:48:06 +00:00	7	2	5	Political / Unassigned
Representative @UNICEFKenya. Tweets on development issues & #children, public health, #nutrition. Views are my own.							
@sandrogalea	1	11118	2016-05-15 15:00:05 +00:00	7	1	5	Academia / Unassigned
Physician, epidemiologist, dad, husband. Dean, professor @BUSPH. Immigrant.							
@rjabuggs	1	1605	2016-03-08 14:27:45 +00:00	7	0	70	Academia / Unassigned
Biologist interested in evolution, speciation, hybridization, whole genome duplication, genomics, conservation, plant health. Sequencing the ash genome.							
@equitylist	2	30178	2016-03-04 17:49:27 +00:00	5	0	49	Communication / Organization
Public Health, Equity and Human Development, Social Determinants of Health news selected by Ruggiero L.							
@edoergosum	1	6909	2016-03-03 14:15:41 +00:00	4	1	5	Communication / Unassigned
Using science to promote a better food justice system for all. Guest curator at @NYAMHistory for 2015. Muses at @HuffingtonPost, @TheAtlantic & @sciam.							
@pete_scarbs	1	144	2016-03-03 09:43:42 +00:00	4	1	5	Academia / Author
Associate Professor, Nuffield Department of Population Health, University of Oxford							

10 most intermediary nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb degrees	Betweeness centrality	Component	Cat / type
@ifpri_km	3	938	2016-03-09 16:28:34 +00:00	23	19	5	Academia / Organization
Stay in touch for latest research, publication, tools, datasets, and data visualizations, from the International Food Policy Research Institute (@ifpri).							

@ifpri	3	19989	2016-03-09 16:25:06 +00:00	11	8	5	Academia / Organization
The International Food Policy Research Institute seeks sustainable solutions for ending hunger and poverty.							
@sandrogalea	1	11118	2016-05-15 15:00:05 +00:00	8	7	5	Academia / Unassigned
Physician, epidemiologist, dad, husband. Dean, professor @BUSPH. Immigrant.							
@pete_scarbs	1	144	2016-03-03 09:43:42 +00:00	5	6	5	Academia / Author
Associate Professor, Nuffield Department of Population Health, University of Oxford							
@jjaimemiranda	1	2206	2016-05-06 12:17:03 +00:00	4	6	5	Academia / Unassigned
MD PhD #Epidemiology #NCDs | @cronicasperu @CayetanoHeredia | #GlobalHealth #PublicHealth							
@mikerayner	3	2174	2016-03-03 14:04:50 +00:00	4	6	5	Academia / Author
I am a researcher into public health nutrition and a minister in the Church of England							
@janwerners	2	18984	2016-03-04 14:48:06 +00:00	9	4	5	Political / Unassigned
Representative @UNICEFKenya. Tweets on development issues & #children, public health, #nutrition. Views are my own.							
@edoergosum	1	6909	2016-03-03 14:15:41 +00:00	5	3	5	Communication / Unassigned
Using science to promote a better food justice system for all. Guest curator at @NYAMHistory for 2015. Muses at @HuffingtonPost, @TheAtlantic & @sciam.							
@evidenceaid	2	2957	2016-03-05 19:45:31 +00:00	3	2	5	Academia / Organization
Evidence Aid, established after the 2004 Indian Ocean tsunami, provides information from systematic reviews to the humanitarian aid community.							
@mauricebloem	2	10817	2016-03-03 12:28:22 +00:00	4	2	5	Personal / Unassigned
EVP @cws_global. Main rep to UN. Incubation Lab. Try to walk the talk. #hunger100 Food, soccer, drums. @enough4all Own views. #dvoiceof **http://www.100mile.org**							

Tableau S2-17 : Retweets and mentions network profile - Ecological networks are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change.

Informations provided include descriptive metrics of structure of the network, temporal metrics of the diffusion of the paper, aggregated centrality and betweeness metrics, as well as informations about the 10 most central and intermediary users.

Paper title : *Ecological networks are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change*
Journal : *Nature Communications*
Number of nodes : 290
Number of edges : 256
Number of retweets : 244
Number of mentions : 12
Number of components : 41
Number of isolated nodes : 24
Number of nodes (largest component) : 193
Number of edges (largest component) : 198

Date of publication : December 23 2016
Date of first tweet : December 23 2016
Tweetspan : 67 days
Tweet halflife : 1 day

Aggregated centrality metrics

Categories	Nb nodes	Nb tweets	N RTs/MTs in	N RTs/MTs out	Max in-degree	Max out-degree	In-degree centrality	Betweeness centrality
Academia	162	164	203 / 10	136 / 7	120	2	1	0
Communication	16	16	7 / 0	13 / 0	7	1	0	0
Personal	17	18	5 / 0	16 / 0	5	2	0	0
Political	15	15	2 / 1	12 / 2	1	2	0	0
Professional	23	27	23 / 0	21 / 3	22	4	1	3
Unassigned	57	59	4 / 1	46 / 0	3	2	0	0

10 most central nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb in-degrees	Nb out-degrees	Component	Cat / type
@natureecoevo	1	11019	2016-12-23 11:19:58 +00:00	120	0	1	Academia / Publishers
Nature Ecology & Evolution published its first issue in Jan 2017. Tweets by @PatrickGoymer, @VDominguesNEE, @marianlturner, @sid_or_simon & @RoinnAnLuisigh.							
@richardmclellan	2	18917	2016-12-24 12:03:23 +00:00	22	2	1	Professional / Unassigned

CEO @NACC_NRM - Environmentalist. @OurWAParks Ambassador. Into: ecology, biodiversity, conservation, and sustainable agriculture. Not into: #ClimateChange							
@idiv	1	829	2017-01-05 08:29:05 +00:00	14	0	27	Academia / Organization
German Centre for Integrative Biodiversity Research. Tweets by Communications team in English & German, mostly about iDiv news. Imprint: **https://t.co/BTBAofeDuG**							
@mschleuni	1	46	2016-12-23 22:00:56 +00:00	12	1	1	Academia / Author
ecologist.birdwatcher.ecotraveller							
@tomholtzpaleo	1	6928	2016-12-23 12:54:48 +00:00	10	0	1	Academia / Unassigned
Tyrannocentric Dinosaur Paleobiologist; Univ. Maryland Principal Lecturer in Vertebrate Paleontology; Dir. Science & Global Change Program; Random House author							
@angelajmcd	1	673	2017-01-05 18:00:37 +00:00	9	0	1	Academia / Unassigned
Plant nerd & Burpee postdoc fellow w/ @MartineBotany @BucknellU #evolution #milkweeds #solanum #coffee #botany2018							
@heterocarpy	1	125	2017-01-05 21:15:56 +00:00	9	0	31	Academia / Unassigned
biodiversity, evolution, climate change, and biology education @ the University of Minnesota and Harvard University Herbaria							
@hopejahren	1	20891	2016-12-23 13:00:07 +00:00	7	0	6	Communication / Unassigned
author of LAB GIRL, winner of the 2016 NBCC award in autobiography							
@jstorplants	1	8929	2017-01-04 21:46:34 +00:00	6	0	26	Academia / Organization
Global Plants, a network of over 300 herbaria, botanical gardens, museums and universities in over 75 countries. Tweets on all things botanical.							
@redkite79	2	513	2016-12-24 10:29:57 +00:00	6	2	1	Academia / Author
Macroecologist @bik_f_ interested in biodiversity and global change. Birdwatcher, choir singer, political animal. More (in German): **http://www.vogelwart.de**							

10 most intermediary nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb degrees	Betweeness centrality	Component	Cat / type
@richardmclellan	2	18917	2016-12-24 12:03:23 +00:00	24	64	1	Professional / Unassigned

CEO @NACC_NRM - Environmentalist. @OurWAParks Ambassador. Into: ecology, biodiversity, conservation, and sustainable agriculture. Not into: #ClimateChange							
@mschleuni	1	46	2016-12-23 22:00:56 +00:00	13	37	1	Academia / Author
ecologist.birdwatcher.ecotraveller							
@redkite79	2	513	2016-12-24 10:29:57 +00:00	8	15	1	Academia / Author
Macroecologist @bik_f_ interested in biodiversity and global change. Birdwatcher, choir singer, political animal. More (in German): **http://www.vogelwart.de**							
@baptischmi	2	203	2016-12-23 16:17:07 +00:00	3	2	1	Academia / Unassigned
Researcher @vogelwarte_sci - interested in Animal movements, bird migration and community ecology - former PhD-student @bik_f_							
@econetlab	1	376	2016-12-23 16:19:48 +00:00	3	2	1	Academia / Organization
Working group @idiv led by Prof. Ulrich Brose addressing the structure, dynamics and functioning of trophic and spatial networks							
@matanature	1	385	2017-01-10 04:48:47 +00:00	3	2	1	Academia / Unassigned
Conservation Science, Insect Ecology, Urban biodiversity, Nature Photography | Research Fellow at RMIT University's @ConsSciRMIT as part of NESP-@CAULHub							
@ufz_de	1	2270	2017-01-11 15:17:29 +00:00	3	2	27	Academia / Organization
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) | Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ); Impressum | Imprint: **http://www.ufz.de/impressum**							
@neilforrest	1	280	2016-12-24 13:01:36 +00:00	2	1	12	Political / Unassigned
I scream, you scream, we all scream for social justice (and ice cream)							

Tableau S2-18 : Retweets and mentions network profile - Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change.

Informations provided include descriptive metrics of structure of the network, temporal metrics of the diffusion of the paper, aggregated centrality and betweeness metrics, as well as informations about the 10 most central and intermediary users.

Paper title : *Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change*
Journal : *Conservation Letters*
Number of nodes : 260
Number of edges : 360
Number of retweets : 308
Number of mentions : 52
Number of components : 21
Number of isolated nodes : 11
Number of nodes (largest component) : 222
Number of edges (largest component) : 341

Date of publication : July 20 2015
Date of first tweet : July 20 2015
Tweetspan : 8 days
Tweet halflife : 1 day

Aggregated centrality metrics

Categories	Nb nodes	Nb tweets	N RTs/MTs in	N RTs/MTs out	Max in-degree	Max out-degree	In-degree centrality	Betweeness centrality
Academia	77	117	99 / 23	88 / 15	44	11	2	38
Communication	14	15	1 / 0	12 / 0	1	2	0	0
Personal	33	40	0 / 0	39 / 1	0	3	0	0
Political	23	35	9 / 1	31 / 1	8	5	0	24
Professional	60	118	175 / 27	86 / 34	102	23	3	77
Unassigned	53	56	24 / 1	52 / 1	20	2	0	7

10 most central nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb in-degrees	Nb out-degrees	Component	Cat / type
@rspbscience	19	7622	2015-07-28 07:20:05 +00:00	102	23	2	Professional / Organization
RSPB Centre for Conservation Science - discovering solutions to 21st century conservation problems							
@stubutchart	2	1541	2015-07-28 18:11:36 +00:00	44	2	2	Academia / Unassigned
Chief Scientist at BirdLife International, the world's largest partnership of nature conservation organisations							

@birdlifeeurope	9	17605	2015-07-28 11:52:31 +00:00	43	9	2	Professional / Organization
BirdLife Europe strives to conserve birds, their habitats and global biodiversity. We are the European Division of BirdLife International.							
@conletters	4	10732	2015-07-28 07:57:01 +00:00	21	3	2	Academia / Publishers
We present cutting-edge advances in the science and practice of conserving biological diversity and promoting human well-being. Tweets by @re_sprout							
@_bto	1	69246	2015-07-28 13:08:55 +00:00	20	1	2	Unassigned / Organization
The British Trust for Ornithology (BTO) is the UK's leading charity working with volunteers to improve our knowledge of birds through monitoring and research.							
@natures_voice	1	265230	2015-07-28 13:20:44 +00:00	14	3	2	Professional / Organization
The official national twitter account for the RSPB, sharing ups & downs of nature and natural environment. Managed by Ross, Lucy and Briony, Mon-Fri 9-5.							
@mike__clarke	1	2179	2015-07-28 08:18:33 +00:00	13	1	2	Professional / Unassigned
Passionate conservationist of the natural world. Incredibly proud to be at the helm of the RSPB as its Chief Executive.							
@ps_applied_ecol	4	674	2015-07-28 08:19:24 +00:00	9	4	2	Academia / Author
Ecologist in @CEGDurham @DurBiol. Editor for @JAppliedEcology. Tweets mostly on #ecology, #science & #environment + occasional political outbursts. Views my own							
@bespolicy	2	8929	2015-07-28 11:34:25 +00:00	8	2	2	Political / Organization
The Policy Team at the British Ecological Society, the voice of the UK's ecological community. Tweets by Ben and Camilla							
@fionajsanderson	2	104	2015-08-06 13:00:30 +00:00	8	1	2	Academia / Author
Senior Conservation Scientist @RSPBScience on impact of tropical commodities on biodiversity, EU policy and bird population trends, etc. Opinions my own.							

10 most intermediary nodes

Twitter handle	Nb tweets	Nb followers	First tweet	Nb degrees	Betweeness centrality	Component	Cat / type
@rspbscience	19	7622	2015-07-28 07:20:05 +00:00	125	3081	2	Professional / Organization
RSPB Centre for Conservation Science - discovering solutions to 21st century conservation problems							

@conletters	4	10732	2015-07-28 07:57:01 +00:00	24	1193	2	Academia / Publishers
We present cutting-edge advances in the science and practice of conserving biological diversity and promoting human well-being. Tweets by @re_sprout							
@birdlifeeurope	9	17605	2015-07-28 11:52:31 +00:00	52	798	2	Professional / Organization
BirdLife Europe strives to conserve birds, their habitats and global biodiversity. We are the European Division of BirdLife International.							
@stubutchart	2	1541	2015-07-28 18:11:36 +00:00	46	674	2	Academia / Unassigned
Chief Scientist at BirdLife International, the world's largest partnership of nature conservation organisations							
@bespolicy	2	8929	2015-07-28 11:34:25 +00:00	10	551	2	Political / Organization
The Policy Team at the British Ecological Society, the voice of the UK's ecological community. Tweets by Ben and Camilla							
@birdlife_news	4	60480	2015-07-28 08:21:24 +00:00	9	390	2	Professional / Organization
BirdLife International is the world’s largest nature conservation network, with 122 Partners in 120 countries. Together, we work for nature and people.							
@bunnefeld	1	1662	2015-07-28 11:16:25 +00:00	3	384	2	Academia / Organization
#ConservationConflict, #ConFooBio ERC project, social-ecological sustainability. @StirUni. Admirer of Scotland's nature, people, culture & music.							
@_bto	1	69246	2015-07-28 13:08:55 +00:00	21	365	2	Unassigned / Organization
The British Trust for Ornithology (BTO) is the UK's leading charity working with volunteers to improve our knowledge of birds through monitoring and research.							
@ps_applied_ecol	4	674	2015-07-28 08:19:24 +00:00	13	360	2	Academia / Author
Ecologist in @CEGDurham @DurBiol. Editor for @JAppliedEcology. Tweets mostly on #ecology, #science & #environment + occasional political outbursts. Views my own							
@fionajsanderson	2	104	2015-08-06 13:00:30 +00:00	9	206	2	Academia / Author
Senior Conservation Scientist @RSPBScience on impact of tropical commodities on biodiversity, EU policy and bird population trends, etc. Opinions my own.							

APPENDICE C

MATÉRIEL SUPPLÉMENTAIRE - ARTICLE « METTRE EN RÉCIT LA CIRCULATION DES DOCUMENTS SAVANTS SUR TWITTER : ÉTUDE DE CAS EXPLORATOIRE SUR L'ARTICLE « CLIMATE CHANGE IMPACTS ON BUMBLEBEES CONVERGE ACROSS CONTINENTS » (KERR ET AL., 2015) »

GRILLE POUR L'ENTRETIEN AVEC APPUI VISUEL

INTRODUCTION, RESEARCH OBJECTIVES AND CONSENT (5 minutes)

PARTIE 1. LE PARCOURS DE L'AUTEUR (10-15 minutes)

Dans cette première partie, il s'agira de mieux comprendre le parcours des participant·es, notamment pour comprendre comment ils et elles en sont venu·es à travailler sur les effets des changements climatiques sur les abeilles. En outre, il s'agira aussi de voir les liens que les participant·es ont tissé au travers de leur parcours.

Vous êtes professeur au Département de biologie de l'Université d'Ottawa. Pouvez-vous me décrire brièvement votre parcours et vos intérêts de recherche ?

Qu'est-ce qui vous a amené à vous intéresser aux effets des changements climatiques sur la dégradation de la biodiversité, notamment sur les abeilles ?

Quelles sont les collaborations que vous avez tissées dans votre parcours ?

Quels moyens utilisez-vous pour annoncer la communication d'un article ? À qui ?

Quelles formes de communication scientifique utilisez-vous? À quelles fins ?

PARTIE 2. CONTEXTE DE RÉDACTION ET DE PUBLICATION DE L'ARTICLE (15 minutes)

Dans cette deuxième partie, nous voulons mieux comprendre le contexte de rédaction et de publication de l'article, notamment pour voir les choix qui ont guidé les auteurs et mieux comprendre les ancrages scientifiques, sociaux et politiques auxquels se rattache l'article.

Quel était l'objectif de l'article *Climate change impacts on bumblebees converge across continents* ?

Comment se sont tissées vos collaborations avec les co-auteurs et co-autrices de l'article ? (1 à la fois)

L'article s'inscrit-il dans un projet de recherche plus large ?

Quelles ont été les retombées scientifiques ou sociales de l'article selon vous ?

Y a-t-il des collaborations qui se sont tissées suite à la publication de cet article ?

PARTIE 3. LA COMMUNICATION DE L'ARTICLE SELON L'AUTEUR (20 minutes)

Dans cette troisième partie, nous voulons mieux comprendre la communication de l'article selon les perspectives de l'auteur. Entre autre, il s'agit de voir quelles sont les retombées pour l'auteur en terme de communication de l'article.

Selon votre perspective, comment l'article a-t-il été diffusé ?

Comment avez-vous utilisé Twitter pour partager l'article ?

Que vous rappelez-vous de la communication de cet article sur Twitter ? Y a-t-il des moments de la communication qui vous ont semblés plus important ?

Comment avez-vous cité cet article dans vos recherches subséquentes ? Avez-vous des collègues qui ont cité cet article ?

Cet article a-t-il eu des retombées auprès de groupes ou de personnes spécifiques? Que pouvez-vous me raconter sur ces groupes ?

PARTIE 4. LA COMMUNICATION DE L'ARTICLE SUR TWITTER SELON LE RÉSEAU DE RETWEETS ET MENTIONS (20 minutes)

Finalement, nous voulons discuter de la communication de l'article sur Twitter, notamment pour mieux comprendre les liens qui unissent les usagers et dégager du sens des visualisations de réseaux. (Utilisation des visualisations de réseaux)

Voici une visualisation du réseau de retweets et de mentions de votre article. (Expliquer le processus de construction de la visualisation). Quelles sont vos impressions sur le réseau?

Y a-t-il des nœuds qui émergent davantage de la visualisation selon vous ? Est-ce que ces nœuds correspondent à des personnes ou des organisations que vous connaissez ?

Qu'est-ce que cette visualisation vous dit sur votre position et celle de vos co-auteurs dans la communication de l'article ?

Comment cette visualisation vous renseigne-t-elle sur la manière dont l'article a circulé ?

PARTIE 5. LA COMMUNICATION DE LA RECHERCHE À PROPOS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES MÉDIAS SOCIAUX (15 minutes)

Comment et à quelles fins utilisez-vous généralement Twitter ?

Comment envisagez-vous Twitter pour la communication des savoirs sur des enjeux reliés changements climatiques en particulier ?

Utilisez-vous d'autres médias sociaux que Twitter ? Si oui comment ?

CLÔTURE ET REMERCIEMENTS

Merci beaucoup pour cette discussion. Y a-t-il des points que nous n'avons pas couvert concernant la communication de votre article qui vous semble importants ?

Parmi vos co-auteurs, y en a-t-il que je devrais rencontrer pour discuter de la communication de l'article sur Twitter?

APPUI VISUEL UTILISÉ LORS DE L'ENTRETIEN

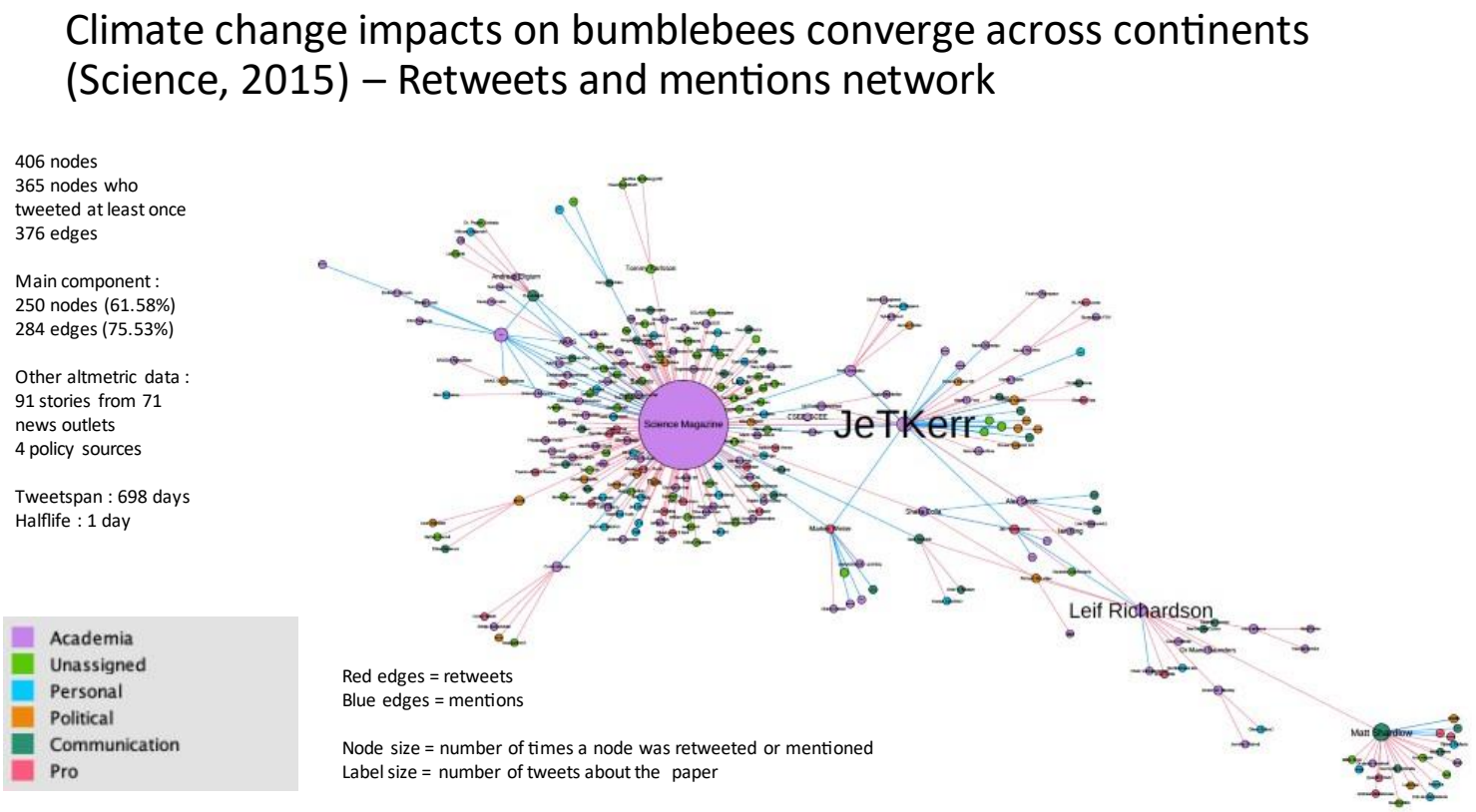


Figure S3-1 : Appui visuel utilisé lors de l'entretien avec l'auteur principal de l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents » (Kerr, *et al.*, 2015). L'appui visuel est basé sur le réseau des retweets et mentions partageant l'article et des informations sur la circulation de l'article d'après les données d'Altmetric.

RÉSUMÉ DE LA COUVERTURE MÉDIATIQUE DE L'ARTICLE

Tableau S3-19 : Résumé non exhaustif des sources d'information qui ont mentionné l'article « Climate change impacts on bumblebees converge across continents » (Kerr et al. 2015).

Ce tableau a été compilé au moyen d'une recherche dans la base de données Eurêka et sur le site web de l'auteur principal de l'article https://macroecology.ca/media. Les communiqués de presse n'ont pas tous été listés puisque les liens n'étaient pas disponibles au moment de la recherche. Nous avons tout de même noté que des agences comme La Presse Canadienne, l'Agence France-Presse, l'Associated Press, MarketWired et Reuters ont produit des communiqués de presse sur l'article. De même, le portrait présenté ici n'inclut pas les mentions médiatiques pour les lesquelles nous n'avons pu obtenir de lien.

Journal	Localisation	Titre	Date / Time Posted on	URL
24 Matins	FR	Réchauffement climatique : urgence pour les bourdons	10-07-2015	https://www.24matins.fr/changement-climatique-les-bourdons-se-cachent-pour-mourir-207147
Agence France-Presse, RTBF	FR, BE	Touchés par le changement climatique, les bourdons meurent	09-07-2015	https://www.rtbf.be/article/touches-par-le-changement-climatique-les-bourdons-meurent-9028678
BBC News	UK	Climate 'vice' constricts bumblebees' natural ranges - researchers	09-07-2015	https://www.bbc.com/news/science-environment-33442006
Calgary Herald	CAN	Research shows bumblebees suffering in a changing climate	09-07-2015	https://calgaryherald.com/news/local-news/research-shows-bumble-bees-suffering-in-a-changing-climate
CBC As It Happens	CAN	Global warming is the cause of bumblebee decline: study	09-07-2015	https://www.cbc.ca/radio/asithappens/as-it-happens-thursday-edition-1.3144894/global-warming-is-the-cause-of-bumblebee-decline-study-1.3145270

CBC News	CAN	Climate change is killing off bumblebees: study	09-07-2015	https://www.cbc.ca/news/science/climate-change-is-killing-off-bumblebees-study-1.3145014
CBC News New Brunswick	CAN	Bumblebee population struggling due to climate change, says study	12-07-2015	https://www.cbc.ca/news/canada/new-brunswick/bumblebee-population-struggling-due-to-climate-change-says-study-1.3146419
CBC, Radio Canada International	CAN	Bumble Bee decline: study shows climate change as a main factor	14-07-2015	https://www.rcinet.ca/en/2015/07/14/bumblebee-decline-study-shows-climate-change-as-the-main-factor/
CityNews 660	CAN	Bumble bee ranges rapidly shrinking across continents due to climate change	09-07-2015	https://calgary.citynews.ca/2015/07/09/bumble-bee-ranges-rapidly-shrinking-across-continents-due-to-climate-change/
CBS News	US	Bumblebees feeling the sting of climate change	09-07-2015	https://www.cbsnews.com/news/bumblebees-feeling-the-sting-of-climate-change/
Climate Central	US	A 'Climate Vise' is Squeezing Bumble Bees' Range	09-07-2015	https://www.climatecentral.org/news/climate-change-bumble-bees-19214
CTV News	CAN	Bumble bee ranges rapidly shrinking across continents due to climate change	09-07-2015	https://london.ctvnews.ca/bumble-bee-ranges-rapidly-shrinking-across-continents-due-to-climate-change-1.2461739
E&E News Climate Wire	US	Bumblebees in severe and rapid decline from	10-07-2015	https://www.eenews.net/articles/bumblebees-in-severe-and-rapid-decline-from-climate-change-study/

		climate change — study		
Earth Island Journal	US	Climate Change Is Shrinking Bumblebee Habitats, New Study Warns	09-07-2015	https://www.earthisland.org/journal/index.php/articles/entry/climate_change_is_shrinking_bumblebee_habitats_new_study_warns/
Eco-Business	SG	Warming planet heightens plight of the bumblebee	14-07-2015	https://www.eco-business.com/news/warming-planet-heightens-plight-of-the-bumblebee/
El País	SP, BR	El mundo se queda sin abejorros	11-07-2015	https://elpais.com/elpais/2015/07/07/ciencia/1436292524_856375.html
EurekAlert!	US	Climate change: Compressing the bumblebee range	09-07-2015	https://www.eurekalert.org/news-releases/885061
Global News	CAN	Climate change killing off bumblebees at alarming rate: study	09-07-2015	https://globalnews.ca/news/2096149/climate-change-killing-off-bumblebees-at-alarming-rate-study/
Globe and Mail	CAN	Bumblebees are trapped by warming climate, study finds	09-07-2015	https://www.theglobeandmail.com/news/national/bumblebees-trapped-by-warming-climate-study-finds/article25394453/
Grantham Institute Climate Change and the Environment	UK	It's not just the plight of the bumblebee, we need to protect all our pollinators	22-05-2017	https://granthaminstitute.com/2017/05/22/its-not-just-the-plight-of-the-bumblebee-we-need-to-protect-all-our-pollinators/
Guelph Mercury, The Associated Press	CAN	Study: Bumblebees in North America, Europe feeling climate change's sting	09-07-2015	https://www.guelphmercury.com/news-story/5717216-study-bumblebees-in-north-america-europe-feeling-climate-change-s-sting/

International Business Times	US	Climate Change Is Shrinking Bumblebee Habitats, Population: Study	10-07-2015	https://www.ibtimes.com/climate-change-shrinking-bumblebee-habitats-population-study-2002931
Irish Times	IE	Plight of the bumblebee: climate change puts insect at risk	09-07-2015	https://www.irishtimes.com/news/science/plight-of-the-bumblebee-climate-change-puts-insect-at-risk-1.2279122
La Presse	CAN	Climat: les bourdons touchés ne migrent pas et meurent	09-07-2015	https://www.lapresse.ca/environnement/climat/201507/09/01-4884338-climat-les-bourdons-touches-ne-migrent-pas-et-meurent.php
Le Devoir	CAN	Le fragile vol du bourdon	10-07-2015	https://www.ledevoir.com/societe/science/444697/le-fragile-vol-du-bourdon
Le Droit	CAN	Les bourdons souffrent des changements climatiques	09-07-2015	https://www.ledroit.com/2015/07/09/les-bourdons-souffrent-deschangements-climatiques-8d7a4862f352c2c8edab1a78ace5be6e
Le Droit	CAN	Déclin des bourdons: Environnement Canada défend ses mesures	17-07-2015	https://www.ledroit.com/2015/07/17/declin-des-bourdonsenvironnement-canada-defend-ses-mesures-75b9d9f60cda2f43556669f52dcc8daa
Le Figaro	FR	Les bourdons meurent de chaud	12-07-2015	https://www.lefigaro.fr/sciences/2015/07/12/01008-20150712ARTFIG00124-les-bourdons-meurent-de-chaud.php
Le Monde	FR	Le territoire des bourdons se rétrécit sous l'effet du réchauffement climatique	09-07-2015	https://www.lemonde.fr/climat/article/2015/07/09/le-territoire-des-bourdons-se-retrecit-sous-l-effet-du-rechauffement-climatique_4677598_1652612.html

Live Science	US	Earth Is Losing Its Bumblebees	09-07-2015	https://www.livescience.com/51502-bumblebee-range-shrinking.html
Los Angeles Times	US	Rising temperatures due to climate change are latest threat to bumblebees	09-07-2015	https://www.latimes.com/science/sciencenow/la-sci-sn-bumble-bees-climate-change-habitat-loss-20150709-story.html
Maclean's	CAN	Bumble bee ranges rapidly shrinking across continent	09-07-2015	https://www.macleans.ca/news/canada/bumble-bee-ranges-rapidly-shrinking-across-continents-due-to-climate-change/
Mashable	US	Bumblebees are losing southern habitat as the climate warms	10-07-2015	https://mashable.com/archive/bumblebees-climate-change
Metro	UK	Bumblebee species under threat thanks to climate change, says new study	10-07-2015	https://metro.co.uk/2015/07/10/bumblebees-are-no-longer-travelling-thanks-to-climate-change-says-new-study-5289431/
Mirror	UK	Bee population tumbling as global warming 'squeezes' them into smaller habitats	09-07-2015	https://www.mirror.co.uk/news/technology-science/science/bee-population-tumbling-global-warming-6036242
Mother Jones	US	Here's Why All the Bees Are Dying	09-07-2015	https://www.motherjones.com/environment/2015/07/climate-change-killing-bumblebees/
Nature	UK	Climate change crushes bee populations	09-07-2015	https://www.nature.com/articles/nature.2015.17950
Nature World News	US	Bumblebees and Narrowing Range:	09-07-2015	https://www.natureworldnews.com/articles/15585/20150709/bumblebees-narrowing-range-climate-change-reason.htm

		Climate Change is Only Reason		
NBC News	US	Bumblebees Are Being Bumped Off by Climate Change, Scientists Say	09-07-2015	https://www.nbcnews.com/science/environment/bumblebees-are-being-bumped-climate-change-scientists-say-n389041
New York Times	US	Climate Change Is Shrinking Where Bumblebees Range, Research Finds	09-07-2015	https://www.nytimes.com/2015/07/10/science/bumblebees-global-warming-shrinking-habitats.html
New Scientist	UK	Climate vice squeezes bumblebee habitat from north and south	09-07-2015	https://www.newscientist.com/article/dn27871-climate-vice-squeezes-bumblebee-habitat-from-north-and-south/#.VZ7It19VhHw
NPR All Things Considered	US	Buzz Kill For Bumblebees: Climate Change Is Shrinking Their Range	09-07-2015	https://www.npr.org/sections/thesalt/2015/07/09/421499871/climate-change-is-squeezing-the-bumblebees
Pacific Standard **(publié initialement dans *Earthwire*)**	US	Bumblebees Are Climate Change Deniers	14-07-2015	https://psmag.com/environment/bumblebees-are-climate-change-deniers
Paris Match	FR	Ils ne parviennent pas à migrer - Les bourdons sont en train de mourir	10-07-2015	https://www.parismatch.com/Actu/Environnement/Les-bourdons-sont-en-train-de-mourir-797954
Ottawa Citizen	CAN	Bumblebees squeezed by 'climate vise,' study says	09-07-2015	https://ottawacitizen.com/news/local-news/bumblebees-squeezed-by-climate-vise-study-says?r

OurWindsor	CAN	Bumble bees struggling to survive warming world	09-07-2015	https://www.ourwindsor.ca/community-story/5717182-bumble-bees-struggling-to-survive-warming-world/
Quartz	US	It's too hot for bumblebees in the south—and they're not moving north	09-07-2015	https://qz.com/448372/its-too-hot-for-bumblebees-in-the-south-and-theyre-not-moving-north
Radio-Canada	CAN	Changements climatiques : les bourdons en péril, dit une étude	09-07-2015	https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/729153/bourdons-danger-disparition-changement-climatique-etude
Reuters **(repris dans 4 médias d'information)**	US	Buzzkill: global warming shrinks range of pollinating bumblebees	09-07-2015	https://www.reuters.com/article/us-science-bees-idUSKCN0PJ2EN20150709
Saskatoon StarPhoenix	CAN	Bumblebees face climate squeeze	10-07-2015	https://thestarphoenix.com/news/local-news/bumblebees-face-climate-squeeze
Science	US	Bumble bees being crushed by climate change	09-07-2015	https://www.science.org/content/article/bumble-bees-being-crushed-climate-change
Science Friday	US	Is Climate Change the Plight of the Bumblebee?	10-07-2015	https://www.sciencefriday.com/segments/is-climate-change-the-plight-of-the-bumblebee/
ScienceNewsExplores	US	Climate change shrinks bumblebee's range	06-08-2015	https://www.snexplores.org/article/climate-change-shrinks-bumblebees-range

Sciences et Avenir	FR	Réchauffement climatique : les apidés ont le bourdon	10-07-2015	https://www.sciencesetavenir.fr/animaux/rechauffement-climatique-les-apides-ont-le-bourdon_100970
Science World Report	US	Climate Change is Destroying Bee Habitat and Shrinking Bumblee Populations	09-07-2015	https://www.scienceworldreport.com/articles/27638/20150709/climate-change-destroying-bee-habitat-shrinking-bumblee-populations.htm
Scientific American	US	Heat Puts the Squeeze on Bees	09-07-2015	https://www.scientificamerican.com/article/heat-puts-the-squeeze-on-bees/
Sci News	US	Global Warming Causing Great Loss of Bumblebee Habitat, Say Researchers	09-07-2015	https://www.sci.news/biology/science-global-warming-loss-bumblebee-habitat-03004.html
Slate	US	Bumblebees Can't Handle the Heat, Can't Escape the Kitchen	09-07-2015	https://slate.com/technology/2015/07/bumblebee-study-nature-s-most-valuable-pollinators-can-t-withstand-climate-change.html
Smithsonian	US	Bumblebees Are Getting Squeezed by Climate Change	09-07-2015	https://www.smithsonianmag.com/science-nature/bumblebees-getting-squeezed-climate-change-180955863/
Tempo.co	ID	Global Warming Shrinks Range of Pollinating Bumblebees	11-07-2015	https://en.tempo.co/read/683078/global-warming-shrinks-range-of-pollinating-bumblebees
The Associated Press	US	Study: Bumblebees in North America, Europe feeling climate change's sting	09-07-2015	

The Canadian Press **(repris dans 28 médias d'information)**	CAN	Study blames climate change for shrinking bumble bee populations	09-07-2015	https://www.ctvnews.ca/sci-tech/study-blames-climate-change-for-shrinking-bumble-bee-populations-1.2461723
The Christian Science Monitor	US	Pollination perturbation: Is climate change putting bumblebees in a vise?	09-07-2015	https://www.csmonitor.com/Science/2015/0709/Pollination-perturbation-Is-climate-change-putting-bumblebees-in-a-vise
The Ecologist	UK	Warming world traps bumblebees in 'climate vice'	10-07-2015	https://theecologist.org/2015/jul/10/warming-world-traps-bumblebees-climate-vice
The Guardian	UK	Climate change causing bumblebee habitat loss, say scientists	09-07-2015	https://www.theguardian.com/environment/2015/jul/09/bumblebee-habitat-shrinking-europe-north-america-climate-change-study
The Hindu	IN	Bumblebees dying due to climate change	10-07-2015	https://www.thehindu.com/sci-tech/energy-and-environment/bumblebees-dying-due-to-climate-change/article7406965.ece
The Independent	UK	Scientists propose international effort to assist bumblebees to migrate further north after study finds rising temperatures linked to their decline	09-07-2015	https://www.independent.co.uk/climate-change/news/scientists-propose-international-effort-to-assist-bumblebees-to-migrate-further-north-after-study-finds-rising-temperatures-linked-to-their-decline-10378738.html
The Straits Times	SP	Bumblebees dying, losing ground due to climate change	10-07-2015	https://www.straitstimes.com/world/united-states/bumblebees-dying-losing-ground-due-to-climate-change

The Verge	US	Climate change is putting a deadly squeeze on bumblebee populations worldwide	09-07-2015	https://www.theverge.com/2015/7/9/8916281/bumblebee-decline-climate-change
The Weather Channel	US	Bumblebee Habitat Shrinking Due to Climate Change, Plus 12 Other Animals at Risk	08-04-2015	https://weather.com/science/environment/news/animals-at-risk-from-climate-change
ThinkProgress	US	Bumblebees Are Getting Trapped In A 'Climate Vise' As Hotter Temperatures Shrink Habitats	09-07-2015	https://archive.thinkprogress.org/bumblebees-are-getting-trapped-in-a-climate-vise-as-hotter-temperatures-shrink-habitats-f6b61d780f15/
Time Magazine	US	Bees Are Losing Their Habitat Because of Climate Change	09-07-2015	https://time.com/3951339/bees-climate-change/
Toronto Star	CAN	Bumblebees struggling to survive warming world	07-07-2015	https://www.thestar.com/news/world/2015/07/09/bumble-bees-struggling-to-survive-warming-world.html
University of Vermont	US	Buzz the Alarm: Climate Change Puts Squeeze on Bumblebees	09-07-2015	https://www.uvm.edu/news/story/buzz-alarm-climate-change-puts-squeeze-bumblebees

USA Today	US	Bumblebees feeling the sting of climate change	09-07-2015	https://www.usatoday.com/story/news/2015/07/09/bumblebees-climate-change-study/29891617/
VICE News	US	Rising Temperatures Are Squishing Bumblebee Habitats	09-07-2015	https://www.vice.com/en/article/43mvyp/rising-temperatures-are-squishing-bumblebee-habitats
Vocativ	US	Bumblebees Are Dying Out Thanks To Climate Change	09-07-2015	https://www.vocativ.com/news/209983/bumblebees-climate-change/
Washington Post	US	Bumblebee habitats are shrinking at an alarming rate, and scientists are blaming climate change	09-07-2015	https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2015/07/09/bumblebee-habitats-are-shrinking-at-an-alarming-rate-and-scientists-are-blaming-climate-change/

RÉFÉRENCES

Académie de la transformation numérique. (2022). *Actualités en ligne, réseaux sociaux et balados—Édition 2021* (12 8; NETendances). Université Laval, 23 p. https://transformation-numerique.ulaval.ca/enquetes-et-mesures/netendances/actualites-en-ligne-reseaux-sociaux-et-balados-2021/

Achterberg, P., de Koster, W. et van der Waal, J. (2015). A science confidence gap: Education, trust in scientific methods, and trust in scientific institutions in the United States, 2014. *Public Understanding of Science, 26*(6) : 704-720. https://doi.org/10.1177/0963662515617367

Adler, C. E. et Hadorn, G. H. (2014). The IPCC and treatment of uncertainties: topics and sources of dissensus. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, *5*(5), 663-676. https://doi.org/10.1002/wcc.297

Allen, H. G., Stanton, T. R., Pietro, F. D. et Moseley, G. L. (2013). Social Media Release Increases Dissemination of Original Articles in the Clinical Pain Sciences. *PLOS ONE*, *8*(7), e68914. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068914

Alperin, J. P. (2015). Moving beyond counts: A method for surveying Twitter users. Dans *Altmetrics Conference*. https://altmetrics.org/altmetrics15/alperin/

Alperin, J. P. (2022). Why I think ending article-processing charges will save open access. *Nature*, *610*(7931), 233-233. https://doi.org/10.1038/d41586-022-03201-w

Alperin, J. P., Gomez, C. J. et Haustein, S. (2018). Identifying diffusion patterns of research articles on Twitter: A case study of online engagement with open access articles. *Public Understanding of Science*, *28*(1), 2-18. https://doi.org/10.1177/0963662518761733

Althaus, S. L., Berenbaum, M. R., Jordan, J. et Shalmon, D. A. (2021). No buzz for bees: Media coverage of pollinator decline. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *118*(2), e2002552117. https://doi.org/10.1073/pnas.2002552117

Altmetric. (2022, 13 décembre). *How does Altmetric track Twitter*. DS Metrics. https://help.altmetric.com/support/solutions/articles/6000235926-twitter

Anderson, A. A. (2017). Effects of Social Media Use on Climate Change Opinion, Knowledge, and Behavior. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.369

Anderson, A. A. et Huntington, H. E. (2017). Social Media, Science, and Attack Discourse: How Twitter Discussions of Climate Change Use Sarcasm and Incivility. *Science Communication*, *39*(5), 598-620. https://doi.org/10.1177/1075547017735113

Anderson, C. (2008, 23 juin). *The End of Theory: The Data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete*. WIRED. https://www.wired.com/2008/06/pb-theory/

Araujo, R. F. (2020). Communities of attention networks: introducing qualitative and conversational perspectives for altmetrics. *Scientometrics*, *124*(3), 1793-1809. https://doi.org/10.1007/s11192-020-03566-7

Arlt, D., Hoppe, I., Schmitt, J. B., De Silva-Schmidt, F. et Brüggemann, M. (2018). Climate Engagement in a Digital Age: Exploring the Drivers of Participation in Climate Discourse Online in the Context of COP21. *Environmental Communication*, *12*(1), 84-98. https://doi.org/10.1080/17524032.2017.1394892

Arroyo-Machado, W., Torres-Salinas, D. et Robinson-Garcia, N. (2021). Identifying and characterizing social media communities: a socio-semantic network approach to altmetrics. *Scientometrics, 126*, 9267-9289. https://doi.org/10.1007/s11192-021-04167-8

Arroyo-Machado, Wenceslao. (2022). *Science and social media interactions: the new wave of altmetrics*. https://doi.org/10.5281/ZENODO.7161945

Askanius, T. et Uldam, J. (2011). Online social media for radical politics: climate change activism on YouTube. *International Journal of Electronic Governance*, *4*(1-2), 69-84. https://doi.org/10.1504/IJEG.2011.041708

Ballew, M., Omoto, A. et Winter, P. (2015). Using Web 2.0 and Social Media Technologies to Foster Proenvironmental Action. *Sustainability*, *7*(8), 10620-10648. https://doi.org/10.3390/su70810620

Bandola-Gill, J. et Smith, K. E. (2021). Governing by narratives: REF impact case studies and restrictive storytelling in performance measurement. *Studies in Higher Education*, 47(9), 1857-1871. https://doi.org/10.1080/03075079.2021.1978965

Bandy, J. et Diakopoulos, N. (2021). Curating Quality? How Twitter's Timeline Algorithm Treats Different Types of News. *Social Media + Society*, *7*(3). https://doi.org/10.1177/20563051211041648

Barger, J. (2021). Merging art and science: Lessons learned from an « otterly » different case study. *HSU theses and projects*. https://digitalcommons.humboldt.edu/etd/513

Bar-Ilan, J. (2014). Astrophysics publications on arXiv, Scopus and Mendeley: a case study. *Scientometrics*, *100*(1), 217-225. https://doi.org/10.1007/s11192-013-1215-1

Bar-Ilan, J., Haustein, S., Peters, I., Priem, J., Shema, H. et Terliesner, J. (2012). Beyond citations: Scholars' visibility on the social Web. *arXiv:1205.5611 [physics]*. http://arxiv.org/abs/1205.5611

Barry, E. (2022, 18 janvier). These Are the Countries Where Twitter and Facebook Are Banned. *Time*. https://time.com/6139988/countries-where-twitter-facebook-tiktok-banned/

Bartling, S. et Friesike, S. (dir.). (2014). *Opening Science*. Springer International Publishing. http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-00026-8

Bauer, M. W. et Howard, S. (2013). *Public Understanding of Science : compiled bibliography, 1992-2011*. Public Understanding of Science.

Bauer, M. W. et Jensen, P. (2011). The mobilization of scientists for public engagement. *Public Understanding of Science*, *20*(1), 3-11. https://doi.org/10.1177/0963662510394457

Bazeley, P. (2016). Mixed or merged? Integration as the real challenge for mixed methods. *Qualitative Research in Organizations and Management: An International Journal*, *11*(3), 189-194. https://doi.org/10.1108/QROM-04-2016-1373

BBC News. (2021, 12 janvier). Twitter suspends 70,000 accounts linked to QAnon. *BBC News*, section Technology. https://www.bbc.com/news/technology-55638558

Becker, H. S. (1970). *Sociological work: method and substance*. Aldine Pub. Co.

Bentz, J. (2020). Learning about climate change in, with and through art. *Climatic Change*, *162*(3), 1595-1612. https://doi.org/10.1007/s10584-020-02804-4

Bernier, S. (2022, 17 août). Affaire ENvironnement JEUnesse : pourquoi les tribunaux renvoient au Parlement la responsabilité de combattre les changements climatiques. *Revue L'Esprit libre*. https://revuelespritlibre.org/affaire-environnement-jeunesse-pourquoi-les-tribunaux-renvoient-au-parlement-la-responsabilite-de

Besley, J. C. et Nisbet, M. (2013). How scientists view the public, the media and the political process. *Public Understanding of Science*, *22*(6), 644-659. https://doi.org/10.1177/0963662511418743

Besley, J. et Dudo, A. (2017). Scientists' Views about Public Engagement and Science Communication in the Context of Climate Change. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science* https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.380

Bessi, A. et Ferrara, E. (2016). Social bots distort the 2016 U.S. Presidential election online discussion. *First Monday*, *21*(11). https://doi.org/10.5210/fm.v21i11.7090

Bessi, A., Zollo, F., Vicario, M. D., Puliga, M., Scala, A., Caldarelli, G., Uzzi, B. et Quattrociocchi, W. (2016). Users Polarization on Facebook and Youtube. *PLOS ONE*, *11*(8), e0159641. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159641

Bex, R. T., Lundgren, L. et Crippen, K. J. (2019). Scientific Twitter: The flow of paleontological communication across a topic network. *PLOS ONE*, *14*(7), e0219688. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219688

Bezner Kerr, R., Hasegawa, T., Lasco, R., Bhatt, I., Deryng, D., Farrell, A., Gurney-Smith, H., Ju, H., Lluch-Cota, S., Meza, F., Nelson, G., Neufeldt, H. et Thornton, P. (2022). Food, Fibre, and Other Ecosystem Products. Dans (H. O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem & B. Rama, dir.) *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844.007.714

Bik, H. M. et Goldstein, M. C. (2013). An Introduction to Social Media for Scientists. *PLoS Biology*, *11*(4), e1001535. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001535

Birkholz, J. M., Seeber, M. et Holmberg, K. (2015). Drivers of Higher Education Institutions' Visibility: A Study of UK HEIs Social Media Use vs. Organizational Characteristics. Dans *Proceedings of ISSI 2015 Istanbul: 15th International Society of Scientometrics and Informetrics Conference*.

Birkle, C., Pendlebury, D. A., Schnell, J. et Adams, J. (2020). Web of Science as a data source for research on scientific and scholarly activity. *Quantitative Science Studies*, *1*(1), 363-376. https://doi.org/10.1162/qss_a_00018

Bolsen, T. et Shapiro, M. A. (2017). Strategic Framing and Persuasive Messaging to Influence Climate Change Perceptions and Decisions. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.385

Bombaci, S. P., Farr, C. M., Gallo, H. T., Mangan, A. M., Stinson, L. T., Kaushik, M. et Pejchar, L. (2016). Using Twitter to communicate conservation science from a professional conference: Communicating Conservation through Twitter. *Conservation Biology*, *30*(1), 216-225. https://doi.org/10.1111/cobi.12570

Bonneuil, C., Choquet, P.-L. et Franta, B. (2021). Early warnings and emerging accountability: Total's responses to global warming, 1971–2021. *Global Environmental Change, 71*, 102386. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102386

Bonney, R., Phillips, T. B., Ballard, H. L. et Enck, J. W. (2016). Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, *25*(1), 2-16. https://doi.org/10.1177/0963662515607406

Boothby, C., Murray, D., Waggy, A. P., Tsou, A. et Sugimoto, C. R. (2021). Credibility of scientific information on social media: Variation by platform, genre and presence of formal credibility cues. *Quantitative Science Studies, 2*(3), 845-863. https://doi.org/10.1162/qss_a_00151

Borgman, C. L. (2007). *Scholarship in the digital age: information, infrastructure, and the Internet*. The MIT Press.

Bornmann, L. (2014). Validity of altmetrics data for measuring societal impact: A study using data from Altmetric and F1000Prime. *Journal of Informetrics*, *8*(4), 935-950. https://doi.org/10.1016/j.joi.2014.09.007

Bornmann, L. (2015). Usefulness of altmetrics for measuring the broader impact of research: A case study using data from PLOS and F1000Prime. *Aslib Journal of Information Management*, *67*(3), 305-319. https://doi.org/10.1108/AJIM-09-2014-0115

Bornmann, L. (2016). Scientific Revolution in Scientometrics : the Broadening of Impact from Citation to Societal. Dans C. R. Sugimoto (dir.) *Theories of Infometrics and Scholarly Communication* (p. 347-359). De Gruyter Mouton.

Bornmann, L., Haunschild, R. et Marx, W. (2016). Policy documents as sources for measuring societal impact: how often is climate change research mentioned in policy-related documents? *Scientometrics*, *109*(3), 1477-1495. https://doi.org/10.1007/s11192-016-2115-y

Boullier, D. (2015). Les sciences sociales face aux traces du big data, Big Data traces and social sciences. *Revue française de science politique*, *65*(5), 805-828.

Bowman, T. D. (2015). *Investigating the use of affordances and framing techniques by scholars to manage personal and professional impressions on Twitter* [Dissertation, Indiana University].

boyd, d. et Crawford, K. (2012). Critical Questions for Big Data. *Information, Communication & Society*, *15*(5), 662-679. https://doi.org/10.1080/1369118X.2012.678878

boyd, d., Golder, S. et Lotan, G. (2010). Tweet, Tweet, Retweet: Conversational Aspects of Retweeting on Twitter. Dans *2010 43rd Hawaii International Conference on System Sciences* (p. 1-10). IEEE. https://doi.org/10.1109/HICSS.2010.412

boyd, d. et Ellison, N. B. (2007). Social Network Sites: Definition, History, and Scholarship. *Journal of Computer-Mediated Communication*, *13*(1), 210-230. https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2007.00393.x

Bruns, A. (2019). After the 'APIcalypse': social media platforms and their fight against critical scholarly research. *Information, Communication & Society*, *22*(11), 1544-1566. https://doi.org/10.1080/1369118X.2019.1637447

Bruns, A. et Burgess, J. (2014). Crisis communication in natural disasters: The Queensland Floods and Christchurch Earthquakes. Dans K. Weller, A. Bruns, J. Burgess, M. Mahrt et C. Puschmann (dir.), *Twitter and Society* (p. 373-384). Peter Lang.

Bruns, A. et Burgess, J. (2015). Twitter hashtags from ad hoc to calculated publics. Dans N. Rambukkana (dir.), *Hashtag Publics: The Power and Politics of Discursive Networks* (p. 13-28). Peter Lang.

Bruns, A. et Liang, Y. E. (2012). Tools and methods for capturing Twitter data during natural disasters. *First Monday*, *17*(4). https://doi.org/10.5210/fm.v17i4.3937

Bruns, A. et Moe, H. (2014). Structural Layers of Communication on Twitter. Dans K. Weller, A. Bruns, J. Burgess, M. Mahrt et C. Puschmann (dir.), *Twitter and Society* (p. 15-28). Peter Lang.

Bruns, A. et Weller, K. (2014). Twitter data analytics – or: the pleasures and perils of studying Twitter. *Aslib Journal of Information Management*, *66*(3). https://doi.org/10.1108/AJIM-02-2014-0027

Bullock, O. M., Colón Amill, D., Shulman, H. C. et Dixon, G. N. (2019). Jargon as a barrier to effective science communication: Evidence from metacognition. *Public Understanding of Science*, *28*(7), 845-853. https://doi.org/10.1177/0963662519865687

Burger, J. R., Allen, C. D., Brown, J. H., Burnside, W. R., Davidson, A. D., Fristoe, T. S., Hamilton, M. J., Mercado-Silva, N., Nekola, J. C., Okie, J. G. et Zuo, W. (2012). The Macroecology of Sustainability. *PLOS Biology*, *10*(6), e1001345. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001345

Burns, M. et Medvecky, F. (2018). The disengaged in science communication: How not to count audiences and publics. *Public Understanding of Science*, *27*(2), 118-130. https://doi.org/10.1177/0963662516678351

Busby, M. (2017, 8 novembre). Twitter to introduce expanded 280-character tweets for all its users. *The Guardian*. http://www.theguardian.com/technology/2017/nov/08/twitter-to-roll-out-280-character-tweets-to-everyone

Bush, V. (1980). *Science, the endless frontier*. Arno Press.

Butler, L.-A., Matthias, L., Simard, M.-A., Mongeon, P. et Haustein, S. (2022). The oligopoly's shift to open access publishing: how for-profit publishers benefit from gold and hybrid article processing charges. Dans *Proceedings of the 26th International Conference on Science and Technology Indicators*. Zenodo. https://doi.org/10.5281/ZENODO.6951572

Callison, C. et Tindall, D. B. (2017). Climate Change Communication in Canada. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.477

Cardon, D. (2013). Dans l'esprit du PageRank, Inside the mind of PageRank. *Réseaux*, *177*, 63-95.

Cardon, D. (2015). *A quoi rêvent les algorithmes: nos vies à l'heure des big data*. La République des idées : Seuil.

Carlson, J. et Harris, K. (2020). Quantifying and contextualizing the impact of bioRxiv preprints through automated social media audience segmentation. *PLOS Biology*, *18*(9), e3000860. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000860

Carson, R. (2002). *Silent Spring* (40th anniversary ed., 1st Mariner Books ed). Houghton Mifflin.

Center for Public Engagement with Science and Technology. (2013, 10 juin). Why Public Engagement Matters. *AAAS - The World's Largest General Scientific Society*. https://www.aaas.org/pes/what-public-engagement

Chapdelaine de Montvalon, P. (2022, 24 mai). Des apiculteurs s'élèvent à nouveau contre l'usage des pesticides. *Radio-Canada.ca*. https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1885435/miel-abeille-pesticides-insecticide-neonicotinoides-ruche-varroa-apiculteurs

Chesney, T. (2006). An empirical examination of Wikipedia's credibility. *First Monday*, *11*(11). https://doi.org/10.5210/fm.v11i11.1413

Cision et Canterbury Christ Church University. (2018). *Journalistes et réseaux sociaux : Les grandes tendances*.

Claessens, M. (2009). *Science et communication: pour le meilleur ou pour le pire?* Quae.

Climate Atlas of Canada. (s. d.). *Forest Fires and Climate Change*. https://climateatlas.ca/forest-fires-and-climate-change

Cody, E. M., Reagan, A. J., Mitchell, L., Dodds, P. S. et Danforth, C. M. (2015). Climate Change Sentiment on Twitter: An Unsolicited Public Opinion Poll. *PLOS ONE*, *10*(8), e0136092. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136092

Collins, H. M. et Evans, R. (2002). The Third Wave of Science Studies Studies of Expertise and Experience. *Social Studies of Science*, *32*(2), 235-296. https://doi.org/10.1177/0306312702032002003

Conseil de recherches en sciences humaines du Canada. (2019, 17 juin). *Lignes directrices pour une mobilisation des connaissances efficace*. https://www.sshrc-crsh.gc.ca/funding-financement/policies-politiques/knowledge_mobilisation-mobilisation_des_connaissances-fra.aspx

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. (2022, 5 avril). *Plan d'action des trois organismes pour l'équité, la diversité et l'inclusion*. https://www.nserc-crsng.gc.ca/_doc/EDI/EDI-ActionPlan-FR.pdf

Coogan, S. C. P., Robinne, F.-N., Jain, P. et Flannigan, M. D. (2019). Scientists' warning on wildfire — a Canadian perspective. *Canadian Journal of Forest Research*, *49*(9), 1015-1023. https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0094

Cook, G., Pieri, E. et Robbins, P. T. (2004). 'The Scientists Think and the Public Feels': Expert Perceptions of the Discourse of GM Food. *Discourse & Society*, *15*(4), 433-449. https://doi.org/10.1177/0957926504043708

Cook, J. (2016). Countering Climate Science Denial and Communicating Scientific Consensus. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.314

Cortassa, C. (2016). In science communication, why does the idea of a public deficit always return? The eternal recurrence of the public deficit. *Public Understanding of Science*, *25*(4), 447-459. https://doi.org/10.1177/0963662516629745

Costas, R., de Rijcke, S. et Marres, N. (2021). "Heterogeneous couplings": Operationalizing network perspectives to study science-society interactions through social media metrics. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, *72*(5), 595-610. https://doi.org/10.1002/asi.24427

Costas, R., Mongeon, P., Ferreira, M. R., van Honk, J. et Franssen, T. (2020). Large-scale identification and characterization of scholars on Twitter. *Quantitative Science Studies*, *1*(2), 771-791. https://doi.org/10.1162/qss_a_00047

Costas, R., Zahedi, Z. et Wouters, P. (2015). Do "altmetrics" correlate with citations? Extensive comparison of altmetric indicators with citations from a multidisciplinary perspective. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, *66*(10), 2003-2019. https://doi.org/10.1002/asi.23309

Côté, I. M. et Darling, E. S. (2018). Scientists on Twitter: Preaching to the choir or singing from the rooftops? *FACETS*, *3*(1), 682-694. https://doi.org/10.1139/facets-2018-0002

Cottey, A. (2022). Climate and nature emergency: From scientists' warnings to sufficient action. *Public Understanding of Science*, *31*(6), 818-826. https://doi.org/10.1177/09636625221100076

Crawford, K. (2021). *Atlas of AI: power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence*. Yale University Press.

Creswell, J. W. (2011). Controversies in Mixed Methods Research. *The Sage handbook of qualitative research*, *4*(1), 269-284.

Creswell, J. W. et Creswell, J. D. (2018). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (Fifth edition). SAGE Publications.

Creswell, J. W. et Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (Third Edition). SAGE Publications.

Cribb, J. et Sari, T. (2010). *Open Science: Sharing Knowledge in the Global Century*. Csiro Publishing.

Crutzen, P. J. (2002). Geology of mankind. *Nature*. https://doi.org/10.1038/415023a

Csardi, G. et Nepusz, T. (2006). The igraph software package for complex network research. *InterJournal, Complex Systems*, 1695. https://igraph.org.

Dahler-Larsen, P. (2012). *The evaluation society*. Stanford University Press.

Dahlstrom, M. F. (2014). Using narratives and storytelling to communicate science with nonexpert audiences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(Supplement_4), 13614-13620. https://doi.org/10.1073/pnas.1320645111

Daignault, P., Boivin, M. et Champagne St-Arnaud, V. (2018). Communiquer l'action en changements climatiques au Québec : une étude de segmentation. *VertigO : la revue électronique en sciences de l'environnement*, *18*(3). https://www.erudit.org/en/journals/vertigo/1900-v1-n1-vertigo04929/1065313ar/abstract/

Daume, S. et Galaz, V. (2016). "Anyone Know What Species This Is?" – Twitter Conversations as Embryonic Citizen Science Communities. *PLOS ONE*, *11*(3), e0151387. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151387

David, P. (2022, 17 septembre). Années 1960: l'émergence de l'information scientifique au Québec. *Le Devoir*. https://www.ledevoir.com/societe/science/755664/les-annees-1960-l-emergence-de-l-information-scientifique-au-quebec

David, Y. B.-B., Garty, E. S. et Baram-Tsabari, A. (2020). Can scientists fill the science journalism void? Online public engagement with science stories authored by scientists. *PLOS ONE*, *15*(1), e0222250. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222250

Davies, S., McCallie, E., Simonsson, E., Lehr, J. L. et Duensing, S. (2009). Discussing dialogue: perspectives on the value of science dialogue events that do not inform policy. *Public Understanding of Science*, *18*(3), 338-353. https://doi.org/10.1177/0963662507079760

Delgado, A., Kjølberg, K. L. et Wickson, F. (2011). Public engagement coming of age: From theory to practice in STS encounters with nanotechnology. *Public Understanding of Science*, *20*(6), 826-845. https://doi.org/10.1177/0963662510363054

Della Guista, M., Jaworska, S. et Vukadinović Greetham, D. (2020). Expert communication on Twitter: Comparing economists and scientists' social networks, topics and communicative styles. *Public Understanding of Science*, *30*(1), 75-90. https://doi.org/10.1177/0963662520957252

Derrick, G. E., Chen, P.-Y., van Leeuwen, T., Larivière, V. et Sugimoto, C. R. (2022). The relationship between parenting engagement and academic performance. *Scientific Reports*, *12*(1), 22300. https://doi.org/10.1038/s41598-022-26258-z

Dias da Silva, P., Heaton, L. et Millerand, F. (2017). Une revue de littérature sur la « science citoyenne » : la production de connaissances naturalistes à l'ère numérique. *Natures Sciences Sociétés*, *25*(4), 370-380. https://doi.org/10.1051/nss/2018004

Díaz-Faes, A. A., Bowman, T. D. et Costas, R. (2019). Towards a second generation of 'social media metrics': Characterizing Twitter communities of attention around science. *PLOS ONE*, *14*(5), e0216408. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216408

Dickner, N. (2017). *Comprendre et manipuler les données ouvertes de l'administration publique : la situation au Gouvernement du Québec et à la Ville de Montréal* [Mémoire de maîtrise, Université de Montréal]. https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/19271

D'Ignazio, C. et Klein, L. F. (2020). *Data Feminism*. The MIT Press.

Domenget, J.-C. (2015). Usages professionnels et figures d'usager des médias socionumériques. *Revue française des sciences de l'information et de la communication*, (6). https://doi.org/10.4000/rfsic.1325

Duan, R., Takahashi, B. et Zwickle, A. (2021). How Effective Are Concrete and Abstract Climate Change Images? The Moderating Role of Construal Level in Climate Change Visual Communication. *Science Communication*, *43*(3), 358–387. https://doi.org/10.1177/10755470211008192

Dubois, E. et Ford, H. (2015). Trace Interviews : An Actor-Centered Approach. *International Journal of Communication, 9*(0), 25.

Dunn, R. (2012). In retrospect: Silent Spring. *Nature*, *485*(7400), 578-579. https://doi.org/10.1038/485578a

Dunne, D. (2017, 30 octobre). Impact of climate change on health is « the major threat of 21st century ». *Carbon Brief*. https://www.carbonbrief.org/impact-climate-change-health-is-major-threat-21st-century

Effrosynidis, D., Karasakalidis, A. I., Sylaios, G. et Arampatzis, A. (2022). The climate change Twitter dataset. *Expert Systems with Applications, 204*, 117541. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117541

Entradas, M. et Bauer, M. M. (2016). Mobilisation for public engagement: Benchmarking the practices of research institutes. *Public Understanding of Science, 26*(7), 771–788. https://doi.org/10.1177/0963662516633834

Epstein, Y., Chapron, G. et Verheggen, F. (2022). What is an emergency? Neonicotinoids and emergency situations in plant protection in the EU. *Ambio*, *51*(8), 1764-1771. https://doi.org/10.1007/s13280-022-01703-5

Fang, Z. et Costas, R. (2020). Tracking the Twitter attention around the research efforts on the COVID-19 pandemic. *arXiv:2006.05783 [cs]*. http://arxiv.org/abs/2006.05783

Fang, Z., Costas, R., Tian, W., Wang, X. et Wouters, P. (2021). How is science clicked on Twitter? Click metrics for Bitly short links to scientific publications. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, *72*(7), 918-932. https://doi.org/10.1002/asi.24458

Faris, D. M. (2015). *Dissent and revolution in a digital age: social media, blogging and activism in Egypt*. Tauris.

Fecher, B. et Hebing, M. (2021). How do researchers approach societal impact? *PLOS ONE*, *16*(7), e0254006. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254006

Ferrara, E., Varol, O., Davis, C., Menczer, F. et Flammini, A. (2016). The rise of social bots. *Communications of the ACM*, *59*(7), 96-104. https://doi.org/10.1145/2818717

Fisher, D. R. et Nasrin, S. (2021). Climate activism and its effects. *WIREs Climate Change*, *12*(1), e683. https://doi.org/10.1002/wcc.683

Fleerackers, A., Moorhead, L. L., Maggio, L. A., Fagan, K. et Alperin, J. P. (2022a). Science in motion: A qualitative analysis of journalists' use and perception of preprints. *PLOS ONE*, *17*(11), e0277769. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277769

Fleerackers, A., Nehring, L., Maggio, L. A., Enkhbayar, A., Moorhead, L. et Alperin, J. P. (2022b). Identifying science in the news: An assessment of the precision and recall of Altmetric.com news mention data. *Scientometrics*, *127*(11), 6109-6123. https://doi.org/10.1007/s11192-022-04510-7

Fonds de recherche du Québec. (2023). *DIALOGUE – Volet Chercheurs et chercheuses - 2023-2024*. https://frq.gouv.qc.ca/programme/dialogue-volet-chercheurs-et-chercheuses-2023-2024/

Fonds de recherche du Québec. (s. d.). *Mobilisation des connaissances*. Fonds de recherche du Québec. https://frq.gouv.qc.ca/mobilisation-des-connaissances/

Fownes, J. R., Yu, C. et Margolin, D. B. (2018). Twitter and climate change. *Sociology Compass*, *12*(6), e12587. https://doi.org/10.1111/soc4.12587

Friesike, S. et Schildhauer, T. (2015). Open Science: Many Good Resolutions, Very Few Incentives, Yet. Dans I. M. Welpe, J. Wollersheim, S. Ringelhan et M. Osterloh (dir.), *Incentives and Performance* (p. 277-289). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09785-5_17

Fuchs, C. et Sandoval, M. (2013). The Diamond Model of Open Access Publishing: Why Policy Makers, Scholars, Universities, Libraries, Labour Unions and the Publishing World Need to Take Non-Commercial, Non-Profit Open Access Serious. *tripleC: Communication, Capitalism & Critique. Open Access Journal for a Global Sustainable Information Society*, *11*(2), 428-443. https://doi.org/10.31269/triplec.v11i2.502

Fuentes, A. et Peterson, J. V. (2021). Social media and public perception as core aspect of public health: The cautionary case of @realdonaldtrump and COVID-19. *PLOS ONE*, *16*(5), e0251179. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251179

Gagliardone, I., Diepeveen, S., Findlay, K., Olaniran, S., Pohjonen, M. et Tallam, E. (2021). Demystifying the COVID-19 Infodemic: Conspiracies, Context, and the Agency of Users. *Social Media + Society*, *7*(3). https://doi.org/10.1177/20563051211044233

Gallant, N., Labrecque, K., Latzko-Toth, G.et Pastinelli, M. (2020). La visite commentée : Documenter les pratiques numériques par l'entretien sur traces. Dans M. Millette, F. Millerand, D. Myles et G. Latzko-Toth (dir.), *Méthodes de recherche en contexte numérique : Une orientation qualitative* (p. 195-210). Les presses de l'Université de Montréal.

Gallant, N., Latzko-Toth, G. et Pastinelli, M. (2015). *Circulation de l'information sur les médias sociaux pendant la grève étudiante de 2012 au Québec*. Centre d'études sur les médias.

Garfield, E. (1964). « Science Citation Index » - A new dimension in indexing. *Science*, *144*(3619), 649-654.

Garratt, M. P. D., Coston, D. J., Truslove, C. L., Lappage, M. G., Polce, C., Dean, R., Biesmeijer, J. C. et Potts, S. G. (2014). The identity of crop pollinators helps target conservation for improved ecosystem services. *Biological Conservation*, *169*, 128-135. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.001

Geertz, C. (1973). Thick description: Toward an interpretive theory of culture. Dans *The interpretation of cultures* (p. 3-30). Basic Books Inc. Publishers.

Gerbet, T. (2021, 19 juillet). Santé Canada veut autoriser plus de pesticide glyphosate sur des aliments. *Radio-Canada.ca*. https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1809547/pesticides-canada-residus-glyphosate-cereales-legumineuses

Getson, J. M., Sjöstrand, A. E., Church, S. P., Weiner, R., Hatfield, J. L. et Prokopy, L. S. (2021). Do scientists have a responsibility to provide climate change expertise to mitigation and adaptation strategies? Perspectives from climate professionals. *Public Understanding of Science*, *30*(2), 169-178. https://doi.org/10.1177/0963662520966690

Gingras, Y. (2014). *Les dérives de l'évaluation de la recherche: du bon usage de la bibliométrie*. Raisons d'agir Éditions.

Gingras, Y. (2023). *Pour l'avancement des sciences: histoire de l'Acfas (1923-2023)*. Boréal.

Gobo, G. (2016). Why "merged" methods realize a higher integration than "mixed" methods: a reply. *Qualitative Research in Organizations and Management: An International Journal*, *11*(3), 199-208. https://doi.org/10.1108/QROM-07-2016-1392

Gorard, S. (2010). Research design, as independent of methods. Dans A. Tashakkori et C. Teddlie (dir.), *Handbook of mixed methods in social and behavioral research* (p. 237-252). SAGE Publications.

Gournay, A. (2020). Écoféminisme et voix autochtones dans la lutte aux changements climatiques. *Le Climatoscope*, (2), 99-103.

Grande, D., Gollust, S. E., Pany, M., Seymour, J., Goss, A., Kilaru, A. et Meisel, Z. (2014). Translating Research For Health Policy: Researchers' Perceptions And Use Of Social Media. *Health Affairs*, *33*(7), 1278-1285. https://doi.org/10.1377/hlthaff.2014.0300

Greene, J. C., Caracelli, V. J. et Graham, W. F. (1989). Toward a Conceptual Framework for Mixed-Method Evaluation Designs. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, *11*(3), 255-274. https://doi.org/10.3102/01623737011003255

Grosbois, P. de. (2022). *La collision des récits: le journalisme face à la désinformation*. Éditions Écosociété.

Guenther, L. et Ruhrmann, G. (2016). Scientific evidence and mass media: Investigating the journalistic intention to represent scientific uncertainty. *Public Understanding of Science*, *25*(8), 927-943. https://doi.org/10.1177/0963662515625479

Habets, F. (2023, 4 janvier). Analyse : peut-on stocker les excès d'eau perdus à la mer ? *Bon Pote*. https://bonpote.com/analyse-peut-on-stocker-les-exces-deau-perdus-a-la-mer/

Halavais, A. (2014). Structure of Twitter : Social and Technical. Dans K. Weller, A. Bruns, J. Burgess, M. Mahrt et C. Puschmann (dir.), *Twitter and Society* (p. 29-41). Peter Lang.

Halford, S., Weal, M., Tinati, R., Carr, L. et Pope, C. (2017). Understanding the production and circulation of social media data: Towards methodological principles and praxi. *New Media & Society*, 3341-3358. https://doi.org/10.1177/1461444817748953

Hamed, A. A. et Zia, A. (2015). Mining Climate Change Awareness on Twitter: A PageRank Network Analysis Method. Dans *Computational Science and Its Applications -- ICCSA 2015* (p. 16-31). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21404-7_2

Harnad, S. et Brody, T. (2004). Comparing the Impact of Open Access (OA) vs. Non-OA Articles in the Same Journals. *D-Lib Magazine*, *10*(6). http://eprints.soton.ac.uk/260207/

Harnad, S., Brody, T., Vallières, F., Carr, L., Hitchcock, S., Gingras, Y., Oppenheim, C., Stamerjohanns, H. et Hilf, E. R. (2004). The Access/Impact Problem and the Green and Gold Roads to Open Access. *Serials Review*, *30*(4), 310-314. https://doi.org/10.1080/00987913.2004.10764930

Haunschild, R., Bornmann, L. et Marx, W. (2016). Climate Change Research in View of Bibliometrics. *PLOS ONE*, *11*(7), e0160393. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160393

Haunschild, R., Leydesdorff, L., Bornmann, L., Hellsten, I. et Marx, W. (2019). Does the public discuss other topics on climate change than researchers? A comparison of explorative networks based on author keywords and hashtags. *Journal of Informetrics*, *13*(2), 695-707. https://doi.org/10.1016/j.joi.2019.03.008

Haustein, S. (2016). Grand challenges in altmetrics: heterogeneity, data quality and dependencies. *Scientometrics*, *108*(1), 413-423. https://doi.org/10.1007/s11192-016-1910-9

Haustein, S. (2018a, 14 juin). ‘Uncitable’ research is infinitely more tweetable (Or: What kind of publications get shared on Twitter). *Altmetric*. https://www.altmetric.com/blog/uncitable-research-is-infinitely-more-tweetable-or-what-kind-of-publications-get-shared-on-twitter/

Haustein, S. (2018b, 5 juillet). Never put off till tomorrow, what you can tweet today Or: How quickly research papers spread on Twitter. *Altmetric*. https://www.altmetric.com/blog/never-put-off-till-tomorrow-what-you-can-tweet-today-or-how-quickly-research-papers-spread-on-twitter/

Haustein, S. (2019). Scholarly Twitter Metrics. Dans W. Glänzel, H. F. Moed, U. Schmoch et M. Thelwall (dir.), *Springer Handbook of Science and Technology Indicators* (p. 729-760). Springer.

Haustein, S., Bowman, T. D. et Costas, R. (2016a). Interpreting “altmetrics”: Viewing acts on social media through the lens of citation and social theories. Dans C. R. Sugimoto (dir.), *Theories of Informetrics and Scholarly Communication* (p. 372-405). De Gruyter Mouton.

Haustein, S., Bowman, T. D., Holmberg, K., Tsou, A., Sugimoto, C. R. et Larivière, V. (2016b). Tweets as impact indicators: Examining the implications of automated “bot” accounts on Twitter. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, *67*(1), 232-238. https://doi.org/10.1002/asi.23456

Haustein, S. et Costas, R. (2015). Identifying Twitter audiences: who is tweeting about scientific papers? Dans *ASIS&T SIG/MET Metrics 2015 Workshop*. https://www.asist.org/SIG/SIGMET/wp-content/uploads/2015/10/sigmet2015_paper_11.pdf

Haustein, S., Costas, R. et Larivière, V. (2015). Characterizing Social Media Metrics of Scholarly Papers: The Effect of Document Properties and Collaboration Patterns. *PLOS ONE*, *10*(3), e0120495. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120495

Haustein, S., Peters, I., Sugimoto, C. R., Thelwall, M. et Larivière, V. (2014). Tweeting biomedicine: An analysis of tweets and citations in the biomedical literature. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, *65*(4), 656-669. https://doi.org/10.1002/asi.23101

Haustein, S., Toupin, R. et Alperin, J. P. (2018, 12 juillet). “Not sure if scientist or just Twitter bot” Or: Who tweets about scholarly papers. *Altmetric*. https://www.altmetric.com/blog/not-sure-if-scientist-or-just-twitter-bot-or-who-tweets-about-scholarly-papers/

Haustein, S., Tsou, A., Minik, V., Brinson, D., Hayes, E., Costas, R. et Sugimoto, C. R. (2016c). Identifying Twitter user communities in the context of altmetrics. Dans *3rd Altmetrics Conference*.

Haywood, B. K. et Besley, J. C. (2014). Education, outreach, and inclusive engagement: Towards integrated indicators of successful program outcomes in participatory science. *Public Understanding of Science*, *23*(1), 92-106. https://doi.org/10.1177/0963662513494560

Heaton, L., Millerand, F., Dias Da Silva, P. et Proulx, S. (dir.). (2018). *La reconfiguration du travail scientifique en biodiversité: pratiques amateurs et technologies numériques*. Les presses de l’Université de Montréal.

Heidenreich, S. (2018). Outreaching, Outsourcing, and Disembedding: How Offshore Wind Scientists Consider Their Engagement with Society. *Science, Technology, & Human Values*, *43*(3), 464-486. https://doi.org/10.1177/0162243917726578

Heldman, A. B., Schindelar, J. et Weaver, J. B. (2013). Social Media Engagement and Public Health Communication: Implications for Public Health Organizations Being Truly "Social". *Public Health Reviews*, *35*(1), 13. https://doi.org/10.1007/BF03391698

Hestres, L. E. et Hopke, J. E. (2017). Internet-Enabled Activism and Climate Change. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.404

Hétier, R., Prouteau, F. et Wallenhorst, N. (2022). De la résonance à la transformation du monde. *Réseaux*, *235*(5), 169-191. https://doi.org/10.3917/res.235.0169

Hickman, L. (2015). The IPCC in an age of social media. *Nature Climate Change*, *5*, 284-286. https://doi.org/10.1038/nclimate2528

Higher Education Funding Council for England. (2011). *Decisions on assessing research impact. Research Excellence Framework (REF) 2014* (Research Excellence Framework No.01 2011). Higher Education Funding Council for England.

Hine, C. (2000). *Virtual ethnography*. SAGE Publications.

Hine, C. (2015). *Ethnography for the Internet: embedded, embodied and everyday*. Publishing Plc.

Hine, D. W., Phillips, W. J., Driver, A. B. et Morrison, M. (2017). Audience Segmentation and Climate Change Communication. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.390

Hoffman, A. J. (2016). Communicating about Climate Change with Corporate Leaders and Stakeholders. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.410

Hogan, M. (2015). Data flows and water woes: The Utah Data Center. *Big Data & Society*, *2*(2), 2053951715592429. https://doi.org/10.1177/2053951715592429

Holmberg, K., Bowman, S., Bowman, T., Didegah, F. et Kortelainen, T. (2019). What Is Societal Impact and Where Do Altmetrics Fit into the Equation? *Journal of Altmetrics*, *2*(1), 6. https://doi.org/10.29024/joa.21

Holmberg, K., Bowman, T. D., Haustein, S. et Peters, I. (2014). Astrophysicists' Conversational Connections on Twitter. *PLoS ONE*, *9*(8), e106086. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106086

Holmberg, K. et Hellsten, I. (2016a). Integrating and differentiating meanings in tweeting about the fifth Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) report. *First Monday*, *21*(9). https://doi.org/10.5210/fm.v21i9.6603

Holmberg, K. et Hellsten, I. (2016b). Twitter Campaigns Around the Fifth IPCC Report: Campaign Spreading, Shared Hashtags, and Separate Communities. *SAGE Open*, *6*(3), 2158244016659117. https://doi.org/10.1177/2158244016659117

Holmberg, K. et Hellsten, I. (2016c). Organizational Communication on Twitter: Differences Between Non-Profit and For-Profit Organizations in the Context of Climate Change. Dans C. M. Schmidt (dir.), *Crossmedia-Kommunikation in kulturbedingten Handlungsräumen* (p. 305-313). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-11076-5_16

Holmberg, K. et Thelwall, M. (2014). Disciplinary differences in Twitter scholarly communication. *Scientometrics*, *101*(2), 1027-1042. https://doi.org/10.1007/s11192-014-1229-3

Honeycutt, C. et Herring, S. C. (2009). Beyond Microblogging: Conversation and Collaboration via Twitter. Dans *2009 42nd Hawaii International Conference on System Sciences* (p. 1-10). IEEE. https://doi.org/10.1109/HICSS.2009.89

Hopke, J. E. et Hestres, L. E. (2017). The Paris Climate Talks (COP21) in Visual Social Media. Dans *Proceedings of the 8th International Conference on Social Media & Society* (p. 42:1-42:5). ACM. https://doi.org/10.1145/3097286.3097328

Hopke, J. E. et Hestres, L. E. (2018). Visualizing the Paris Climate Talks on Twitter: Media and Climate Stakeholder Visual Social Media During COP21. *Social Media + Society*, *4*(3). https://doi.org/10.1177/2056305118782687

Hopke, J. E. et Simis, M. (2015). Discourse over a contested technology on Twitter: A case study of hydraulic fracturing. *Public Understanding of Science, 26*(1), 105–120. https://doi.org/10.1177/0963662515607725

Howell, E. L., Nepper, J., Brossard, D., Xenos, M. A. et Scheufele, D. A. (2019). Engagement present and future: Graduate student and faculty perceptions of social media and the role of the public in science engagement. *PLOS ONE*, *14*(5), e0216274. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216274

Hudson, C. G., Knight, E., Close, S. L., Landrum, J. P., Bednarek, A. et Shouse, B. (2022). Telling stories to understand research impact: narratives from the Lenfest Ocean Program. *ICES Journal of Marine Science*, fsac169. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac169

IPBES (2016). The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, and H. T. Ngo (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany.

IPCC. (2013). Summary for Policymakers. Dans T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P. M. Midgley (dir.), *Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf

IPCC. (2014). *Climate Change 2014 Synthesis Report Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]*. GIEC - Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

IPCC. (2019). *Summary for Policymakers — Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. GIEC - Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/summary-for-policymakers/

IPCC. (2021a). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson- Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]*. GIEC - Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

IPCC. (2021b). Summary for Policymakers. (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu & B. Zhou, dir.) *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896.001

Irwin, A. (2014). From deficit to democracy (re-visited). *Public Understanding of Science*, *23*(1), 71-76.

Jahng, M. R. et Lee, N. (2018). When Scientists Tweet for Social Changes: Dialogic Communication and Collective Mobilization Strategies by Flint Water Study Scientists on Twitter. *Science Communication*, *40*(1), 89-108. https://doi.org/10.1177/1075547017751948

Jankó, F., Drüszler, Á., Gálos, B., Móricz, N., Papp-Vancsó, J., Pieczka, I., Pongrácz, R., Rasztovits, E., Soósné Dezső, Z. et Szabó, O. (2020). Sources of doubt: actors, forums, and language of climate change skepticism. *Scientometrics*, *124*(3), 2251-2277. https://doi.org/10.1007/s11192-020-03552-z

Jensen, K. B. (2011). The complementarity of qualitative and quantitative methodologies in media and communication research. Dans K. B. Jensen, *A Handbook of Media and Communication Research* (2e éd.) (p.283-301). Routledge.

Joubert, M. et Costas, R. (2019). Getting to Know Science Tweeters: A Pilot Analysis of South African Twitter Users Tweeting about Research Articles. *Journal of Altmetrics*, *2*(1), 2. https://doi.org/10.29024/joa.8

Jünger, J. et Fähnrich, B. (2019). Does really no one care? Analyzing the public engagement of communication scientists on Twitter. *New Media & Society*, *22*(3), 387-408. https://doi.org/10.1177/1461444819863413

Kalafatis, S. E., Lemos, M. C., Lo, Y.-J. et Frank, K. A. (2015). Increasing information usability for climate adaptation: The role of knowledge networks and communities of practice. *Global Environmental Change*, *32*, 30-39. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.02.007

Kassab, O., Bornmann, L. et Haunschild, R. (2020). Can altmetrics reflect societal impact considerations: Exploring the potential of altmetrics in the context of a sustainability science research center. *Quantitative Science Studies*, *1*(2), 792-809. https://doi.org/10.1162/qss_a_00032

Ke, Q., Ahn, Y.-Y. et Sugimoto, C. R. (2017). A systematic identification and analysis of scientists on Twitter. *PLOS ONE*, *12*(4), e0175368. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175368

Keller, B., Labrique, A., Jain, K. M., Pekosz, A. et Levine, O. (2014). Mind the Gap: Social Media Engagement by Public Health Researchers. *Journal of Medical Internet Research*, *16*(1), e8. https://doi.org/10.2196/jmir.2982

Kelley, C. P., Mohtadi, S., Cane, M. A., Seager, R. et Kushnir, Y. (2015). Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*(11), 3241-3246. https://doi.org/10.1073/pnas.1421533112

Kerr, J. R. et Wilson, M. S. (2018). Changes in perceived scientific consensus shift beliefs about climate change and GM food safety. *PLOS ONE*, *13*(7), e0200295. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200295

Kerr, J. T., Pindar, A., Galpern, P., Packer, L., Potts, S. G., Roberts, S. M., Rasmont, P., Schweiger, O., Colla, S. R., Richardson, L. L., Wagner, D. L., Gall, L. F., Sikes, D. S. et Pantoja, A. (2015). Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science*, *349*(6244), 177-180. https://doi.org/10.1126/science.aaa7031

Khanna, S., Ball, J., Alperin, J. P. et Willinsky, J. (2022). Recalibrating the scope of scholarly publishing: A modest step in a vast decolonization process. *Quantitative Science Studies*, 3(4), 912-930. https://doi.org/10.1162/qss_a_00228

Kirilenko, A. P. et Stepchenkova, S. O. (2014). Public microblogging on climate change: One year of Twitter worldwide. *Global Environmental Change*, *26*, 171-182. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.02.008

Kitchin, R. (2014). Big Data, new epistemologies and paradigm shifts. *Big Data & Society*, *1*(1), 1-12. https://doi.org/10.1177/2053951714528481

Kitchin, R. (2017). Big Data - Hype or Revolution. Dans L. Sloan et A. Quan-Haase (dir.), *The Sage Handbook of Social Media Research Methods* (1st edition, p. 27-39). SAGE Publications.

Kite, J., Foley, B. C., Grunseit, A. C. et Freeman, B. (2016). Please Like Me: Facebook and Public Health Communication. *PLOS ONE*, *11*(9), e0162765. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162765

Klöckner, C. A. et Sommer, L. K. (2021). Visual art inspired by climate change—An analysis of audience reactions to 37 artworks presented during 21st UN climate summit in Paris. *PLOS ONE*, *16*(2), e0247331. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247331

Knorr-Cetina, K. D. (2013). *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*. Elsevier.

Kouper, I. (2010). Science blogs and public engagement with science: Practices, challenges, and opportunities. *Journal of Science Communication*, *9*(1), 1-10.

Krämer, N. C., Sauer, V. et Ellison, N. (2021). The Strength of Weak Ties Revisited: Further Evidence of the Role of Strong Ties in the Provision of Online Social Support. *Social Media + Society*, *7*(2). https://doi.org/10.1177/20563051211024958

Krauss, L. M. (2015). Scientists as celebrities: Bad for science or good for society? *Bulletin of the Atomic Scientists*, *71*(1), 26-32. https://doi.org/10.1177/0096340214563676

Krippendorff, K. (2004). *Content analysis: an introduction to its methodology* (2nd ed). Sage Publications.

Kwak, H., Lee, C., Park, H. et Moon, S. (2010). What is Twitter, a social network or a news media? Dans *Proceedings of the 19th international conference on World wide web - WWW '10*. ACM Press. https://doi.org/10.1145/1772690.1772751

Laakso, M., Matthias, L. et Jahn, N. (2021). Open is not forever: A study of vanished open access journals. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, *72*(9), 1099-1112. https://doi.org/10.1002/asi.24460

Lanier, H. D., Diaz, M. I., Saleh, S. N., Lehmann, C. U. et Medford, R. J. (2022). Analyzing COVID-19 disinformation on Twitter using the hashtags #scamdemic and #plandemic: Retrospective study. *PLOS ONE*, *17*(6), e0268409. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268409

Larivière, V. et Desrochers, N. (2015). Langues et diffusion de la recherche : le cas des sciences humaines et sociales. *Acfas Magazine*. https://www.acfas.ca/publications/magazine/2015/11/langues-diffusion-recherche-cas-sciences-humaines-sociales

Larivière, V., Haustein, S. et Mongeon, P. (2015). The Oligopoly of Academic Publishers in the Digital Era. *PLOS ONE*, *10*(6), e0127502. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127502

Larivière, V. et Sugimoto, C. R. (2018). *Mesurer la science*. Les presses de l'Université de Montréal.

Latzko-Toth, G., Bonneau, C. et Millette, M. (2020). La densification des données : Revaloriser la recherche qualitative à l'ère des données massives. Dans M. Millette, F. Millerand, D. Myles et G. Latzko-Toth (dir.), *Méthodes de recherche en contexte numérique : Une orientation qualitative* (p. 181-194). Les presses de l'Université de Montréal.

Latzko-Toth, G., Bonneau, C. et Millette, M. (2017). Small Data, Thick Data : Thickening Strategies for Trace-based Social Media Research. Dans L. Sloan et A. Quan-Haase (dir.), *The Sage Handbook of Social Media Research Methods* (1st edition, p. 199-214). SAGE Publications.

Leas, E. C., Althouse, B. M., Dredze, M., Obradovich, N., Fowler, J. H., Noar, S. M., Allem, J.-P. et Ayers, J. W. (2016). Big Data Sensors of Organic Advocacy: The Case of Leonardo DiCaprio and Climate Change. *PLOS ONE*, *11*(8), e0159885. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159885

Leech, N. L. et Onwuegbuzie, A. J. (2009). A typology of mixed methods research designs. *Quality & Quantity*, *43*(2), 265-275. https://doi.org/10.1007/s11135-007-9105-3

Lehmkuhl, M. et Promies, N. (2020). Frequency distribution of journalistic attention for scientific studies and scientific sources: An input–output analysis. *PLOS ONE*, *15*(11), e0241376. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241376

Leininger, M. (1994). Evaluation criteria and critique of qualitative research studies. Dans J. M. Morse (dir.), *Critical issues in qualitative research methods* (p. 95-115). SAGE Publications.

Leiserowitz, A. et Smith, N. (2017). *Affective Imagery, Risk Perceptions, and Climate Change Communication*. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.307

Leonelli, S. (2016). *Data-centric biology: a philosophical study*. The University of Chicago Press.

Lessard, M. et Zaccour, S. (2017). *Grammaire non sexiste de la langue française: le masculin ne l'emporte plus!* M Éditeur ; Éditions Syllepse.

Levin, S. (2018, 29 mars). Facebook offers plan to tackle fake news ahead of US midterms. *The Guardian*. http://www.theguardian.com/technology/2018/mar/29/facebook-fake-news-political-ad-security-us-midterms-2018

Ley, B. L. et Brewer, P. R. (2018). Social Media, Networked Protest, and the March for Science. *Social Media + Society*, *4*(3). https://doi.org/10.1177/2056305118793407

Leydesdorff, L., Ràfols, I. et Milojević, S. (2020). Bridging the divide between qualitative and quantitative science studies. *Quantitative Science Studies*, *1*(3), 918-926. https://doi.org/10.1162/qss_e_00061

Leydesdorff, L. et Van Den Besselaar, P. (1997). Scientometrics and communication theory: Towards theoretically informed indicators. *Scientometrics*, *38*(1), 155-174. https://doi.org/10.1007/BF02461129

Li, N. et Molder, A. L. (2021). Can scientists use simple infographics to convince? Effects of the "flatten the curve" charts on perceptions of and behavioral intentions toward social distancing measures during the COVID-19 pandemic. *Public Understanding of Science*, *30*(7), 898–912. https://doi.org/10.1177/09636625211038719

Li, X., Thelwall, M. et Giustini, D. (2012). Validating online reference managers for scholarly impact measurement. *Scientometrics*, *91*(2), 461-471. https://doi.org/10.1007/s11192-011-0580-x

Lipinski, M. (2015). Citizens in the scientific process. Dans B. Schiele, J. Le Marec et P. Baranger (dir.), *Science communication today-2015: current strategies and means of action* (p. 71-81). PUN-Éditions universitaires de Lorraine.

Liu, J. et Adie, E. (2013). Five challenges in altmetrics: A toolmaker's perspective. *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*, *39*(4), 31-34. https://doi.org/10.1002/bult.2013.1720390410

Longhi, J. (2021). Le thread, un texte cousu de fil numérique ? *Le Français Moderne - Revue de linguistique Française,* (1 et 2). https://hal.science/hal-03328937

Lörcher, I. et Taddicken, M. (2017). Discussing climate change online. Topics and perceptions in online climate change communication in different online public arenas. *Journal of Science Communication*, *16*(2), A03. https://doi.org/10.22323/2.16020203

Mahrt, M., Weller, K. et Peters, I. (2014). Twitter in Scholarly Communication. Dans K. Weller, A. Bruns, J. Burgess, M. Mahrt et C. Puschmann (dir.), *Twitter and Society* (p. 399-410). Peter Lang.

Majmundar, A., Allem, J.-P., Cruz, T. B. et Unger, J. B. (2018). The Why We Retweet scale. *PLOS ONE*, *13*(10), e0206076. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206076

Malm, A. (2017). *L'anthropocène contre l'histoire: le réchauffement climatique à l'ère du capital*. La fabrique éditions.

Marres, N. (2012). The Redistribution of Methods: On Intervention in Digital Social Research, Broadly Conceived. *The Sociological Review*, *60*(1_suppl), 139-165. https://doi.org/10.1111/j.1467-954X.2012.02121.x

Martin, C. et MacDonald, B. H. (2020). Using interpersonal communication strategies to encourage science conversations on social media. *PLOS ONE*, *15*(11), e0241972. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241972

McCarten, J. (2022, 23 novembre). Fears rise that Elon Musk's Twitter takeover and free-speech vision means more social division. *Canada's National Observer § News*. https://www.nationalobserver.com/2022/11/23/news/twitter-elon-musk-free-speech-vision-social-division

McGlade, C. et Ekins, P. (2015). The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C. *Nature*, *517*(7533), 187-190. https://doi.org/10.1038/nature14016

McSweeney, R. (2020, 14 janvier). Analysis: The climate papers most featured in the media in 2019. *Carbon Brief*. https://www.carbonbrief.org/analysis-the-climate-papers-most-featured-in-the-media-in-2019

McSweeney, R. (2022, 19 janvier). Analysis: The climate papers most featured in the media in 2021. *Carbon Brief*. https://www.carbonbrief.org/analysis-the-climate-papers-most-featured-in-the-media-in-2021/

McSweeney, R. et Tandon, A. (2023, 5 janvier). Analysis: The climate papers most featured in the media in 2022. *Carbon Brief*. https://www.carbonbrief.org/analysis-the-climate-papers-most-featured-in-the-media-in-2022/

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. et Behrens III, W. W. (1972). *The Limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. Universe Books.

Melnick, K., Moharana, T., Toupin, R., Gone, P., MacDonald, B. et Mongeon, P. (2021). The intersection of shark research, policy and the public: a bibliometric and altmetric view. Dans *Proceedings of the Annual Conference of CAIS / Actes du congrès annuel de l'ACSI*. https://doi.org/10.29173/cais1223

Merga, M. K. (2021). The academic labour of knowledge mobilization: What scholarly publishers need to know. *Learned Publishing*, *34*(4), 655-665. https://doi.org/10.1002/leap.1416

Miller, J. D. (1992). Toward a scientific understanding of the public understanding of science and technology. *Public Understanding of Science*, *1*(1), 23-26. https://doi.org/10.1088/0963-6625/1/1/005

Miller, S. (2001). Public understanding of science at the crossroads. *Public Understanding of Science*, *10*(1), 115-120. https://doi.org/10.1088/0963-6625/10/1/308

Millerand, F., Myles, D. et Proulx, S. (2020). La redistribution des méthodes de recherche en contexte numérique : critique d'une cartographie. Dans M. Millette, F. Millerand, D. Myles et G. Latzko-Toth (dir.), *Méthodes de recherche en contexte numérique : une orientation qualitative* (p. 25-38). Les presses de l'Université de Montréal.

Millette, M. (2015). *L'usage des médias sociaux dans les luttes pour la visibilité : le cas des minorités francophones au Canada anglais* [Thèse doctorale, Université du Québec à Montréal]. https://archipel.uqam.ca/8050/

Millette, M., Millerand, F., Myles, D. et Latzko-Toth, G. (dir.). (2020). *Méthodes de recherche en contexte numérique : Une orientation qualitative*. Les presses de l'Université de Montréal.

Milman, O. (2020, 21 février). Revealed: quarter of all tweets about climate crisis produced by bots. *The Guardian*. https://www.theguardian.com/technology/2020/feb/21/climate-tweets-twitter-bots-analysis

Milman, O. (2022, 9 décembre). Rising #ClimateScam denialism on Twitter has scientists worried. *Canada's National Observer § News*. https://www.nationalobserver.com/2022/12/09/news/climatescam-denialism-twitter-scientists-worried

Milmo, D. (2022, 28 décembre). Mastodon founder says investors lining up since Elon Musk's Twitter takeover. *The Guardian*. https://www.theguardian.com/technology/2022/dec/28/mastodon-founder-elon-musk-twitter-takeover

Mislove, A., Lehmann, S., Ahn, Y.-Y., Onnela, J.-P. et Rosenquist, J. N. (2011). Understanding the Demographics of Twitter Users. Dans *ICWSM* (p. 554-557).

MIT Press. (s. d.). About Our OA Program. *The MIT Press*. https://mitpress.mit.edu/about-our-oa-program/

Moed, H. F. (2016). Altmetrics as Traces of Computerization of the Research Process. Dans C. R. Sugimoto (dir.), *Theories of Informetrics and Scholarly Communication* (p. 360-371). De Gruyter Mouton.

Mohammadi, E., Thelwall, M., Haustein, S. et Larivière, V. (2015). Who reads research articles? An altmetrics analysis of Mendeley user categories. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, *66*(9), 1832-1846. https://doi.org/10.1002/asi.23286

Mongeon, P. (2018). Using social and topical distance to analyze information sharing on social media. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*, *55*(1), 397-403. https://doi.org/10.1002/pra2.2018.14505501043

Mongeon, P., Bowman, T. D. et Costas, R. (2022, 24 août). *An open dataset of scholars on Twitter* (arXiv:2208.11065). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.11065

Moorhead, L. L., Fleerackers, A. et Maggio, L. A. (2022, 13 août). *"It's my job": A qualitative study of the mediatization of science within the scientist-journalist relationship*, 2022.08.10.503486. bioRxiv. https://doi.org/10.1101/2022.08.10.503486

Moreno-Tarín, S., Pina, T. et Domínguez, M. (2021). Worlds apart, drawn together: Bears, penguins and biodiversity in climate change cartoons. *Public Understanding of Science*, *30*(4), 384-399. https://doi.org/10.1177/0963662521992508

Morgan, D. L. (2019). Commentary—After Triangulation, What Next? *Journal of Mixed Methods Research*, *13*(1), 6-11. https://doi.org/10.1177/1558689818780596

Moscrop, D., Wong, L. et Alperin, J. P. (2020). Have You Seen This? Why Political Pundits Share Scholarly Research on Social Media. *Scholarly and Research Communication*, *11*(1), 21. https://doi.org/10.22230/src.2020v11n1a355

Moser, S. C. (2009). Communicating climate change: history, challenges, process and future directions. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, *1*(1), 31-53. https://doi.org/10.1002/wcc.11

Moukarzel, S., Rehm, M., del Fresno, M. et Daly, A. J. (2020). Diffusing science through social networks: The case of breastfeeding communication on Twitter. *PLOS ONE*, *15*(8), e0237471. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237471

Mowbray, M. (2014). Automated Twitter Accounts. Dans K. Weller, A. Bruns, J. Burgess, M. Mahrt et C. Puschmann (dir.), *Twitter and Society* (p. 183-194). Peter Lang.

Mukherjee, I. et Howlett, M. (2016). Communicating about Climate Change with Policymakers. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.416

Münch, F. V., Thies, B., Puschmann, C. et Bruns, A. (2021). Walking Through Twitter: Sampling a Language-Based Follow Network of Influential Twitter Accounts. *Social Media + Society*, *7*(1). https://doi.org/10.1177/2056305120984475

Neresini, F. et Bucchi, M. (2011). Which indicators for the new public engagement activities? An exploratory study of European research institutions. *Public Understanding of Science*, *20*(1), 64-79. https://doi.org/10.1177/0963662510388363

Newman, N., Fletcher, R., Kalogeropoulos, A., Levy, D. et Nielsen, R. K. (2017, 1er juin). *Reuters Institute Digital News Report 2017* (ID 3026082) [SSRN Scholarly Paper]. Social Science Research Network. https://papers.ssrn.com/abstract=3026082

Newman, T. P. (2017). Tracking the release of IPCC AR5 on Twitter: Users, comments, and sources following the release of the Working Group I Summary for Policymakers. *Public Understanding of Science*, *26*(7), 815-825. https://doi.org/10.1177/0963662516628477

Niederer, S. (2019). *Networked content analysis: the case of climate change*. Institute of Network Cultures. https://networkcultures.org/blog/publication/tod32-networked-content-analysis-the-case-of-climate-change/

Nielsen, M. A. (2012). *Reinventing discovery: the new era of networked science*. Princeton University Press. http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=773462

Nisbet, E. C., Cooper, K. E. et Ellithorpe, M. (2015). Ignorance or bias? Evaluating the ideological and informational drivers of communication gaps about climate change. *Public Understanding of Science*, *24*(3), 285-301. https://doi.org/10.1177/0963662514545909

Nisbet, M. C. (2009). Framing Science: A New Paradigm in Public Engagement. Dans L. Kahlor et P. Stout (dir.), *Communicating Science : New Agendas in Science Communication* (p. 40-67). Routledge.

Nisbet, M. C. et Scheufele, D. A. (2009). What's next for science communication? Promising directions and lingering distractions. *American Journal of Botany*, *96*(10), 1767-1778. https://doi.org/10.3732/ajb.0900041

Normand, M. et Latulippe, A. (2022, 18 novembre). *Les universités de petite taille dans la francophonie : un objet de recherche mobilisateur*. Université de l'Ontario français. https://uontario.ca/actualites-etudiants/les-universites-de-petite-taille-dans-la-francophonie-un-objet-de-recherche-mobilisateur

O'Neill, S., Williams, H. T. P., Kurz, T., Wiersma, B. et Boykoff, M. (2015). Dominant frames in legacy and social media coverage of the IPCC Fifth Assessment Report. *Nature Climate Change*, *5*(4), 380-385. https://doi.org/10.1038/nclimate2535

Onwuegbuzie, A. J. (2002). Why can't we all get along? Towards a framework for unifying research paradigms. *Education*, *122*(3), 518-531.

Oreskes, N. (2004). The Scientific Consensus on Climate Change. *Science*, *306*(5702), 1686-1686. https://doi.org/10.1126/science.1103618

Otto, S. L. (2016). *The war on science: who's waging it, why it matters, what we can do about it*. Milkweed Editions.

Pariser, E. (2011). *The filter bubble: what the Internet is hiding from you*. Penguin Press.

Park, C. S. et Kaye, B. K. (2019). Expanding Visibility on Twitter: Author and Message Characteristics and Retweeting. *Social Media + Society*, *5*(2). https://doi.org/10.1177/2056305119834595

Paul, K., Beckett, L. et Taylor, J. (2022, 16 décembre). Twitter suspends accounts of several journalists who had reported on Elon Musk. *The Guardian*. https://www.theguardian.com/technology/2022/dec/15/twitter-suspends-accounts-journalists-musk

Pearce, K. E. (2015). Counting to Nowhere: Social Media Adoption and Use as an Opportunity for Public Scholarship and Engagement. *Social Media + Society*, *1*(1), 1-3. https://doi.org/10.1177/2056305115578672

Pearce, W., Holmberg, K., Hellsten, I. et Nerlich, B. (2014). Climate change on twitter: Topics, communities and conversations about the 2013 IPCC Working Group 1 report. *PLoS ONE*, *9*(4). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094785

Pearce, W., Mahony, M. et Raman, S. (2018). Science advice for global challenges: Learning from trade-offs in the IPCC. *Environmental Science & Policy*, *80*, 125-131. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.11.017

Pedersen, T. L. (2023, 1er février). *tidygraph.* RDcoumentation. https://rdocumentation.org/packages/tidygraph/versions/1.2.3

Pew Research Center. (2019, avril). *Sizing Up Twitter Users*. Pew Research Center. https://www.pewresearch.org/internet/2019/04/24/sizing-up-twitter-users/

Phillips, A. A., Walsh, C. R., Grayson, K. A., Penney, C. E. et Husain, F. (2022). Diversifying Representations of Female Scientists on Social Media: A Case Study From the Women Doing Science Instagram. *Social Media + Society*, *8*(3). https://doi.org/10.1177/20563051221113068

Piwowar, H., Priem, J., Larivière, V., Alperin, J. P., Matthias, L., Norlander, B., Farley, A., West, J. et Haustein, S. (2018). The state of OA: a large-scale analysis of the prevalence and impact of Open Access articles. *PeerJ*, *6*, e4375. https://doi.org/10.7717/peerj.4375

Pluye, P. (2012). Les méthodes mixtes. Dans V. Ridde et C. Dagenais (dir.), *Approches et pratiques en évaluation de programmes : Nouvelle édition revue et augmentée* (p. 125-143). Les presses de l'Université de Montréal.

Pomerantz, J. et Peek, R. (2016). Fifty shades of open. *First Monday*, *21*(5). https://doi.org/10.5210/fm.v21i5.6360

Porto, R. G., de Almeida, R. F., Cruz-Neto, O., Tabarelli, M., Viana, B. F., Peres, C. A. et Lopes, A. V. (2020). Pollination ecosystem services: A comprehensive review of economic values, research funding and policy actions. *Food Security*, *12*(6), 1425-1442. https://doi.org/10.1007/s12571-020-01043-w

Priem, J. (2014). Altmetrics. Dans B. Cronin et C. R. Sugimoto (dir.), *Beyond bibliometrics: harnessing multidimensional indicators of performance* (p. 263-287). The MIT Press.

Priem, J. et Costello, K. L. (2010). How and why scholars cite on Twitter. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*, *47*(1), 1-4. https://doi.org/10.1002/meet.14504701201

Priem, J., Groth, P. et Taraborelli, D. (2012a). The Altmetrics Collection. *PLoS ONE*, *7*(11), e48753. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048753

Priem, J. et Hemminger, B. H. (2010). Scientometrics 2.0: New metrics of scholarly impact on the social Web. *First Monday*, *15*(7). https://doi.org/10.5210/fm.v15i7.2874

Priem, J., Piwowar, H. A. et Hemminger, B. M. (2012b). Altmetrics in the wild: Using social media to explore scholarly impact. *arXiv:1203.4745 [cs]*. http://arxiv.org/abs/1203.4745

Priem, J., Taraborelli, D., Groth, P. et Neylon, C. (2010). *Altmetrics: a manifesto*. http://altmetrics.org/manifesto/

Proulx, S., Heaton, L. et Millette, M. (2012). *Médias sociaux : Enjeux pour la communication*. Les presses de l'Université du Québec.

Public Library of Science. (s. d.). *Licenses and Copyright*. PLOS ONE. https://journals.plos.org/plosone/s/licenses-and-copyright

Puschmann, C. (2019). An end to the wild west of social media research: a response to Axel Bruns. *Information, Communication & Society*, *22*(11), 1582-1589. https://doi.org/10.1080/1369118X.2019.1646300

Radio-Canada.ca. (s. d.). *Carbone | ICI Radio-Canada.ca*. Radio-Canada. https://ici.radio-canada.ca/carbone/reportage/document/nouvelles/article/1931041/cop27-climat-prejudice-insulaires-degats-sud

Ripple, W. J., Wolf, C., Gregg, J. W., Levin, K., Rockström, J., Newsome, T. M., Betts, M. G., Huq, S., Law, B. E., Kemp, L., Kalmus, P. et Lenton, T. M. (2022). World Scientists' Warning of a Climate Emergency 2022. *BioScience*, *72*(12), 1149-1155. https://doi.org/10.1093/biosci/biac083

Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Barnard, P. et Moomaw, W. R. (2019). World Scientists' Warning of a Climate Emergency. *BioScience*, *70*(1), 8-12. https://doi.org/10.1093/biosci/biz088

Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Galetti, M., Alamgir, M., Crist, E., Mahmoud, M. I., Laurance, W. F. et 15,364 scientist signatories from 184 countries. (2017). World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice. *BioScience*, *67*(12), 1026-1028. https://doi.org/10.1093/biosci/bix125

Robinson-Garcia, N., van Leeuwen, T. N. et Ràfols, I. (2018). Using altmetrics for contextualised mapping of societal impact: from hits to networks. *Science and Public Policy, 45*(6), 815-826. https://doi.org/10.1093/scipol/scy024

Rogers, R. (2013). *Digital methods*. The MIT Press.

Rosa, H. (2018). *Résonance: une sociologie de la relation au monde*. La Découverte.

Rosa, H. (2022). Résonance démocratique ou mondes vécus cloisonnés ? Réflexions sur les transformations de l'espace public au XXIe siècle à partir de la théorie de la résonance. *Réseaux*, *235*(5), 73-101. https://doi.org/10.3917/res.235.0073

Rowe, G., Horlick-Jones, T., Walls, J. et Pidgeon, N. (2005). Difficulties in evaluating public engagement initiatives: reflections on an evaluation of the UK GM Nation? public debate about transgenic

crops. *Public Understanding of Science*, *14*(4), 331-352. https://doi.org/10.1177/0963662505056611

Rozemblum, C., Alperin, J. P., Unzurrunzaga, C., Rozemblum, C., Alperin, J. P. et Unzurrunzaga, C. (2021). Limitations of Scopus as a source of indicators: In search for a more comprehensive understanding of the visibility of Argentinian social science journals. *E-Ciencias de la Información*, *11*(2), 35-58. https://doi.org/10.15517/eci.v11i2.44300

Ryan, L., Mulholland, J. et Agoston, A. (2014). Talking Ties: Reflecting on Network Visualisation and Qualitative Interviewing. *Sociological Research Online*, *19*(2), 1-12. https://doi.org/10.5153/sro.3404

Sandberg, J. et Alvesson, M. (2021). Meanings of Theory : Clarifying Theory through Typification. *Journal of Management Studies, 58*(2), 487-516. https://doi.org/10.1111/joms.12587

Sanderson, F. J., Pople, R. G., Ieronymidou, C., Burfield, I. J., Gregory, R. D., Willis, S. G., Howard, C., Stephens, P. A., Beresford, A. E. et Donald, P. F. (2016). Assessing the Performance of EU Nature Legislation in Protecting Target Bird Species in an Era of Climate Change: Impacts of EU nature legislation. *Conservation Letters*, *9*(3), 172-180. https://doi.org/10.1111/conl.12196

Sarkar, A., Mukherjee, A. D., Bera, M. K., Das, B., Juyal, N., Morthekai, P., Deshpande, R. D., Shinde, V. S. et Rao, L. S. (2016). Oxygen isotope in archaeological bioapatites from India: Implications to climate change and decline of Bronze Age Harappan civilization. *Scientific Reports*, *6*(1), 26555. https://doi.org/10.1038/srep26555

Schäfer, M. S. et O'Neill, S. (2017). Frame Analysis in Climate Change Communication. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.487

Scheliga, K. et Friesike, S. (2014). Putting open science into practice: A social dilemma? *First Monday*, *19*(9). https://doi.org/10.5210/fm.v19i9.5381

Schiele, B., Le Marec, J. et Baranger, P. (dir.). (2015). *Science communication today-2015: current strategies and means of action*. PUN-Éditions universitaires de Lorraine.

Schleuning, M., Fründ, J., Schweiger, O., Welk, E., Albrecht, J., Albrecht, M., Beil, M., Benadi, G., Blüthgen, N., Bruelheide, H., Böhning-Gaese, K., Dehling, D. M., Dormann, C. F., Exeler, N., Farwig, N., Harpke, A., Hickler, T., Kratochwil, A., Kuhlmann, M., … Hof, C. (2016). Ecological networks are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change. *Nature Communications*, *7*(1), 13965. https://doi.org/10.1038/ncomms13965

Schmidt, V., Luccioni, A. S., Teng, M., Zhang, T., Reynaud, A., Raghupathi, S., Cosne, G., Juraver, A., Vardanyan, V., Hernandez-Garcia, A. et Bengio, Y. (2021). ClimateGAN: Raising Climate Change Awareness by Generating Images of Floods. *arXiv:2110.02871.* https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.02871

Scott, J. (2017). *Social network analysis* (4th edition). SAGE Publications.

Segerberg, A. (2017). Online and Social Media Campaigns for Climate Change Engagement. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.398

Segerberg, A. et Bennett, W. L. (2011). Social Media and the Organization of Collective Action: Using Twitter to Explore the Ecologies of Two Climate Change Protests. *The Communication Review*, *14*(3), 197-215. https://doi.org/10.1080/10714421.2011.597250

Sills, J. (2022). Social media: Good or evil? *Science*, *375*(6581), 608-609. https://doi.org/10.1126/science.abo2409

Simard, M.-A., Ghiasi, G., Mongeon, P. et Larivière, V. (2022). National differences in dissemination and use of open access literature. *PLOS ONE*, *17*(8), e0272730. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272730

Simis, M. J., Madden, H., Cacciatore, M. A. et Yeo, S. K. (2016). The lure of rationality: Why does the deficit model persist in science communication? *Public Understanding of Science*, *25*(4), 400-414. https://doi.org/10.1177/0963662516629749

Sleenhoff, S. et Osseweijer, P. (2016). How people feel their engagement can have efficacy for a bio-based society. *Public Understanding of Science*, *25*(6), 719-736. https://doi.org/10.1177/0963662514566749

Sloan, L. et Quan-Haase, A. (dir.). (2017). *The Sage Handbook of Social Media Research Methods* (1st edition). SAGE Publications.

Snee, H., Hine, C., Morey, Y., Roberts, S. et Watson, H. (2016). Digital Methods as Mainstream Methodology: An Introduction. Dans S. Roberts, H. Snee, C. Hine, Y. Morey et H. Watson (dir.), *Digital Methods for Social Science : An Interdisciplinary Guide to Research Innovation* (p. 1-11). Palgrave Macmillan.

Sorce, G. (2022). The “Greta Effect”: Networked Mobilization and Leader Identification Among Fridays for Future Protesters. *Media and Communication*, *10*(2), 18-28. https://doi.org/10.17645/mac.v10i2.5060

Soroye, P., Newbold, T. et Kerr, J. (2020). Climate change contributes to widespread declines among bumble bees across continents. *Science*, *367*(6478), 685-688. https://doi.org/10.1126/science.aax8591

Springmann, M., Mason-D’Croz, D., Robinson, S., Garnett, T., Godfray, H. C. J., Gollin, D., Rayner, M., Ballon, P. et Scarborough, P. (2016). Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study. *The Lancet*, *387*(10031), 1937-1946. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)01156-3

Stafford, R., Hart, A. G., Collins, L., Kirkhope, C. L., Williams, R. L., Rees, S. G., Lloyd, J. R. et Goodenough, A. E. (2010). Eu-Social Science: The Role of Internet Social Networks in the Collection of Bee Biodiversity Data. *PLOS ONE*, *5*(12), e14381. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014381

Statista. (2022a, janvier). Countries with most Twitter users 2022. *Statista*. https://www.statista.com/statistics/242606/number-of-active-twitter-users-in-selected-countries/

Statista. (2022b, 16 décembre). Twitter: number of users worldwide 2024. *Statista*. https://www.statista.com/statistics/303681/twitter-users-worldwide/

Stenger, T. et Coutant, A. (2013). Médias sociaux : clarification et cartographie Pour une approche sociotechnique/Social media: clarification and cartography. From a socio-technical viewpoint. *Décisions Marketing*, (70), 107-117.

Stilgoe, J., Lock, S. J. et Wilsdon, J. (2014). Why should we promote public engagement with science? *Public Understanding of Science*, *23*(1), 4-15. https://doi.org/10.1177/0963662513518154

Stocklmayer, S. (2013). Engagement with Science : Models of Science Communication. Dans J. Gilbert et S. Stocklmayer (dir.), *Communication and engagement with science and technology: issues and dilemmas: a reader in science communication* (p. 19-38). Routledge.

Sturgis, P. (2014). On the limits of public engagement for the governance of emerging technologies. *Public Understanding of Science*, *23*(1), 38-42. https://doi.org/10.1177/0963662512468657

Su, L. Y.-F., Akin, H. et Brossard, D. (2017). Research Methods for Assessing Online Climate Change Communication, Social Media Discussion, and Behavior. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.492

Sugimoto, C. R. et Larivière, V. (2018). *Measuring research: what everyone needs to know*. Oxford University Press.

Sugimoto, C. R., Work, S., Larivière, V. et Haustein, S. (2017). Scholarly use of social media and altmetrics: A review of the literature. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, *68*(9), 2037-2062. https://doi.org/10.1002/asi.23833

Suldovsky, B. (2016). In science communication, why does the idea of the public deficit always return? Exploring key influences. *Public Understanding of Science*, *25*(4), 415-426. https://doi.org/10.1177/0963662516629750

Suldovsky, B. (2017). The Information Deficit Model and Climate Change Communication. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.301

Swain, J. (2016, 26 avril). Mapped: The climate change conversation on Twitter. *Carbon Brief*. https://www.carbonbrief.org/mapped-the-climate-change-conversation-on-twitter

Swain, J. (2017, 31 janvier). Mapped: The climate change conversation on Twitter in 2016. *Carbon Brief*. https://www.carbonbrief.org/mapped-the-climate-change-conversation-on-twitter-in-2016

Synnott, J., Coulias, A. et Ioannou, M. (2017). Online trolling: The case of Madeleine McCann. *Computers in Human Behavior*, *71*, 70-78. https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.053

Tandoc Jr, E. C. et Eng, N. (2017). Climate Change Communication on Facebook, Twitter, Sina Weibo, and Other Social Media Platforms. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.361

Tashakkori, A. et Teddlie, C. (2010). *SAGE Handbook of Mixed Methods in Social & Behavioral Research*. SAGE Publications. https://doi.org/10.4135/9781506335193

Teddlie, C. et Tashakkori, A. (2003). Major issues and controversies in the use of mixed methods in the social and behavioural sciences. Dans C. Teddlie et A. Tashakkori (dir.), *Handbook of mixed methods in social and behavioral research* (p. 3-50). SAGE Publications.

Thelwall, M., Haustein, S., Larivière, V. et Sugimoto, C. R. (2013a). Do Altmetrics Work? Twitter and Ten Other Social Web Services. *PLoS ONE*, *8*(5), e64841. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064841

Thelwall, M. et Sud, P. (2016). Mendeley readership counts: An investigation of temporal and disciplinary differences. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, *67*(12), 3036-3050. https://doi.org/10.1002/asi.23559

Thelwall, M., Tsou, A., Weingart, S., Holmberg, K. et Haustein, S. (2013c). Tweeting Links to Academic Articles. *Cybermetrics: International Journal of Scientometrics, Informetrics and Bibliometrics*, *17*(1), 1-8.

Toupin, R. (2020). La communication de la recherche à propos des changements climatiques sur Twitter : une affaire de scientifiques? *Le Climatoscope*, (2), 110-116.

Toupin, R. et Haustein, S. (2019). *2nd Codebook for users categorization - Climate change research*. Figshare. https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.8236598.V3

Toupin, R., Millerand, F. et Larivière, V. (2019). Scholarly communication or public communication of science? Assessing who engage with climate research on Twitter. Dans *17th International Conference on Scientometrics & Informetrics* (p. 2115-2020). https://crc.ebsi.umontreal.ca/publications/scholarly-communication-or-public-communication-of-science-assessing-who-engage-with-climate-research-on-twitter/

Toupin, R., Millerand, F. et Larivière, V. (2022). Who tweets climate change papers? Investigating publics of research through users' descriptions. *PLOS ONE,* 17(6), e0268999. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268999

Tourangeau, P. (2015). Pourquoi il faut fermer la porte aux climatosceptiques. *Les années lumières*. Radio-Canada. https://cbc.radio-canada.ca/fr/ombudsman/revisions/2015-10-19

Trench, B. (2006). Science communication and citizen science: how dead is the deficit model. Dans *IX International Conference on Public Comunication of Science and Technology (PCST), Seoul, Korea*.

Trench, B. (2008). Towards an Analytical Framework of Science Communication Models. Dans D. Cheng, M. Claessens, T. Gascoigne, J. Metcalfe, B. Schiele et S. Shi (dir.), *Communicating Science in Social Contexts* (p. 119-135). Springer.

Trench, B. et Bucchi, M. (2015). Science communication research over 50 years : patterns and trends. Dans B. Schiele, J. Le Marec et P. Baranger (dir.), *Science communication today-2015: current strategies and means of action* (p. 15-27). PUN-Éditions universitaires de Lorraine.

Triezenberg, H. A., Knuth, B. A., Yuan, Y. C. et Dickinson, J. L. (2012). Internet-Based Social Networking and Collective Action Models of Citizen Science. Dans J. L. Dickinson et R. Bonney (dir.), *Citizen Science : Public Participation in Environmental Research* (p. 214-225). Cornell University Press.

Trøjelsgaard, K. et Olesen, J. M. (2013). Macroecology of pollination networks. *Global Ecology and Biogeography*, *22*(2), 149-162. https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2012.00777.x

Tromble, R. (2021). Where Have All the Data Gone? A Critical Reflection on Academic Digital Research in the Post-API Age. *Social Media + Society*, *7*(1). https://doi.org/10.1177/2056305121988929

Tsou, A., Bowman, T. D., Ghazinejad, A. et Sugimoto, C. R. (2015). Who tweets about science? Dans *Proceedings of the 2015 international society for scientometrics and informetrics* (p. 95-100).

Tvinnereim, E., Fløttum, K., Gjerstad, Ø., Johannesson, M. P. et Nordø, Å. D. (2017). Citizens' preferences for tackling climate change. Quantitative and qualitative analyses of their freely formulated solutions. *Global Environmental Change*, *46*, 34-41. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.06.005

Twitter. (2016, 24 mai). Bientôt disponible : en dire encore plus en 140 caractères. *Twitter.* https://blog.twitter.com/fr_fr/a/fr/2016/bient-t-disponible-en-dire-encore-plus-en-140-caract-res

United Nations. (2021a). *The Second World Ocean Assessment Report : World Ocean Assessment II Volume I*. https://www.un.org/regularprocess/sites/www.un.org.regularprocess/files/2011859-e-woa-ii-vol-i.pdf

United Nations. (2021b). *The Second World Ocean Assessment Report : World Ocean Assessment II Volume II*. https://www.un.org/regularprocess/sites/www.un.org.regularprocess/files/2011859-e-woa-ii-vol-ii.pdf

Urban, M. C. (2015). Accelerating extinction risk from climate change. *Science*, *348*(6234), 571-573. https://doi.org/10.1126/science.aaa4984

Vainio, J. et Holmberg, K. (2017). Highly tweeted science articles: who tweets them? An analysis of Twitter user profile descriptions. *Scientometrics*, *112*(1), 345-366. https://doi.org/10.1007/s11192-017-2368-0

Van Bavel, J. J. (2021, 3 novembre). Scientists have passions outside the lab. We should embrace that. *Science*. https://doi.org/10.1126/science.caredit.acx9560

Van Noorden, R. (2014). Online collaboration: Scientists and the social network. *Nature*, *512*(7513), 126-129. https://doi.org/10.1038/512126a

van Eck, C. W., Mulder, B. C. et Dewulf, A. (2020). Online Climate Change Polarization: Interactional Framing Analysis of Climate Change Blog Comments. *Science Communication*, *42*(4), 454-480. https://doi.org/10.1177/1075547020942228

Veletsianos, G. (2012). Higher education scholars' participation and practices on Twitter. *Journal of Computer Assisted Learning*, *28*(4), 336-349. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00449.x

Veletsianos, G. (2016). *Social media in academia: networked scholars*. Routledge.

Veltri, G. A. (2013). Microblogging and nanotweets: Nanotechnology on Twitter. *Public Understanding of Science*, *22*(7), 832-849. https://doi.org/10.1177/0963662512463510

Veltri, G. A. et Atanasova, D. (2015). Climate change on Twitter: Content, media ecology and information sharing behaviour. *Public Understanding of Science, 26*(6), 721–737. https://doi.org/10.1177/0963662515613702

Venturini, T., Bounegru, L., Gray, J. et Rogers, R. (2018). A reality check(list) for digital methods. *New Media & Society*, *20*(11), 4195-4217. https://doi.org/10.1177/1461444818769236

Venturini, T., Jacomy, M. et Jensen, P. (2021). What do we see when we look at networks: Visual network analysis, relational ambiguity, and force-directed layouts. *Big Data & Society*, *8*(1). https://doi.org/10.1177/20539517211018488

von Zabern, L. et Tulloch, C. D. (2021). Rebel with a cause: the framing of climate change and intergenerational justice in the German press treatment of the Fridays for Future protests. *Media, Culture & Society*, *43*(1), 23-47. https://doi.org/10.1177/0163443720960923

Vu, H. T., Blomberg, M., Seo, H., Liu, Y., Shayesteh, F. et Do, H. V. (2020). Social Media and Environmental Activism: Framing Climate Change on Facebook by Global NGOs. *Science Communication*, *43*(1), 91–115. https://doi.org/10.1177/1075547020971644

Walter, S., Lörcher, I. et Brüggemann, M. (2019). Scientific networks on Twitter: Analyzing scientists' interactions in the climate change debate. *Public Understanding of Science*, *28*(6), 696-712. https://doi.org/10.1177/0963662519844131

Walter, S., Silva-Schmidt, F. D. et Brüggemann, M. (2018). Digital Traces in Context| From "Knowledge Brokers" to Opinion Makers: How Physical Presence Affected Scientists' Twitter Use During the COP21 Climate Change Conference. *International Journal of Communication*, *12*(0), 22.

Wang, T. (2013, 13 mai). Big Data Needs Thick Data. *Ethnography Matters*. https://ethnographymatters.wordpress.com/2013/05/13/big-data-needs-thick-data/

Warzel, C. (2016). Enquête: comment Twitter échoue dans sa lutte contre le harcèlement. *BuzzFeed § FranceNews*. https://www.buzzfeed.com/fr/charliewarzel/twitter-echoue-depuis-dix-ans-a-lutter-contre-le-harcelement

Watts, N., Adger, W. N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P., Cai, W., Chaytor, S., Colbourn, T., Collins, M., Cooper, A., Cox, P. M., Depledge, J., Drummond, P., Ekins, P., Galaz, V., Grace, D., Graham, H., Grubb, M., Haines, A., … Costello, A. (2015). Health and climate change: policy responses to

protect public health. *The Lancet*, *386*(10006), 1861-1914. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60854-6

Watts, N., Amann, M., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Bouley, T., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Chambers, J., Cox, P. M., Daly, M., Dasandi, N., Davies, M., Depledge, M., Depoux, A., Dominguez-Salas, P., Drummond, P., Ekins, P., … Costello, A. (2018). The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet*, *391*(10120), 581-630. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9

Weber, W., Engebretsen, M. et Kennedy, H. (2018). Data stories : rethinking journalistic storytelling in the context of data journalism. *Studies in Communication Sciences*, *2018*(1), 191-206. https://doi.org/10.21256/zhaw-4873

Welbourne, D. J. et Grant, W. J. (2016). Science communication on YouTube: Factors that affect channel and video popularity. *Public Understanding of Science*, *25*(6), 706-718. https://doi.org/10.1177/0963662515572068

Weller, K., Bruns, A., Burgess, J., Mahrt, M. et Puschmann, C. (2014). Twitter and Society : An Introduction. Dans K. Weller, A. Bruns, J. Burgess, M. Mahrt et C. Puschmann (dir.), *Twitter and Society* (p. xxix-xxxviii). Peter Lang.

Wickham, H. (2011). ggplot2. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, *3*(2), 180-185. https://doi.org/10.1002/wics.147

Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T., Miller, E., Bache, S., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D., Spinu, V., … Yutani, H. (2019). Welcome to the Tidyverse. *Journal of Open Source Software*, *4*(43), 1686. https://doi.org/10.21105/joss.01686

Wihbey, J., Joseph, K. et Lazer, D. (2019). The social silos of journalism? Twitter, news media and partisan segregation. *New Media & Society*, *21*(4), 815-835. https://doi.org/10.1177/1461444818807133

Williams, H. T. P., McMurray, J. R., Kurz, T. et Lambert, F. H. (2015). Network analysis reveals open forums and echo chambers in social media discussions of climate change. *Global Environmental Change*, *32*, 126-138. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.03.006

Williams, K. (2022). What counts: Making sense of metrics of research value. *Science and Public Policy*, *49*(3), 518-531. https://doi.org/10.1093/scipol/scac004

Williams Kirkpatrick, A. (2020). The spread of fake science: Lexical concreteness, proximity, misinformation sharing, and the moderating role of subjective knowledge. *Public Understanding of Science*, *30*(1), 55–74. https://doi.org/10.1177/0963662520966165

Wilsdon, J., Allen, L., Belfiore, E., Campbell, P., Curry, S., Hill, S., Jones, R., Kain, R., Kerridge, S., Thelwall, M., Tinkler, J., Viney, I., Wouters, P., Hill, J. et Johnson, B. (2015). *The Metric Tide: Report of the Independent Review of the Role of Metrics in Research Assessment and Management*. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4929.1363

Winseck, D. et Jin, D. Y. (2011). *The Political Economies of Media: The Transformation of the Global Media Industries*. Bloomsbury Publishing.

Wonneberger, A., Hellsten, I. R. et Jacobs, S. H. J. (2021). Hashtag activism and the configuration of counterpublics: Dutch animal welfare debates on Twitter. *Information, Communication & Society*, *24*(12), 1694-1711. https://doi.org/10.1080/1369118X.2020.1720770

Woolcott, G., Chamberlain, D., Hawes, Z., Drefs, M., Bruce, C. D., Davis, B., Francis, K., Hallowell, D., McGarvey, L., Moss, J., Mulligan, J., Okamoto, Y., Sinclair, N. et Whiteley, W. (2020). The central position of education in knowledge mobilization: insights from network analyses of spatial reasoning research across disciplines. *Scientometrics*, *125*(3), 2323-2347. https://doi.org/10.1007/s11192-020-03692-2

Work, S., Haustein, S., Bowman, T. D. et Larivière, V. (2015). *Social Media in Scholarly Communication. A Review of the Literature and Empirical Analysis of Twitter Use by SSHRC Doctoral Award Recipients*. Social Sciences and Humanities Research Centre. https://crctcs.openum.ca/files/sites/60/2015/12/SSHRC_SocialMediainScholarlyCommunication.pdf

Wright, C. et Nyberg, D. (2017). An Inconvenient Truth: How Organizations Translate Climate Change into Business as Usual. *Academy of Management Journal*, *60*(5), 1633-1661. https://doi.org/10.5465/amj.2015.0718

Wynne, B. (1991). Knowledges in Context. *Science, Technology, & Human Values*, *16*(1), 111-121.

Wynne, B. (2006). Public Engagement as a Means of Restoring Public Trust in Science – Hitting the Notes, but Missing the Music? *Public Health Genomics*, *9*(3), 211-220. https://doi.org/10.1159/000092659

Yearley, S. (2017). Communication Strategies of Environmental NGOs and Advocacy Groups. *Oxford Research Encyclopedia : Climate Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.402

Yeo, S. (2016, 6 octobre). Explainer: Paris Agreement on climate change to « enter into force ». *Carbon Brief*. https://www.carbonbrief.org/explainer-paris-agreement-to-enter-into-force/

Yeo, S. K., Cacciatore, M. A., Su, L. Y.-F., McKasy, M. et O'Neill, L. (2021). Following science on social media: The effects of humor and source likability. *Public Understanding of Science*, *30*(5), 552-569. https://doi.org/10.1177/0963662520986942

Yeo, S. K., Su, L. Y.-F., Cacciatore, M. A., McKasy, M. et Qian, S. (2020). Predicting Intentions to Engage With Scientific Messages on Twitter: The Roles of Mirth and Need for Humor. *Science Communication*, *42*(4), 481–507. https://doi.org/10.1177/1075547020942512

Yousefi Nooraie, R., Sale, J. E. M., Marin, A. et Ross, L. E. (2020). Social Network Analysis: An Example of Fusion Between Quantitative and Qualitative Methods. *Journal of Mixed Methods Research*, *14*(1), 110-124. https://doi.org/10.1177/1558689818804060

Zahedi, Z., Costas, R. et Wouters, P. (2014a). How well developed are altmetrics? A cross-disciplinary analysis of the presence of 'alternative metrics' in scientific publications. *Scientometrics*, *101*(2), 1491-1513. https://doi.org/10.1007/s11192-014-1264-0

Zahedi, Z., Fenner, M. et Costas, R. (2014b). How consistent are altmetrics providers? Study of 1000 PLOS ONE publications using the PLOS ALM, Mendeley and Altmetric.com APIs. Figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.1041821.v2

Zohou, A. (2015). *La médiation scientifique*. Presses des Mines.