

Outils de recherche en sciences sociales numérique

CLESSN

2023-08-05

Table of contents

Avant-propos	1
Introduction	3
1 Trois défis pour une contribution aux sciences sociales numériques	5
1.1 Défi #1: l'inévitable défi technique.	6
1.2 Défi #2: le nécessaire défi théorique.	8
1.3 Défi #3: l'épineux défi éthique.	8
1.4 Conclusion de cette première partie du chapitre	9
1.5 Comment les données massives affectent-elles les sciences sociales? Changements actuels et quelques réflexions sur l'avenir	9
1.6 Définition des données massives	11
1.7 Les données massives et les sciences sociales	12
1.8 La validité de la mesure en sciences sociales	13
1.9 La validité des données massives	14
1.9.1 Validité interne des données massives	15
1.9.2 Validité externe des données massives	16
1.9.3 Données expérimentales	17
1.9.4 Données observationnelles	18
1.9.5 Validité écologique et observation par sous-groupes .	19
1.10 Vers le futur : les données massives effectueront-elles un changement dans la posture épistémologique en sciences sociales?	20

Table of contents

2	Le monde du libre	21
2.1	Émergence et ascension	22
2.1.1	Logiciel libre et <i>open source</i>	23
2.2	Principaux avantages et inconvénients	23
3	Les outils de collecte de données	25
3.1	Le Big Data et les différents acteurs de la société : .	26
3.2	Factiva : outils de récolte de données médiatiques .	27
3.3	Les extracteurs : avoir accès à des données massives via du code.	31
3.4	Covidence : outil de récolte d’articles scientifiques .	32
4	R ou ne pas R?	35
4.1	Pourquoi R?	35
4.2	Réflexion théorique	36
4.3	Réflexion méthodologique	39
4.4	Trucs et astuces	39
4.5	Les environnements de développement intégré	40
4.6	Où coder en R ?	40
4.7	Pourquoi RStudio ?	41
4.7.1	Qu’est-ce que RStudio ?	41
4.8	Pourquoi RStudio ?	41
4.8.1	Qu’est-ce que RStudio ?	41
4.8.2	Avantages et inconvénients de RStudio	42
4.8.3	Avantages et inconvénients de RStudio	44
4.9	Comment utiliser RStudio ?	46
4.10	Personnaliser son RStudio	48
5	Baliser les sciences sociales : langages et pratiques	49
5.1	Question	49
5.2	Réflexion théorique	53
5.3	Réflexion méthodologique	60
5.4	Trucs et astuces	64
5.4.1	Logiciels de bureau	64

5.4.2	Logiciels en ligne	64
5.5	Références	64
6	La gestion des références	65
6.0.1	Installation et configuration de Zotero	68
7	Une image vaut mille mots	71
7.1	Introduction	71
7.2	Réflexion théorique	72
7.2.1	Les options disponibles	72
7.3	Références	78
8	Outils de recherche: la quête infinie de l'optimisation	79
8.1	Introduction du chapitre	79
8.2	Logiciel de gestion de communication (Slack)	80
8.3	Logiciel de gestion de projet	81
8.4	Stockage de données (Hub, AWS, Dropbox == défi éthique)	81
8.5	Logiciel de gestion de versions décentralisé	81
8.6	Conclusion: un exemple de l'utilisation des outils	82
9	Outils d'intelligence artificielle	83
10	Sapientia Artificiosa: L'Excellence Cognitive au Service des Études Sociales"	85
11	En général, c'est quoi l'IA, le ML, le DL, etc.? (en mentionnant que c'est un champ qui change tout le temps) (JOZEF)	87
12	La révolution ChatGPT	89
13	Deepl, google traduction, etc,	91
14	Midjourney, génération d'images, etc.	93
15	1 autre exemple?	95

Table of contents

16 Machine Learning, reconnaissance d'images etc	97
17 LLM, chatbots, etc.	99
18 Serpents et échelles	101
References	131

Avant-propos

Ceci est un exemple de citation Adcock and Collier (2001) .

Introduction

1 Trois défis pour une contribution aux sciences sociales numériques

Ce premier chapitre n'est sans doute pas le plus excitant. Il ne comprend ni graphique ni exercice. Il s'ancre dans la réflexion théorique plutôt que dans la pratique méthodologique. Habituellement, c'est la partie que l'on ignore, celle que l'on saute pour passer aux « choses sérieuses ». Amateur de « choses sérieuses »? Bonne nouvelle! Cet ouvrage en est rempli. Tout comme la carrière qui s'offre à vous si vous choisissez de poursuivre dans l'étude des sciences sociales numériques.

En 2020, le monde est numérique, et rien ne semble présager un inversement de la tendance. Au contraire, celle-ci risque plutôt de s'accélérer. La pandémie de la COVID-19 a offert quelques-uns des meilleurs exemples de cette tendance: télétravail généralisé, école numérique, livraison en ligne, mobilisation via les réseaux sociaux, intelligences artificielles pour le dépistage de fausses nouvelles et application mobile pour tracer les déplacements et freiner les pandémies. L'avenir est au numérique. Pour les jeunes chercheurs en sciences sociales, cela équivaut à une montagne de «choses sérieuses».

Dans ce contexte, il ne fait aucun doute que votre carrière sera passionnante. Si vous n'en êtes pas déjà convaincu, ce livre vous fournira une panoplie d'exemples de vos nombreuses possibilités. De l'analyse textuelle dans les médias aux sondages en ligne de milliers d'individus, en passant par l'extraction de données massives des sites web ou à l'analyse de larges réseaux de communication, vous trouverez assurément des défis à la hauteur de vos aspirations.

1 Trois défis pour une contribution aux sciences sociales numériques

Devant ce déluge de données numériques, le jeune chercheur peut avoir l'impression qu'il est possible, voire permis de tout faire. Entendons-nous bien: c'est presque le cas. Tous les jours, vous aurez des idées de projets plus invraisemblables les unes que les autres. Avec vos nouveaux outils, plusieurs de ces idées n'auront aucun problème à se réaliser. Le véritable problème surviendra peut-être le jour où sera négligée la réflexion théorique. La réflexion au cœur même de ce chapitre. Rappelez-vous: c'est ce chapitre que vous avez considéré sauter, au départ!

En fait, il serait surprenant que vous ne soyez pas happés, très tôt dans vos études, à des limites fondamentales à votre travail. Dans cet ouvrage, nous les appelleront « défis ». Nous ne parlons pas ici de données manquantes ou d'accès restreints à l'information. Il s'agit de défis beaucoup plus élémentaires. Ils se comptent au nombre de trois et sont à la base de toute réflexion préalable à la recherche en science sociales numériques. Ils sont:

1. Le défi technique;
2. Le défi théorique;
3. Le défi éthique.

Sachez une chose: ces défis sont présents dans toutes les grandes branches de la science, c'est-à-dire lors de la recherche, lors de la diffusion des résultats et lors de l'enseignement. Que vous comptiez opérer dans l'une, dans l'autre ou dans toutes ces branches, une bonne compréhension des trois défis permettra de limiter les risques d'impair, mais surtout d'élargir l'univers de vos possibles.

1.1 Défi #1: l'inévitable défi technique.

Le premier défi est technique, lié à l'extraction et à l'analyse des données numériques. Il nécessite l'apprentissage et le développement des méthodologies. Avec R dans sa poche, ce défi est hautement simplifié. R

1.1 Défi #1: l'inévitable défi technique.

permet de penser autrement les possibilités de recherche, et de travailler avec des outils tels que *Shiny*, pour la création instantanée d'applications web interactives ou *Mechanical Turk*, pour la mise en ligne de micro-tâches (*crowdsourcing*) à réaliser à faible coût par des volontaires. R facilite également la réalisation de revues de la portée de la littérature (*scoping review*), une technique permettant de cartographier la littérature scientifique dans un champ donné.

Les données massives nous entourent. Que ce soit au travers de milliers de sondages croisés, via les médias sociaux ou à l'intérieur des archives gouvernementales en ligne, il est plus facile que jamais de rassembler de grandes quantités d'information. Le défi demeure toutefois complexe lorsque vient le temps d'extraire et d'analyser ces données afin de contribuer à la connaissance scientifique.

Déjà, cet ouvrage offre une base solide sur laquelle développer vos méthodes. Celles-ci sont de plus en plus simples à apprendre et à appliquer, notamment grâce aux réseaux de collaboration en ligne. Aujourd'hui, une question peut rapidement être répondue après une recherche sur Google. *Stack Overflow* est un site Web dédié à l'entraide entre programmeurs. Vous le trouverez hautement utile.

Si les méthodologies sont plus nombreuses, efficaces et simples que jamais, beaucoup restent encore à faire pour permettre la transparence et l'accessibilité des données publiques, la collaboration entre chercheurs et l'optimisation des outils d'extractions de données. Le cœur du défi technique réside dans l'amélioration des outils utiles et nécessaires aux chercheurs.

En effet, après l'apprentissage des méthodes disponibles à l'heure actuelle, vous pourrez rapidement contribuer à leur optimisation. La beauté d'un logiciel libre comme R est qu'il vous est possible de développer de nouvelles méthodes pour faciliter la recherche, pour ensuite partager ces trouvailles avec le monde entier. Sur R, vous pourrez construire des fonctions qui accéléreront votre travail. Le développement de quatre ou cinq fonctions

1 Trois défis pour une contribution aux sciences sociales numériques

pourrait ensuite faire l'objet d'un tout nouveau « package », que vous partagerez en ligne à vos pairs scientifiques.

Tous les jours, de nouveaux packages R sont développés et mis en ligne. Des dizaines existent simplement pour réaliser de l'analyse textuelle automatisée, une méthodologie qui permet l'étude quantitative de large corpus de textes. Plusieurs de ces packages, comme «Quanteda», «Topic-models», ou ceux de la «Tidyverse» sont hautement performants, et en constante amélioration.

Il est à la portée de toute chercheuse et de tout chercheur de participer à la bonification des outils et à l'avancement des méthodologies. C'est la réponse attendu au défi technique.

1.2 Défi #2: le nécessaire défi théorique.

- Nécessite une formation selon les principaux travaux scientifiques qui étudient l'impact des données numériques sur les théories en sciences sociales:
 - On ne doit pas réinventer la roue à chaque article scientifique;
 - Comment intégrer nos travaux à la littérature actuelle?;
 - Comment faire progresser cette littérature? Démontrer l'impact des données numériques sur les théories existantes;
 - Exemple: le nationalisme: peut-on mesurer le nationalisme au travers des médias sociaux? Si oui, comment cela peut-il contribuer à la littérature sur le nationalisme?

1.3 Défi #3: l'épineux défi éthique.

- Autour des questions de l'effet de l'ère numérique sur la confidentialité, la sécurité informatique, le consentement et le droit des sujets secondaires:

1.4 Conclusion de cette première partie du chapitre

- Le numérique offre beaucoup d’opportunité tout à fait légale, mais pas nécessairement éthique;
- Nécessaire d’encourager la réflexion par rapport aux défis humains entourant l’utilisation des nouvelles données numériques;
- Comment utiliser ces données pour améliorer les vies, sans brimer les libertés individuelles?;
- Exemple: intelligence artificielle (machine learning): Le milieu académique est loin d’être seul à s’intéresser à la grande quantité d’information disponible. Les partis politiques, les agences de marketing et bien d’autres organisations utilisent ces informations à des fins de victoires, ou de ventes.

1.4 Conclusion de cette première partie du chapitre

- Au travers des nouveaux apprentissages et des exemples qui sont offerts dans ce livre, le lecteur est encouragé à se poser ces 3 questions:
 1. D’abord, comment puis-je utiliser ces nouveaux outils pour faire progresser les méthodologies de recherche actuelles?
 2. Ensuite, comment puis-je utiliser ces nouveaux outils pour contribuer à l’avancement des théories de mes champs de recherche?
 3. Enfin, comment puis-je utiliser ces nouveaux outils pour exercer un impact positif sur mes semblables?

1.5 Comment les données massives affectent-elles les sciences sociales? Changements actuels et quelques réflexions sur l’avenir

L’apparition des données massives (*big data*) dans le paysage technologique représente un de ces cas de plus en plus commun de phénomène hautement

1 Trois défis pour une contribution aux sciences sociales numériques

technique dont les effets politiques et sociaux sont remarquables. La discussion publique s'est en effet rapidement emparée du sujet, au point de transformer un moment technologique en phénomène social. Les « données massives » se trouvent ainsi régulièrement présentées dans l'espace public à la fois comme un moyen puissant de développement et d'innovation technoscientifique, de même que comme une menace à la stabilité de certaines normes sociales telles que la confidentialité des informations privées. Il n'est d'ailleurs pas rare que le discours public s'inquiète du danger que poseraient les données massives à la séparation des sphères publique et privée (centrale à la conception libérale du rôle de la politique qui structure la majorité des débats sociaux) en amalgamant parfois de manière trop rapide l'objet et l'utilisation qui en est faite. Toutefois, ce même discours public s'emporte aussi rapidement à propos des gains technologiques monumentaux réalisés par l'utilisation des données massives.

Dans le domaine des sciences sociales, les avancées dûes à l'utilisation des données massives se font de plus en plus fréquentes et l'impact des données massives dans le domaine de la recherche sociale est en ce sens indéniable. Toutefois, d'un point de vue épistémologique, l'utilisation des données massives en recherche en sciences sociales dans les dernières années laisse plusieurs questions ouvertes dans son sillage.

Comment l'utilisation des données massives change-t-elle la pratique des sciences sociales? Les données massives causeront-elles un changement de paradigme scientifique? Quels impacts auront-elles sur les traditions scientifiques dominantes (e.g., béhavioralisme, individualisme méthodologique) en sciences sociales?

Ce chapitre ne prétend pas offrir de réponses définitives à ces questions, mais plutôt des pistes de réflexion par le biais d'une introduction critique à certains points relatifs aux impacts des données massives sur la recherche en sciences sociales. Premièrement, je présente une conceptualisation des données massives. Deuxièmement, je me penche sur les impacts des données massives en sciences sociales et souligne tout particulièrement comment elles affectent les enjeux de la *validité* interne et externe dans la

domaine des sciences sociales. Finalement, j'explore quelques pistes de réflexion sur l'avenir des données massives en sciences sociales en analysant quelques changements *épistémologiques* que ces données pourraient potentiellement entraîner.

1.6 Définition des données massives

Ce qui définit les données massives comme concept est souvent mêlé avec le phénomène social qui l'accompagne. Il est toutefois possible de démêler le tout en distinguant trois approches conceptuelles des données massives.

1. Premièrement, les données massives représentent une (1) ***quantité importante de points d'information*** qui varient selon la nature, le type, la source, etc. En ce sens, la distinction est simplement quantitative. Il s'agit d'une première dimension à la définition des données massives.
2. Deuxièmement, d'une perspective technique et technologique, les données massives constituent un (2) ensemble de ***pratiques*** de collecte, de traitement et d'analyse de ces points d'information. Les données massives représentent donc une technique ou une méthode nouvelle de recherche.
3. Finalement, d'une perspective sociologique, les données massives représentent (3) un phénomène incorporant à la fois la dimension propre aux ***développements technologiques, ainsi que les impacts sociétaux de ces développements*** – i.e., les risques à la confidentialité des données, les enjeux relatifs au consentement et à l'autorisation de collecte des informations, les innovations en intelligence artificielle, etc. Cette perspective souligne le caractère essentiellement social des données massives.

Dans les domaines scientifiques et technologiques, la définition courante donnée aux données massives intègre des éléments de ces trois niveaux

1 Trois défis pour une contribution aux sciences sociales numériques

d'analyses en se référant à la composition et à la fonction des données. Premièrement, la *composition* des données massives est généralement conceptualisée comme comprenant « 4V » : le volume, la variété, la vélocité et la véracité. Cette conceptualisation jouie d'un large consensus scientifique (Chen, Mao et Liu, 2014; Gandomi et Haider, 2015; Kitchin et McArdle 2016).

Par ailleurs, plusieurs chercheurs ont élargi cette définition de la composition des données massives en y incluant, par exemple, la variabilité et la valeur des points de données (CITE). Deuxièmement, la *fonction* des données massives comprend les innovations relatives à l'optimisation, à la prise de décision et à l'approfondissement des connaissances qui résultent de leur utilisation. Ces fonctions touchent des domaines sociaux disparates, incluant le souci d'efficacité et de rendement du secteur privé et public ainsi que la recherche scientifique pure (Gartner 2012).

1. Définition de base	Quantité importante de données dont la nature, le type, la source, etc. varient
2. Définition technique/technologique	Ensemble de <i>pratiques</i> de collecte, de traitement et d'analyse de ces données
3. Définition sociologique	Innovation technique et technologique, de même que les effets sociaux qui l'accompagne

1.7 Les données massives et les sciences sociales

Dans le domaine des sciences sociales, les changements causés par l'utilisation des données massives en recherche sont significatifs. Plusieurs n'hésitent d'ailleurs pas à les qualifier de changement de paradigme

1.8 La validité de la mesure en sciences sociales

dans l'étude des phénomènes sociaux (Anderson 2008; Chandler 2015; Grimmer 2015; Kitchin 2014; Monroe et al. 2015). Dans le cas qui nous intéresse, deux dimensions majeures méritent d'être abordées : (1) une première relative à la validité (interne et externe) des données massives et (2) une seconde, plus large, relative au potentiel changement de posture ou d'orientation épistémologique causé par l'utilisation de ces données en recherche.

1.8 La validité de la mesure en sciences sociales

La validité de la mesure constitue une exigence méthodologique centrale à la recherche en sciences sociales. Les scientifiques cherchent effectivement à s'assurer que ce qui est mesuré – par un sondage, une entrevue, un thermostat ou tout autre outil de mesure – constitue bel et bien ce qui est supposé être mesuré. Adcock et Collier définissent plus spécifiquement l'application de la validité de la mesure en sciences sociales par le biais de « scores (including the results of qualitative classification) [that] meaningfully capture the ideas contained in the corresponding concept. » (2001 : 530)

Toutefois, les problèmes liés à la validité de la mesure sont nombreux et ont une importance considérable. Dans l'étude des phénomènes sociaux et humains, la validité de la mesure prend d'ailleurs une complexité supplémentaire du fait que les données collectées par le biais d'une mesure constituent le *produit de l'observation* d'un phénomène mais non pas le phénomène en soi. Ainsi, lorsque dans le contexte d'une recherche on propose de mesurer l'humeur de l'opinion publique (le phénomène en soi) sur un enjeu politique, on utilise généralement un sondage qui a pour fonction de mesurer le pouls d'un échantillon de la population d'intérêt (ce qui est réellement observé). Cependant, ce que ce sondage mesure ne constitue pas tout à fait l'opinion publique elle-même, mais plutôt un segment populationnel qui se veut représentatif de l'humeur de l'opinion publique.

Autrement dit, la mesure et les données collectées ne représentent pas le phénomène – l’opinion publique – en soi.

On a déjà mentionné que la validité de la mesure a de l’importance puisqu’elle garantit que ce qui est mesuré représente réellement ce qu’on croit mesurer. Mais pour être plus spécifique, dans une approche positiviste, la validité de la mesure se traduit généralement par une logique de classification des valeurs attribuées aux différentes manifestations distinctes d’un même phénomène. Par exemple, une mesure de la démocratie comme celle proposée par *Freedom House*, fréquemment utilisée en science politique, classe les libertés civiles et les droits politiques des états du monde par degré, de 1 à 7, afin de construire un index allant d’autoritarisme complet à démocratie parfaite. Les scores représentent, dans ce contexte, une mesure artificielle, mais ordonnée et logique, des idées contenues dans le concept de démocratie telles que libertés civiles et droits politiques. On peut ainsi dire que le souci avec la validité de la mesure traverse les connexions entre (1) le phénomène social étudié (la démocratie), (2) son opérationnalisation (via les libertés civiles et droits politiques) et (3) la méthode de mesure utilisée pour observer et classer d’une certaine façon le phénomène et les données qui en découlent (dans le cas de *Freedom House* des codeurs indépendants).

1.9 La validité des données massives

En ce qui a trait aux données massives, la question de la validité de la mesure constitue un défi nouveau. Les données massives ont en effet pour avantage d’offrir aux chercheurs soit de nouveaux phénomènes à étudier, soit de nouvelles manifestations et nouvelles formes à des phénomènes déjà étudiés. Les données massives permettent donc d’agrandir la connaissance scientifique.

L’étude de King et al. (2013) représente un cas éclairant de phénomène social que que l’utilisation des données massives a rendu possible d’étudier.

1.9 La validité des données massives

En se basant sur la collecte de plus de 11 millions de publications sur les réseaux sociaux chinois, King et al. ont pu mesurer la censure exercée par le gouvernement chinois sur les réseaux sociaux. En utilisant des données massives nouvelles, King et al. ont donc pu observer une manifestation inédite de censure massive qui, sans de telles données, serait probablement demeurer mal comprise d’une perspective scientifique. Le nombre de recherches basées sur l’utilisation des données massives similairement innovantes en sciences sociales est par ailleurs en croissance constante (Beauchamp 2017; Bond et al. 2012; Poirier et al. 2020).

Cependant, il faut aussi souligner que les données massives, de par leur complexité, peuvent avoir pour désavantage d’embrouiller l’étude des phénomènes sociaux. Les opportunités scientifiques liées aux données massives s’accompagnent en effet de certaines difficultés méthodologiques.

Aux nombres de ces difficultés, trois questions sont particulièrement cruciales : (1) la validité interne, (2) la validité externe, et (3) la question d’un changement de posture ou d’orientation épistémologique en sciences sociales causé par les données massives.

1.9.1 Validité interne des données massives

Premièrement, les données massives peuvent représenter un défi à la validité interne des études en sciences sociales en rendant ***pragmatiquement difficile l’établissement d’un mécanisme causal clair***. Ce défi est notamment une conséquence du fait que la plupart des données sont présentement issues d’un processus de génération (*data-generating process*) qui est hors du contrôle des chercheur.e.s. Les données massives proviennent en effet habituellement de sources diverses qui sont externes aux projets de recherche qui les utilisent. Elles ne sont pas donc générées de manière aléatoire sous le contrôle des chercheur.e.s.

Un des problèmes liés à cette situation consiste en ce qu’il est difficile de garantir une source *exogène* de variation par laquelle les chercheur.e.s

éliminent l'effet potentiel des facteurs confondants (*confounders*). La distribution aléatoire d'un traitement et d'un contrôle (dans une expérience en laboratoire ou sur le terrain) représente le standard le plus élevé permettant de fournir cette source exogène de variation.

Pour le dire autrement, le défi de validité interne avec les données massives constitue un enjeu relatif à la qualité des données. Ce n'est évidemment pas un défi propre ou unique aux données massives. Ce défi s'applique également aux autres types de données.

Cependant, dans l'état actuel des choses, le volume et la variété (2 des 4 V) des données massives (textuelles, numériques, vidéos, etc.) peuvent miner la qualité de l'inférence causal entre une cause et une conséquence que permet habituellement un processus contrôlé de génération des données. En somme, la validité interne des données massives est une fonction de la qualité de ces mêmes données.

1.9.2 Validité externe des données massives

Deuxièmement, les données massives représentent un défi plus important pour la validité externe des recherches en sciences sociales (Tufekci 2014; Lazer et Radford 2017; Nagler et Tucker 2015). La préoccupation la plus évidente concerne la **représentativité** des données massives collectées. Comme le souligne Lazer et Radford (2017), la quantité ne permet pas de corriger pour la non-représentativité des données. Les données massives sont ainsi soumises au même problème de biais de sélection que les autres types de données observationnelles, telle un sondage ou une série d'entrevues, traditionnellement utilisées en sciences sociales.

Le cas célèbre de l'erreur de prédiction du *Literary Digest* lors de la campagne présidentielle américaine de 1936 illustre bien ce problème récurrent. Le *Literary Digest* a effectivement prédit à tort la victoire de Alf Landon, le candidat du parti républicain, sur Franklin D. Roosevelt, le candidat démocrate, parce que l'échantillon de répondants utilisé par le *Literary*

1.9 La validité des données massives

Digest dans son sondage a surreprésenté les électeurs plus aisés, traditionnellement plus républicains, au détriment des électeurs moins aisés, plus généralement proches du parti démocrate. Cette erreur de surreprésentation dans l'échantillon est due au fait que le *Literary Digest* a effectué un échantillonnage basé sur les listes téléphoniques et le registre des propriétaires de voitures, biaisant par le fait même l'échantillon au détriment des électeurs plus pauvres ne possédant pas de téléphone ou d'automobile mais qui constituaient un électorat favorable à Roosevelt (Squire 1981). Le biais de sélection du sondage a ainsi sous-estimé le soutien populaire de Roosevelt de plus de 20%.

Aujourd'hui, l'utilisation des données massives est soumise aux mêmes risques méthodologiques. L'accumulation massive de données ne permet pas de compenser pour la qualité des données. Les données massives, comme les données plus traditionnelles, sont soumises aux conséquences induites par le processus de génération des données (*data generating process*) comme un échantillonnage.

1.9.3 Données expérimentales

La question du *processus de génération* des données est plus claire quand on considère comment les *données observationnelles* et les *données expérimentales* permettent d'effectuer des *inférences* de manière distincte.

Premièrement, les données massives ne peuvent pas résoudre les enjeux liés aux inférences causales ou explicatives (Grimmer, 2015). En effet, le processus de génération de données expérimentales assure idéalement la validité de l'inférence causale sur l'ensemble de la population visée. Cela prend plus spécifiquement la forme d'un processus de génération des données au sein duquel les chercheur.e.s assurent la distribution aléatoire du traitement entre les deux groupes traitement et contrôle, garantissant par le fait même une source exogène de variation qui permet d'éliminer l'endogénéité entre la variable indépendante (x) et le résidu (e) et qui assure donc que l'effet observé n'est pas dû à une variable confondante.

1.9.4 Données observationnelles

En ce qui à trait aux données observationnelles, il y a deux points importants. Premièrement, des méthodes d'inférence basées sur des approches par « design » (*design-based methods*) comme une méthode de régression sur discontinuité, de variable instrumentale, etc. peuvent également garantir des inférences explicatives et causales valides. Elles nécessitent toutefois plusieurs postulats plus restrictifs dont l'objectif est d'imiter ou de recréer, de la manière la plus fidèle possible, une distribution aléatoire du traitement – ce que la littérature appelle un « *as-if random assignment* » (Dunning, 2008).

Dans un contexte observationnel, les données massives peuvent donc permettre d'augmenter la précision des estimations causales. Effectivement, comme dans un modèle de régression linéaire, plus l'échantillon est grand, plus l'estimation du coefficient (causal ou probabiliste) est précise. Par exemple, un échantillon large dans un modèle de régression sur discontinuité permet de restreindre la largeur de bande autour du « seuil », garantissant ainsi une distribution presque parfaitement aléatoire des données et une validité plus élevée à l'estimation de l'effet causal.

Deuxièmement, un échantillon de données massives observationnelles issues d'une plateforme comme Twitter ou Facebook peut fournir une *description* plus fine de certaines dynamiques sociales observées sur les réseaux sociaux. Cependant, c'est la manière dont sont collectées les données de cet échantillon de données massives qui garantit la représentativité de l'échantillon (avec pour objectif un biais de sélection = 0) et non pas la quantité de données. Généralement, le biais d'un échantillon est une conséquence de la non-représentativité des répondants – dans notre exemple, les utilisateurs des médias sociaux ne sont généralement pas représentatifs de la population entière.

Dans un tel cas, des méthodes de pondération sur des données observationnelles peuvent compenser pour la sur- ou la sous-représentativité de sous-groupes dans un échantillon afin d'assurer la validité de l'inférence

entre échantillon et population. Les données massives ont ici une importance puisqu'une pondération fiable nécessite une quantité substantielle d'observations. Une pondération *a posteriori* sera donc plus fiable plus l'échantillon est grand. Les données massives ont ainsi une valeur ajoutée afin d'établir des inférences descriptives plus précises et sophistiquées.

1.9.5 Validité écologique et observation par sous-groupes

Les données massives peuvent aussi jouer d'autres rôles importants relatif à la validité externe. Premièrement, les données massives facilitent effectivement la validité externe de certaines études en accroissant la « validité écologique » (*ecological validity*) des tests expérimentaux, c'est-à-dire le réalisme de la situation expérimentale (Grimmer, 2015 : 81). En effet, la variété des sources et des formats de données permet aux chercheurs d'imiter plus concrètement la réalité « sur le terrain » vécue par les participants aux études.

Deuxièmement, la quantité importante de données rend possible l'observation d'effets précis, spécifiques et inédits par sous-groupes (Grimmer 2015 : 81). Alors qu'auparavant la taille réduite des échantillons ne permettait pas d'effectuer des inférences valides pour des sous-groupes de la population – les écart-types par sous-groupes étaient trop grand, rendant difficile l'estimation précise d'un paramètre comme la moyenne et impossible celle d'un coefficient –, la taille énorme des échantillons permet aux chercheurs d'estimer des paramètres qui étaient demeurés extrêmement imprécis jusqu'à aujourd'hui. Notre compréhension des phénomènes sociaux s'en trouve par le fait même approfondi de façon considérable.

1 Trois défis pour une contribution aux sciences sociales numériques

	Données observationnelles	Données expérimentales
Processus de génération des données	Non contrôlé par le chercheur	Contrôlé par le chercheur
Type d'inférence causale	Locale (LATE) ou populationnelle (ATE)	Populationnelle (ATE)
Méthodes	Approches par design	Distribution aléatoire du traitement
Exemples	Régression sur discontinuité, variable instrumentale	Expérience de terrain, laboratoire

1.10 Vers le futur : les données massives effectueront-elles un changement dans la posture épistémologique en sciences sociales?

Comme nous venons de le voir, la quantité et la variété nouvelle des données massives permettent à la fois un approfondissement de l'analyse de certains phénomènes et l'ouverture de nouvelles avenues de recherche. Il faut toutefois souligner d'une perspective non pas seulement méthodologique/technique mais plutôt *épistémologique* les données massives représentent une *complexification* de l'analyse des phénomènes en sciences sociales qui soulève au moins trois questions d'importance pour l'avenir de la recherche en sciences sociales : (1) les données massives entrent-elles (partiellement du moins) en conflit avec l'impératif de parcimonie qui caractérise la science moderne?; (2) ces données sont-elles dans la continuité ou représentent-elles une « coupure » dans la tradition béhavioraliste en sciences sociales (et politique en particulier)?; (3) et finalement, de manière reliée, les données massives proposent-elles ou non une manière de dépasser l'individualisme méthodologique qui caractérise les sciences sociales contemporaines?

2 Le monde du libre

« Vous n'avez pas à suivre une recette avec précision. Vous pouvez laisser de côté certains ingrédients. Ajouter quelques champignons parce que vous en raffolez. Mettre moins de sel car votre médecin vous le conseille — peu importe. De surcroît, logiciels et recettes sont faciles à partager. En donnant une recette à un invité, un cuisinier n'y perd que du temps et le coût du papier sur lequel il l'inscrit. Partager un logiciel nécessite encore moins, habituellement quelques clics de souris et un minimum d'électricité. Dans tous les cas, la personne qui donne l'information y gagne deux choses : davantage d'amitié et la possibilité de récupérer en retour d'autres recettes intéressantes. » - Richard Stallman

Cette analogie illustre bien trois concepts au coeur de la philosophie de Richard Stallman, souvent considéré comme le père fondateur du logiciel libre: liberté, égalité, fraternité. Les utilisateurs de ces logiciels sont libres, égaux, et doivent s'encourager mutuellement à contribuer à la communauté. Ainsi, un logiciel libre est généralement le fruit d'une collaboration entre développeurs qui peuvent provenir des quatre coins du globe. Une réflexion éthique est au coeur du mouvement du logiciel libre, dont les militants font campagne pour la liberté des utilisateurs dès le début des années 1980. La Free Software Foundation (FSF), fondée par Richard Stallman en 1985, définit rapidement le logiciel «libre» [free] comme garant de quatre libertés fondamentales de l'utilisateur: la liberté d'utiliser le logiciel sans restrictions, la liberté de le copier, la liberté de l'étudier, puis la liberté de le modifier pour l'adapter à ses besoins puis le redistribuer ¹

¹La redistribution doit évidemment respecter certaines conditions précises, dont l'enfreint peut mener à des condamnations

2 Le monde du libre

Il s'agit ainsi d'un logiciel dont le code source² est disponible, afin de permettre aux internautes de l'utiliser tel quel ou de le modifier à leur guise. Puisque le langage machine est difficilement lisible par l'homme et rend la compréhension du logiciel extrêmement complexe, l'accès au code source devient essentiel afin de permettre à l'utilisateur de savoir ce que le fait programme fait réellement. Seulement de cette façon, l'utilisateur peut *contrôler* le logiciel, plutôt que de se faire contrôler par ce dernier (Stallman, 1986).

2.1 Émergence et ascension

Plusieurs situent les débuts du mouvement du logiciel libre avec la création de la licence publique générale GNU³, en 1983, à partir de laquelle va se développer une multitude de programmes libres. Depuis, la popularité des logiciels libres n'a cessé de croître, alors que des dizaines de millions d'utilisateurs à travers le monde utilisent désormais ces logiciels. Parmi les plus populaires, on retrouve notamment le navigateur Firefox, la suite bureautique OpenOffice et l'emblématique système d'exploitation Linux, qui se développe d'ailleurs à partir de la licence GNU. Les logiciels libres ont différents usages (en passant par la conception Web, la gestion de contenu, les systèmes d'exploitation, la bureautique...). Encore une fois, le logiciel libre est avant-tout une philosophie, voire un mouvement de société. C'est une façon de concevoir la communauté du logiciel, où le respect de la liberté de l'utilisateur est un impératif éthique central (**reformuler?**) (Williams et al., 2020:26). Si ce mouvement fut d'abord initié par quelques militants dans les années 1980, c'est aujourd'hui un véritable phénomène sociétal:

[<http://www.softwarefreedom.org/resources/2008/shareware.html>].

²Pour rester dans les analogies culinaires, le code source est au logiciel ce que la recette est à un plat: elle indique les actions à effectuer, une par une, pour arriver à un résultat précis. Encore une fois, cette dernière peut-être adaptée, modifiée, bonifiée.

³expliquer ce qu'est GNU en quelques lignes/le modèle collaboratif de développement logiciel initié par le projet GNU

2.2 Principaux avantages et inconvénients

des milliers d'entreprises, d'organisation à but non lucratif, d'institutions ou encore de particuliers adoptent tour à tour ces logiciels, dont la culture globale et les valeurs (entraide, collaboration, partage) s'arriment avec le virage technologique de plusieurs entreprises à l'ère du numérique (**retravailler, mais l'idée est là**). [blablabla]

Il faut garder en tête que logiciel libre ne rime pas nécessairement avec gratuité. Bien que plusieurs logiciels libres soient téléchargeables gratuitement (**donner des exemples**), il est aussi possible de (re)distribuer des logiciels libres payants (**reformuler, pas clair**). Par ailleurs, aucun logiciel libre n'est réellement «gratuit» dans la mesure où son déploiement et son utilisation nécessitent généralement différents coûts, dont les degrés sont variables en fonction des compétences et de l'infrastructure dont disposent les utilisateurs (coût d'apprentissage, coûts d'entretien, etc.). Enfin, il est important de garder en tête les logiciels libres possèdent eux-aussi une licence - cette dernière est d'ailleurs garante des libertés que confèrent les logiciels libres aux utilisateurs.

2.1.1 Logiciel libre et *open source*

“Les deux expressions décrivent à peu près la même catégorie de logiciel, mais elles représentent des points de vue basés sur des valeurs fondamentalement différentes. L'open source est une méthodologie de développement ; le logiciel libre est un mouvement de société.”

2.2 Principaux avantages et inconvénients

La disponibilité du code source et le mode de développement collaboratif du logiciel libre facilitent également le transfert des connaissances et ce, au-delà des frontières. Où qu'ils soient, les institutions, les entreprises et les particuliers peuvent utiliser ces logiciels et les adapter en fonction de

2 Le monde du libre

leurs besoins respectifs. Par ailleurs, l'accès libre et égal de tous les internautes à l'ensemble de ces connaissances constitue un enjeu majeur pour la vitalité démocratique des sociétés à l'ère du numérique, caractérisées par une surabondance d'information.

Les logiciels libres, parce qu'ils sont souvent moins coûteux (voire téléchargeables gratuitement) et qu'ils démocratisent l'accès à l'information, contribuent à réduire les disparités en termes d'accessibilité aux nouvelles technologies.

Stallman - Lui-même issu du monde de la recherche scientifique. L'esprit même du logiciel libre est très proche ; contribution à la culture globale de partage, d'entraide, etc. que l'on peut retrouver dans le domaine scientifique

3 Les outils de collecte de données

La révolution numérique engendrée par l'émergence du Big Data représente un important défi pour le monde des sciences sociales (Manovich, 2011; Burrows et Savage, 2014). Elle représente également une opportunité de recherche hors pair permettant une compréhension plus accrue des phénomènes sociaux (Connelly et al., 2016). Cette meilleure compréhension provient, entre autres, de l'accès à des données massives concernant autant les citoyens, les médias que les décideurs (Schroeder, 2014; Kramer, 2014). Si l'accès à ces données représente un défi éthique et théorique (tel qu'explicité lors des chapitres précédents), celles-ci représentent également un défi technique pour les chercheurs voulant exploiter le potentiel et les opportunités offertes par les données massives (Burrows et Savage, 2014). Le chapitre suivant vise à offrir un portrait de certains outils de collecte de données pouvant être exploités par des chercheurs en science sociales visant à tirer profit de la révolution numérique. Il sera, entre autres, question d'outils permettant de collecter des données de sondages (avec Qualtrics), des données médiatiques (avec Factiva) de même qu'une panoplie de données en lien avec les décideurs par le biais de scrapers. Ce chapitre offre donc un tour d'horizon de certains outils de collecte de données disponibles pour les chercheurs visant à entamer des recherches en sciences sociales numériques.

Le champ d'étude de la science politique repose largement sur l'étude de trois types d'acteurs distincts ayant un impact sur la condition politique d'une société : les décideurs, les médias et les citoyens. La recherche sur les décideurs comprend entre autres l'analyse des politiques publiques ou encore l'analyse de discours de politiciens ou d'organisations. L'étude

3 Les outils de collecte de données

des médias repose largement sur le rôle des médias dans la formation des priorités et des jugements des citoyens quant aux enjeux politiques, de même que sur leur capacité d'influencer l'agenda des politiciens. Au niveau des citoyens, le champ d'étude de l'opinion publique se consacre sur l'analyse et l'origine de comportements ou attitudes politiques des citoyens. De plus, de nombreuses recherches portent sur la société civile de même que sur les mouvements sociaux.

Chacun de ces champs de recherches se voit confronté à une panoplie de défis théoriques et techniques en lien avec l'émergence des données massives. La révolution technologique permet une étude plus approfondie des phénomènes auxquels sont confrontés les différents acteurs de la société démocratique. Toutefois, la collecte de données permettant de mener à termes de telles études peut s'avérer complexe. Pour chaque pilier de la démocratie, les sections suivantes énumèrent et expliquent les capacités techniques d'outils permettant aux chercheurs d'accéder à des données massives. Bien que d'autres outils existent et offrent des résultats satisfaisants, les méthodes suivantes sont particulièrement pertinentes dans une optique d'étude des sciences sociales numériques.

3.1 Le Big Data et les différents acteurs de la société :

Le champ d'étude de la science politique repose largement sur l'étude de trois types d'acteurs distincts ayant un impact sur la condition politique d'une société : les décideurs, les médias et les citoyens. La recherche sur les décideurs comprend entre autres l'analyse des politiques publiques ou encore l'analyse de discours de politiciens ou d'organisations. L'étude des médias repose largement sur le rôle des médias dans la formation des priorités et des jugements des citoyens quant aux enjeux politiques, de même que sur leur capacité d'influencer l'agenda des politiciens. Au niveau des citoyens, le champ d'étude de l'opinion publique se consacre sur

3.2 Factiva : outils de récolte de données médiatiques

l'analyse et l'origine de comportements ou attitudes politiques des citoyens. De plus, de nombreuses recherches portent sur la société civile de même que sur les mouvements sociaux.

Chacun de ces champs de recherches se voit confronté à une panoplie de défis théoriques et techniques en lien avec l'émergence des données massives. La révolution technologique permet une étude plus approfondie des phénomènes auxquels sont confrontés les différents acteurs de la société démocratique. Toutefois, la collecte de données permettant de mener à termes de telles études peut s'avérer complexe. Pour chaque pilier de la démocratie, les sections suivantes énumèrent et expliquent les capacités techniques d'outils permettant aux chercheurs d'accéder à des données massives. Bien que d'autres outils existent et offrent des résultats satisfaisants, les méthodes suivantes sont particulièrement pertinentes dans une optique d'étude des sciences sociales numériques.

Qualtrics (sondages)

3.2 Factiva : outils de récolte de données médiatiques

L'émergence de nouvelles technologies de même que la fragmentation médiatique causée notamment par l'apparition des chaînes de nouvelles en continu ébranlent considérablement les écosystèmes médiatiques occidentaux (Chadwick, 2017). L'étude des médias se penchent donc récemment sur le rôle des médias sur le comportement des citoyens dans une perspective de fragmentation médiatique permettant aux citoyens de choisir leurs sources d'information, ce qui aurait pour effet de contribuer à la formation de chambres d'écho. Ainsi, les études sur les effets des médias visent à comparer les agendas de différentes organisations médiatiques de même que de comprendre le cadrage de la nouvelle qu'ils offrent aux citoyens. Pour effectuer de telles études, l'accès à des données médiatiques est nécessaire. L'arrivée de données massives permet de nouvelles avenues de recherche

3 Les outils de collecte de données

pour les chercheurs en sciences sociales en raison de la quantité imposante de données accessibles aux chercheurs qui permettent une compréhension accrue des réalités médiatiques modernes.

L'outil Factiva offre un accès à l'ensemble des articles d'une panoplie de médias provenant d'une vaste sélection de pays. Le moteur de recherche est opéré par Dow Jones et offre également l'accès à des documents d'entreprises. Toutefois, l'accès qu'il offre aux contenus de média est particulièrement pertinent. Il offre accès à plus de 15 000 sources médiatiques provenant de 120 pays. Il permet de télécharger une quantité illimitée de documents RTF pouvant contenir jusqu'à 100 articles médiatiques chacun. Les articles peuvent être sélectionnés automatiquement en cochant le bouton proposant de sélectionner tous les 100 articles de la page de résultat. Chaque page de résultat contient 100 articles à la fois. Factiva permet également de filtrer pour les doublons.

L'outil permet de lancer une requête de recherche par mots-clés et par date qui permet, par exemple, de récolter les articles médiatiques concernant un sujet précis dans une ligne de temps déterminée. De manière plus précise, Factiva permet de filtrer la recherche d'articles par source, par date, par auteur, par sociétés, par sujet, par secteur économique, par région et par langue. Disons qu'un chercheur désire comparer la couverture médiatique d'une élection donnée. Il peut, par le biais de Factiva, sélectionner tous les articles contenant le mot « élection » dans une sélection de médias et ce, durant la période de l'élection. Les mots clés sélectionnés peuvent être adaptés aux désirs de la personne chercheuse de manière à inclure des mots qui peuvent être mis ensemble ou à un maximum d'intervalle de mot. L'utilisation des signes « and » et « or », aussi connus sous le nom d'opérateurs booléens, permettent d'ajouter un mot dans la requête de recherche. En ajoutant near5, l'on peut spécifier qu'il doit y avoir un maximum de 5 mots entre les deux mots recherchés. L'on peut également mettre certains signes à la fin de mots. Par exemple, dans une étude récoltant des articles sur les immigrants, le mot immigrant pourrait être écrit de la manière suivante : immigrat*. Ainsi, tous les mots débutant par ce suffixe seraient inclus de la recherche d'article, ce qui comprend

3.2 Factiva : outils de récolte de données médiatiques

donc : immigrant, immigration, immigrants, immigrante, etc. La Figure 1 est une capture d'écran de l'interface de recherche de Factiva. En ajoutant un opérateur booléen, l'on peut préciser un champ de recherche. La personne chercheuse pourrait, par exemple, rechercher des articles sur les immigrants syriens, et rajoutant les opérateurs “and” ou encore “or”.

3.2.0.0.1 Figure 1. Interface de recherche de Factiva

The screenshot shows the Factiva search interface. At the top, there's a search bar with the text 'Recherche de texte libre' and 'Recherche Genius'. Below the search bar, there's a date filter set to 'Au cours des 3 derniers mois', a 'Doubles' filter set to 'Désactivé', and a 'Rechercher' button. On the left side, there's a sidebar with various filters: 'Source', 'Auteur', 'Société', 'Recherche des Experts de Factiva', 'Sujet', 'Secteur économique', 'Région', 'Chercher', 'Langue', and 'Plus d'options'. Each filter has a dropdown arrow and a list of options. At the bottom right, there are buttons for 'Effacer la recherche' and 'Rechercher'.

Ainsi, Factiva permet d'avoir accès facilement à des données utiles pour de l'analyse textuelle d'articles médiatiques. Comme les textes deviennent accessibles aux chercheurs.euses, ils deviennent facilement exploitables pour faire de l'analyse de contenu par thèmes ou par ton.

Cependant, ce ne sont pas tous les médias qui sont accessibles sur Factiva. Dans l'optique où un média recherché n'est pas trouvable, le logiciel Eureka représente une bonne alternative. Eureka se concentre principalement sur les médias francophones (autant au Québec qu'en Europe). La structure d'Eureka est similaire à celle de Factiva. En effet, Eureka permet de filtrer des articles médiatiques par requête de recherche adaptée à la source, la date ou encore l'auteur. Toutefois, les requêtes de recherche doivent être formulées d'une manière quelque peu différente, elles doivent donc être adaptées au fonctionnement d'Eureka. Les articles doivent être sélectionnés

3 Les outils de collecte de données

à la main et télécharger dans un PDF pouvant contenir un maximum de 50 articles à la fois. La Figure 2 contient l'interface de recherche d'Eureka.

3.2.0.0.2 Figure 2. Interface de recherche d'Eureka

The screenshot displays the Eureka search interface. At the top, there is a navigation bar with the Eureka logo and links for 'RECHERCHER', 'DOSSIERS', and 'PUBLICATIONS PDF'. The main heading is 'Recherche avancée'. Below this, there is a section for 'Mots clés dans tout le texte' with a large text input field. To the right of this field are three rows of search filters, each with 'ET' (AND) and 'OU' (OR) buttons, a 'SANS' (WITHOUT) button, and a dropdown menu. The first row is for 'dans le titre', the second for 'dans l'introduction', and the third for 'dans le nom de l'auteur'. Below these filters is a button labeled 'Ajouter une zone de mots clés'. The 'Sources' section allows users to select sources by 'groupe de sources', 'critères de sources', or 'nom de source'. There is a 'Domaine de recherche' dropdown menu set to 'Tout le contenu'. The 'Période' section has a dropdown menu set to 'Depuis 30 jours'. At the bottom right, there are buttons for 'Recommencer' and 'Recherche'. On the right side of the interface, there is a sidebar titled 'Astuces de recherche' (Search tips) with several examples of search queries and their results, such as 'pomme verte' and 'bières blondes'.

Il existe toutefois une panoplie d'outils permettant un accès à des données médiatiques. Quoique Factiva soit intuitive et que de nombreuses universités possèdent des licences permettant d'exploiter la plateforme, plusieurs alternatives existent pour les personnes chercheuses. NexisUni, qui comprend entre autre l'outil LexisNexis Academic particulièrement prisé par les chercheurs en communication américains, représente une excellente alternative. C'est également le cas de NewsBank qui permet lui aussi un accès à un vaste répertoire d'articles médiatiques. Les personnes chercheuses peuvent choisir la plateforme qui leur conviennent le mieux, en prenant en compte notamment l'accès qui peut leur être fourni par l'institution universitaire les employant.

Ainsi, la révolution numérique permet un accès sans précédent aux données médiatiques, ce qui permet des analyses approfondies du rôle des médias

3.3 Les extracteurs : avoir accès à des données massives via du code.

traditionnels dans une société démocratique.

3.3 Les extracteurs : avoir accès à des données massives via du code.

Chacun des piliers énumérés précédemment peuvent également être étudiés par le biais d'extracteurs qui offrent un accès à des données massives. Les extracteurs sont des infrastructures de codes permettant d'extraire des données brutes d'une source définie. La section suivante explique comment les extracteurs peuvent être utiles dans un contexte de recherche en sciences sociales numérique.

Les données en lien avec les décideurs sont souvent accessibles sur des sites gouvernementaux. Toutefois, certaines identifications peuvent être nécessaires et l'accès peut être compliqué, particulièrement dans une perspective de données massives. C'est dans cette optique que les extracteurs peuvent être utiles. Un code peut extraire de manière automatique les débats des Assemblées nationales, les communiqués de presses des gouvernants, les plateformes électorales des partis politiques, ce qui offre un accès inégalé aux personnes chercheuses aux données de décideurs. Dans une autre optique, des extracteurs peuvent également offrir accès aux données provenant des médias socionumériques comme Twitter ou Facebook, sur lesquels les acteurs politiques sont souvent très actifs. Un extracteur peut, par exemple, être en mesure de répertorier l'ensemble des Tweets de journalistes, de politiciens ou encore de citoyens de manière automatisée, offrant encore une fois un accès inégalé aux personnes chercheuses à des données massives exclusives. L'élaboration d'extracteurs est toutefois facilitée par l'existence d'API sur les plateformes exploitées. Par exemple, Twitter possédait avant les changements de directions récents un API qui facilite l'élaboration d'un scraper. En contrepartie, Facebook ne possède pas d'API, ce qui rend l'accès à ses données beaucoup plus complexe. Un

extracteur peut également offrir l'accès à des données médiatiques, en codant un accès à des fils RSS ou encore aux HTML des médias extraits.

3.4 Covidence : outil de récolte d'articles scientifiques

Les outils numériques de données massives facilitent le travail des personnes chercheuses dans la récolte de données utilisées dans le cadre des analyses empiriques. Cependant, la révolution technologique offre également des outils pouvant être utiles lors d'autres étapes du cycle de la recherche. Il s'agit notamment du cas de la revue de littérature, alors que de nombreux outils offrent aux personnes chercheuses des ressources permettant d'élaborer un cadre théorique exhaustif par le biais de données massives sur la littérature scientifique. L'outil Covidence, géré par une compagnie sans but lucratif, en est un exemple particulièrement prisé du monde académique lors de l'entreprise de revues de littérature.

La plateforme en ligne Covidence est utilisée pour faciliter les revues systématiques de littérature, et cette dernière permet de réduire drastiquement le temps d'accomplissement du travail en plus de le rendre simple et intuitif. L'outil a été développé pour mieux gérer et organiser l'évaluation de quantité importante d'études scientifiques. L'exécution d'une revue de littérature sur Covidence se fait par le biais d'un double codage. C'est-à-dire que l'évaluation des études se fait manuellement par deux codeurs travaillant de manière autonome qui mettront en commun leurs résultats à la fin de l'exercice. L'outil est reconnu pour ses trois étapes précises : « Title and abstract screening », « Full text review » et « Extraction ». Covidence permet d'importer des données massives provenant de base de données bibliographiques. En effet, l'outil lance des requêtes auprès de multiples bibliothèques, ce qui offre l'accès à des milliers d'Études sur le champ étudié par les personnes chercheuses. Ces requêtes sont adaptées aux besoins spécifiques de la personne chercheuse voulant explorer en

3.4 Covidence : outil de récolte d'articles scientifiques

profondeur un domaine de la littérature scientifique.

La première étape, soit le « Title and abstract screening », consiste en la révision des titres et des résumés des articles récoltés. Pour rendre le travail davantage efficace, il est nécessaire d'inclure des critères précis pour analyser les titres et résumés d'articles. En se servant du jugement et des critères qui étaient recherchés, les individus doivent éliminer ou accepter selon la pertinence de l'article quant à la littérature étudiée. Cette partie est souvent longue puisque la littérature existante est souvent massive. Il est donc important pour les personnes chercheuses de se rencontrer à maintes reprises pour discuter des conflits de jugement et pour trouver des compromis. Cette étape, plutôt longue, s'avère très utile et motivante, puisqu'il est possible de développer un jugement critique davantage raffiné et de s'instruire dans la littérature continuellement plus précise.

Une fois avoir complété la revue des titres et des résumés, il faut entamer le « Full text review » qui, comme l'indique le nom, consiste à la révision complète des textes sélectionnés. Cette étape demande d'analyser chaque texte et une fois terminée de voter soit « oui », « non » ou « peut-être ». Le vote permet donc soit d'exclure l'article, de le retenir ou de l'envoyer à la prochaine étape. En revanche, avoir des conflits rend le travail beaucoup plus long puisqu'ils ont un texte entier à argumenter. Cette partie de travail, bien qu'elle comporte beaucoup moins de documents, est assez longue et exigeante.

La dernière étape, soit celle de l'extraction, consiste à recueillir toute donnée étant utile à l'étude de la littérature désignée. Cette étape demande énormément de temps à codifier et extraire la totalité des articles. Le but est qu'un consensus entre les codeurs émerge de ce processus. Dans les textes, ces derniers renferment plusieurs indices sur les mesures recherchés, des dimensions ainsi que les méthodologies utilisées.

Une fois les étapes de la revue systématique terminées, Covidence facilite l'exportation des résultats de l'extraction sous forme de tableaux, de graphiques et de rapports pour la méta-analyse ou la rédaction d'articles scientifiques. De nombreuses universités offrent un accès à Covidence par

3 Les outils de collecte de données

le biais de license, et l'outil est patriculièremment utile et bien construit. Toutefois, d'autres alternatives à Covidence. Le choix de l'outil dépend des coûts de même que des besoins spécifiques des personnes chercheuses. Les plateformes DistillerSR, Archie et Rayyan sont notamment largement utilisées par les personnes chercheuses.

4 R ou ne pas R?

William Poirier

À ce point du livre, vous avez été introduit aux problèmes et aux opportunités qu’amène l’ère numérique. Vous avez d’ailleurs sans doute déjà une idée de comment ou d’à propos de quel sujet vous pourriez exploiter ce nouveau monde de possibilité. Les prochaines sections du livre auront ainsi pour but de vous introduire aux outils qui permettront la réalisation de vos projets, en commençant par l’outil d’analyse de base – le langage R.

4.1 Pourquoi R?

R est un langage de programmation *OpenSource* développé par des statisticiens pour des statisticiens dans les années 1990 (Tippmann 2015). C’est d’un élan d’amour propre et du désir d’honorer le langage de programmation S que Ross Ihaka et Robert Gentleman nommeront leur création, infirmant ainsi la légende selon laquelle les scientifiques seraient mauvais pour nommer les choses. Ces derniers feront des choix non orthodoxes lors de l’élaboration du langage, des choix qui font aujourd’hui la popularité de R auprès d’un large pan de la communauté académique. En effet, Morand et al. (2012) rapportent que le langage a été élaboré afin qu’il soit intuitif et qu’il permette aux nouveaux utilisateurs de rapidement réaliser des analyses. Ils rapportent même que dans plusieurs départements de

4 R ou ne pas R?

statistiques, R est introduit en 2 semaines – environ le temps que prend l’individu moyen pour oublier ses résolutions du Nouvel An.

Toutefois, avant de débiter l’apprentissage d’un nouvel outil, il faut être convaincu de sa pertinence, de son utilité. À quoi bon apprendre à utiliser une perceuse alors que mon tournevis fonctionne parfaitement bien ? C’est pourquoi ce chapitre a deux objectifs, d’abord, il s’agira de vous convaincre de la pertinence de R suite à quoi il vous sera introduit diverses utilisations possibles de R. Plus spécifiquement, la section de réflexion théorique exposera les avantages et les inconvénients de R et le comparera à ses principaux compétiteurs. Ensuite, la réflexion méthodologique présentera brièvement la programmation de base en R et en quoi l’OpenSource fait de R un outil si puissant. Le chapitre se conclura avec quelques trucs et astuces qui vous permettront de surmonter l’anxiété que peut causer l’apprentissage d’un outil étant, pour plusieurs, quelque chose de véritablement étranger à leur relation typique avec les ordinateurs.

4.2 Réflexion théorique

R a deux types de compétiteurs lorsqu’il est question d’analyses statistiques – les logiciels à licences comme SAS, STATA et SPSS, et les langages *OpenSource*, principalement Python et sa librairie Pandas. Le chapitre précédant ayant déjà élaborer un cas exhaustif en faveur du logiciel libre, il ne sera ici que rappelé les grandes lignes de l’argument, à savoir que : 1) l’*OpenSource* est gratuit d’utilisation; 2) l’*OpenSource* est développé de façon bottom-up, ce qui lui procure une grande flexibilité; et 3) il permet aux utilisateurs de créer leurs propres fonctions. À l’inverse, les logiciels à licences sont coûteux, rigides et l’ajout de fonctionnalités se fait par les développeurs internes à la compagnie ce qui rend le processus plus lent et réduit l’éventail des possibilités. Ceci étant dit, certains avanceront que le c’est justement ce processus interne lent qui assure la validité et la fiabilité des analyses effectuées par SAS, STATA ou SPSS. Or, dans son livre dédié aux utilisateurs de SPSS et de SAS, Muenchen (2011) soulève le

4.2 Réflexion théorique

point que bien souvent, ce sont des individus atomisés qui développent les nouvelles fonctionnalités de ces langages et que le processus de révisions se fait ensuite par des comités internes de testeurs. Il en va de même pour le développement des *Packages* R dans la mesure où ce dernier se voit tester et amender par plusieurs programmeurs indépendants dans un processus itératif sur GitHub ou sur d'autres plateformes similaires. De plus, bien des nouvelles techniques statistiques sont développées pour R par des professeurs qui publient d'abord leur travail dans des journaux académiques revus par des pairs. Bien entendu, rien n'empêche un étudiant gradué de publier ses propres *packages*. C'est pourquoi Muenchen (2011) recommande de visiter le site *MACHIN* afin d'avoir une idée de la validité et de la fiabilité du *package* en question. Enfin, le fait que SAS et SPSS permettent à leur utilisateur d'intégrer des routines R à leur programme est un indicateur fort ne serait-ce que de l'utilité de R (Muenchen 2011).

R n'est cependant pas qu'un outil statistique, il s'agit également d'un outil de programmation puissant. Ceci fait en sorte que le coût d'entrer de R est plus important que celui des logiciels comme SAS, STATA et SPSS puisqu'il impose l'apprentissage d'une syntaxe et d'un jargon particulier. Alors, pourquoi apprendre à programmer en plus d'apprendre à réaliser des analyses statistiques? Après tout, faire des statistiques c'est déjà beaucoup! D'abord, apprendre à programmer permet de développer la résolution de problème et la logique, deux compétences au cœur de la recherche scientifique. Programmer est au cerveau ce que courir est au cœur, il s'agit d'un exercice difficile au départ mais dont les résultats bénéfiques se font sentir rapidement. Apprendre à programmer permettra également de mieux comprendre la façon dont son propre ordinateur fonctionne. Contrairement au mythe urbain qui veut que l'humain n'utilise que 10% de son cerveau, la plupart des individus ne font qu'utiliser une infime partie du potentiel de leur ordinateur. Par exemple, l'ordinateur ayant permis aux américains d'aller sur la lune lors de la mission Apollo-11, le *Apollo Guidance Computer (AGC)*, avait 4 096 octets (bytes) de mémoire RAM¹ [*SOURCE FIABLE*]. L'ordinateur sur lequel sont écrits ces lignes

¹La RAM (*Random Access Memory*) ou "mémoire vive" est l'espace utilisée par

4 R ou ne pas R?

a 8GB de RAM, soit approximativement 2 millions de fois plus que celle de l'AGC. Enfin, l'argument le plus probant sur la nécessité d'apprendre à programmer est celui du marché de l'emploi. Au Canada, il est prévu une pénurie de main d'oeuvre pour les emplois requérant de aptitude en statistique et en programmation comme celui de scientifique de données ou d'analyste (Employment and Social Development Canada 2023). Un rapport de PWC indique même que les employeurs devront s'attendre à ce battre pour engager des individus compétent dans les deux domaines. Apprendre à programmer devient alors, non seulement, une façon d'améliorer votre raisonnement scientifique, mais également une façon de vous démarquer sur le marché de l'emploi.

- Avantages :
 - Gratis!!
 - Plus facile d'accès que d'autres langages de programmation
 - Arguments technos :
 - * Fait pour les stats
 - * Fait tout ce que SPSS et Stata font sans le carcan du logiciel privé
 - Arguments d'autorités <- popularité du langage
 - Ouvre vers un monde de possibilités
 - Développement d'une expertise recherchée
- Inconvénients :
 - Courbe d'apprentissage rude pour certains
 - Développement anarchique
 - Risque de se perdre dans les profondeurs pleines de microbes de CRAN
- Propriété et utilisation de R

l'ordinateur pour enregistrer l'information directement nécessaire pour les opérations en cours d'exécution. Elle s'oppose à la ROM (*Read-Only Memory*) ou "mémoire morte" qui contient toute l'information enregistré de façon permanente dans l'ordinateur.

4.3 Réflexion méthodologique

- Comparaison avec d'autres langages
 - Python, SPSS, Stata?

4.3 Réflexion méthodologique

- Base R
 - Stable mais parfois bof
 - Manipulation de données
 - Fonctions et Boucles
- La puissance de l'OpenSource
 - Peut être instable, mais souvent plus intéressant que les options en Base R
 - TidyVerse
 - * Manipulation avec Dplyr
 - * All hail Hadley!
 - Analyse textuelle avec ???
 - Shiny

4.4 Trucs et astuces

- 10 choses à garder en tête lorsque l'on apprend R :
 1. Vous n'allez pas briser votre ordinateur.
 2. C'est en "gossant" que l'on apprend! Essayez des trucs, expérimentez – souvenez-vous de 1.
 3. Contrairement à la vraie vie, il y a toujours le ctrl-z pour vous sauver.
 4. Ayez de l'empathie pour vos futurs lecteurs, ou du moins pour le futur vous – COMMENTEZ VOTRE CODE!

4 *R* ou ne pas *R*?

5. Même Wozniak était mauvais au début.
6. Pensez à votre santé – levez-vous de votre chaise aux 30 minutes.
7. S'il y a un bogue, et il y en aura, *Google* est votre ami.
8. Souvent c'est une question de type de variable – caractère, numérique, facteurs, etc.
9. Si vous faites beaucoup de copier-coller de code, il y a sûrement une façon de l'automatiser.
10. Sérieusement, faites le 4!

4.5 Les environnements de développement intégré

4.6 Où coder en *R* ?

Un environnement de développement intégré (IDE), permet aux programmeurs de consolider les différents aspects de l'écriture d'un programme informatique. Ils permettent de réaliser toutes les activités courantes d'un programmeur – l'édition du code, la construction des exécutables et le débogage – au même endroit. Les environnements de développement intégrés sont conçus pour maximiser la productivité du programmeur. Ils fournissent de nombreuses fonctionnalités – notamment la coloration syntaxique et le contrôle de version – pour créer, modifier et compiler du code.

Certains environnements de développement intégré sont dédiés à un langage de programmation spécifique. Par conséquent, ils contiennent des fonctionnalités qui sont plus compatibles avec les paradigmes de programmation du langage auquel ils sont associés. Cependant, il existe de nombreux environnements de développement intégré multilingues.

R est un des langages de statistiques et d'exploration de données les plus populaires en sciences sociales et il est open-source. Par conséquent, il est logique de choisir un environnement de programmation open-source. *R* est pris en charge par de nombreux environnements de programmation.

4.7 Pourquoi RStudio ?

Plusieurs ont été spécialement conçus pour la programmation en R – le plus notable étant RStudio – tandis que d’autres sont des environnements de programmation universels – tel que Visual Studio – et prennent en charge R via des plugins. Il est également possible de coder en R à partir d’une interface en ligne de commande. Une telle méthode permet la communication entre l’utilisateur et son ordinateur. Cette communication s’effectue en mode texte : l’utilisateur tape une « ligne de commande » – c’est-à-dire du texte dans le *terminal* – pour demander son ordinateur d’effectuer une opération précise, par exemple rouler un fichier de code R.

Le présent chapitre présente RStudio, ses avantages et inconvénients ainsi que des exemples de ses fonctionnalités de RStudio et des conseils sur comment l’utiliser et le personnaliser.

4.7 Pourquoi RStudio ?

4.7.1 Qu’est-ce que RStudio ?

4.8 Pourquoi RStudio ?

4.8.1 Qu’est-ce que RStudio ?

Comme plusieurs autres langages de programmation, R est développé grâce à des fonctions écrites par ses usagers. Un IDE, comme RStudio, est conçu pour faciliter ce travail (Verzani, 2011). RStudio est un projet open source destiné à combiner les différentes composantes du langage de programmation R en un seul outil (Allaire, 2011). Il est conçu pour faciliter la courbe d’apprentissage des nouveaux utilisateurs. RStudio fonctionne sur toutes les systèmes d’exploitation, y compris Windows, Mac OS et Linux. En plus de l’application de bureau, RStudio peut être déployé

4 R ou ne pas R?

en tant que serveur pour permettre l'accès Web aux sessions R s'exécutant sur des systèmes distants (Allaire, 2011).

Figure of RStudio with some code, a plot in the bottom right corner and some data in the top right corner

RStudio facilite l'utilisation du langage de programmation R en offrant de nombreux outils permettant à son utilisateur d'aisément réaliser ses tâches. Parmi les plus utiles, on retrouve notamment une fenêtre d'aide, de la documentation sur les différents packages R, un navigateur d'espace de travail, une visionneuse de données et une prise en charge de la coloration syntaxique (Horton, Kleinman, 2015). De plus, RStudio permet de coder dans plusieurs langages et supportent un grande quantité de formats. Il fournit également un support pour plusieurs projets ainsi qu'une interface pour utiliser des systèmes de contrôle des versions tels que GitHub (Horton, Kleinman, 2015).

4.8.2 Avantages et inconvénients de RStudio

RStudio a plusieurs avantages. L'utilisation de l'IDE est facile à apprendre pour les débutants. Les principaux éléments d'un IDE sont intégrés dans une disposition à quatre volets (Verzani, 2011). Cette disposition comprend une console, un éditeur de code source à onglets pour organiser les fichiers d'un projet, un espace pour l'environnement de travail et un quatrième volet où il est possible d'afficher des graphiques ou de la documentation sur différents packages. De plus, on y retrouve la possibilité de créer plusieurs espaces de travail – appelés projets – qui facilitent l'organisation de différents workflows.

Un autre aspect de RStudio que de nombreux programmeurs apprécient est le fait qu'il peut être utilisé via un navigateur Web pour un accès à distance (Verzani, 2011). De plus, l'IDE offre de nombreux outils pratiques et faciles à utiliser pour gérer les packages, l'espace de travail et les fichiers. RStudio supporte plusieurs langages de programmation ainsi que différents

4.8 Pourquoi RStudio ?

langages de balisage. Finalement, de nouvelles fonctionnalités sont souvent ajoutées pour satisfaire aux besoins de la communauté scientifique et le logiciel est régulièrement mis à jour.

Inconvénients : - Peu de configuration, tu peux pas changer les raccourcis, etc - Très limité dans le setup des différents panneaux, tu peux pas voir 2 fichiers en même temps Tu peux pas visualiser 2 fichiers 1 à côté de l'autre, une feature de base dans n'importe quel ide Tu peux pas configurer tes raccourcis clavier, aussi une feature de base Mettons que je veux que ctrl + D copie la ligne, comme dans visual studio, je peux pas - Plus lent que d'autres alternatives pour certaines opérations

Comme plusieurs autres langages de programmation, R est développé grâce à des fonctions écrites par ses usagers. Un IDE, comme RStudio, est conçu pour faciliter ce travail (Verzani, 2011). RStudio est un projet open source destiné à combiner les différentes composantes du langage de programmation R en un seul outil (Allaire, 2011). Il est conçu pour faciliter la courbe d'apprentissage des nouveaux utilisateurs. RStudio fonctionne sur toutes les systèmes d'exploitation, y compris Windows, Mac OS et Linux. En plus de l'application de bureau, RStudio peut être déployé en tant que serveur pour permettre l'accès Web aux sessions R s'exécutant sur des systèmes distants (Allaire, 2011).

Figure of RStudio with some code, a plot in the bottom right corner and some data in the top right corner

RStudio facilite l'utilisation du langage de programmation R en offrant de nombreux outils permettant à son utilisateur d'aisément réaliser ses tâches. Parmi les plus utiles, on retrouve notamment une fenêtre d'aide, de la documentation sur les différents packages R, un navigateur d'espace de travail, une visionneuse de données et une prise en charge de la coloration syntaxique (Horton, Kleinman, 2015). De plus, RStudio permet de coder dans plusieurs langages et supportent un grande quantité de formats. Il fournit également un support pour plusieurs projets ainsi qu'une interface pour utiliser des systèmes de contrôle des versions tels que GitHub (Horton, Kleinman, 2015).

4.8.3 Avantages et inconvénients de RStudio

- Exemples de fonctionnalités
 - Files, Plots, Packages, Help, and Viewer Pane Layout of the Components The RStudio interface consists of several main components sitting below a top-level toolbar and menu bar. Although this placement can be customized, the default layout utilizes four main panes in the following positions:

In the upper left is a Source browser pane for editing files (see Source Code Editor) or viewing some data sets. In Figure 1-3 this is not visible, as that session had no files open.

In the lower left is a Console for interacting with an R process (see Chapter 3).

In the upper right are tabs for a Workspace browser (see the section Workspace Browser) and a History browser (see the section Command History).

In the lower right are tabbed panes for interacting with the Files (The File Browser), Plots (Graphics in RStudio), Packages (Package Maintenance), and Help system components (The Help Page Viewer). If the facilities are present, an additional tab for version control (Version Control with RStudio) is presented.

The Console pane is somewhat privileged: it is always visible, and it has a title bar. For the other components, their tab serves as a title bar. These panes have page-specific toolbars (perhaps more than one)—which in the case of the Source pane are also context-specific.

The user may change the default dimensions for each of the panes, as follows. There is an adjustable divider appearing in the middle of the interface between the left and right sides that allows the user to adjust the horizontal allocation of space. Furthermore, each side then has another divider to adjust the vertical space between its two panes. As well, the title

4.8 Pourquoi RStudio ?

bar of each pane has icons to shade a component, maximize a component vertically, or share the space (Verzani, 2011). **Also check Nierhoff et Hillebrand 2015**

RStudio a plusieurs avantages. L'utilisation de l'IDE est facile à apprendre pour les débutants. Les principaux éléments d'un IDE sont intégrés dans une disposition à quatre volets (Verzani, 2011). Cette disposition comprend une console, un éditeur de code source à onglets pour organiser les fichiers d'un projet, un espace pour l'environnement de travail et un quatrième volet où il est possible d'afficher des graphiques ou de la documentation sur différents packages. De plus, on y retrouve la possibilité de créer plusieurs espaces de travail – appelés projets – qui facilitent l'organisation de différents workflows.

Un autre aspect de RStudio que de nombreux programmeurs apprécient est le fait qu'il peut être utilisé via un navigateur Web pour un accès à distance (Verzani, 2011). De plus, l'IDE offre de nombreux outils pratiques et faciles à utiliser pour gérer les packages, l'espace de travail et les fichiers. RStudio supporte plusieurs langages de programmation ainsi que différents langages de balisage². Finalement, de nouvelles fonctionnalités sont souvent ajoutées pour satisfaire aux besoins de la communauté scientifique et le logiciel est régulièrement mis à jour.

L'IDE comporte toutefois certains inconvénients. En effet, il n'est pas possible de configurer des raccourcis claviers personnalisés, une possibilité que plusieurs autres IDE offrent. De plus, les possibilités de disposition des différents panneaux sont très limitées et la malléabilité de l'espace de travail est restreinte. Finalement, pour certaines opérations, RStudio peut être plus lent que d'autres alternatives.

²À cet effet, voir le chapitre 6 du présent ouvrage.

4.9 Comment utiliser RStudio ?

La première étape pour commencer à utiliser RStudio est de l'installer³. Une fois que cela est fait, ouvrez RStudio. La fenêtre qui apparaît devrait ressembler à l'image ci-dessus. La couleur de l'arrière-plan et celle de la police, la taille des cadrans ainsi que de nombreux autres éléments peuvent être changés. La dernière section de ce chapitre aidera le lecteur à personnaliser son IDE.

Image de RStudio sans rien, settings de base.

Bien que de nombreux éléments puissent être personnalisés, la disposition par défaut de RStudio est composée de quatre volets principaux (Verzani, 2011). Dans le coin supérieur gauche se trouve le quadrangle principal. C'est dans celui-ci que l'utilisateur passera la plus grande partie de son temps. On y modifie des fichiers de différents formats et il est possible d'y afficher des bases de données. Dans le coin inférieur gauche se trouve la console et le terminal. Dans cette première, on peut interagir avec R de la même manière que dans le quadrangle principal, mais le code ne sera pas enregistré. Le terminal, pour sa part, est le point d'accès de communication entre un usager et son ordinateur. Bien que les différents systèmes d'exploitation viennent avec un terminal déjà intégré, il est aussi possible d'y accéder à partir de RStudio.

Image de RStudio qui montre les quatre cadrans. Idéalement avec un projet en cours et les différents cadrans utilisés. Settings personnalisés?.

One can easily switch between components using the mouse. As well, the View menu has subitems for this task. For power users, the keyboard shortcuts listed in Table 1-2 are useful. (A full list of keyboard shortcuts is available through the Help > Keyboard Shortcuts menu item.) On retrouve dans le coin supérieur droit l'espace de travail. Ce quadrangle contient trois éléments : *l'environnement global, l'historique et les connections*.

³À cet effet, voir le chapitre 9 du présent ouvrage.

4.9 Comment utiliser RStudio ?

L'*environnement global* est l'endroit où l'utilisateur peut voir les bases de données, les fonctions et les différents autres objets R qui sont actifs. Il peut cliquer sur les divers éléments actifs pour les consulter. L'onglet *historique* permet à l'utilisateur de consulter les derniers morceaux de code R qu'il a roulé ainsi que les dernières commandes écrites dans la console. L'onglet *connections*, pour sa part, permet de connecter son IDE à une variété de sources de données et d'explorer les objets et les données qui la compose. Il est conçu pour fonctionner avec une variété d'autres outils pour travailler avec des bases de données en R dans RStudio.

Le cadran dans le coin inférieur droit, pour sa part, contient plusieurs outils très utiles pour les usagers de RStudio. L'onglet *Files* permet à l'utilisateur de naviguer dans les fichiers que contient son ordinateur sans avoir à sortir de RStudio. L'onglet *Plots* permet de visualiser les graphiques générés à partir de R, que ce soit en utilisant *ggplot2*, *lattice* ou *base R*⁴. L'onglet *Packages* permet de consulter les packages installés précédemment par l'utilisateur en plus de pouvoir en consulter la documentation. C'est aussi un des différents endroits à partir d'où il est possible d'installer des packages avec RStudio. L'onglet *Help* permet à l'utilisateur de chercher et de consulter de la documentation sur de nombreux sujets, notamment sur les différentes fonctions en R ainsi que sur les packages. Pour sa part, l'onglet *Viewer* permet la visualisation de contenu web local.

L'utilisateur peut modifier les dimensions par défaut pour chacun des quatre cadrans principaux. En cliquant sur la division des sections, il est possible d'ajuster l'allocation horizontale de l'espace. De plus, chaque côté dispose d'un autre séparateur pour ajuster l'espace vertical. Qui plus est, la barre de titre de chaque cadran comporte des icônes pour ombrer un composant, maximiser un cadran verticalement ou modifier la taille des l'espace de travail (Verzani, 2011; Nierhoff et Hillebrand, 2015).

⁴Pour en apprendre davantage sur la visualisation graphique en R, consulter le chapitre 7 du présent ouvrage.

4.10 Personnaliser son RStudio

One can easily switch between components using the mouse. As well, the View menu has subitems for this task. For power users, the keyboard shortcuts listed in Table 1-2 are useful. (A full list of keyboard shortcuts is available through the Help > Keyboard Shortcuts menu item.)

5 Baliser les sciences sociales : langages et pratiques

5.1 Question

Lorsque vous lisez une page Web, un article scientifique ou un curriculum vitae professionnel, vous vous doutez peut-être que le texte n'est pas toujours produit à l'aide d'un simple logiciel de traitement de texte comme Microsoft Word, Apple Pages ou LibreOffice Writer. La mise en page réglée au millimètre près, la qualité des figures et graphiques, le style des références, la présence d'éléments interactifs et la cohérence hiérarchique du texte sont difficiles à reproduire à l'aide d'un logiciel de traitement de texte régulier, entre autres. L'insertion de tableaux de régression, de figures et d'extraits de code de haute qualité graphique ainsi que leur personnalisation nécessitent une interface particulière.

Pour ces raisons et plusieurs autres, les chercheurs en sciences sociales font souvent appel aux langages de balisage, ou *markup languages*. Ceux-ci permettent de produire des documents et pages Web sans les limitations des logiciels de traitement de texte. Le présent livre, par exemple, est écrit à l'aide du langage de balisage Markdown et de la plateforme de publication Quarto. D'entrée de jeu, vous vous demandez peut-être quelle est l'utilité d'apprendre ces langages alors que les logiciels de traitement de texte sont nombreux, simples d'approche et en amélioration constante. Ce chapitre tentera donc de répondre aux questions suivantes : « Pourquoi apprendre à utiliser des langages de balisage ? Dans quels contextes sont-ils

plus utiles que les logiciels de traitement de texte? Comment les utiliser? » L'accent sera mis sur Quarto, \LaTeX , BibTeX et HTML.

Le premier langage de balisage, le Generalized Markup Language (GML), a été inventé en 1969 par les chercheurs Charles F. Goldfarb, Ed Mosher et Ray Lorie pour la compagnie IBM. Goldfarb et ses collègues devaient intégrer trois applications créées avec des langages différents et avec une logique différente pour les besoins d'un bureau de droit. Même après avoir créé un programme qui permettait aux trois applications d'interagir, ces langages demeuraient différents et avaient chacun leur propre fonctionnement. Le développement de GML a permis de résoudre ce problème en standardisant et en structurant le langage : les mêmes commandes étaient utilisées pour accomplir les mêmes tâches dans chaque programme (Goldfarb 1996). GML a été amélioré durant les décennies suivantes et a été suivi par d'autres langages de balisage, dont \LaTeX (1984), HTML (1993), XML (1998) et Markdown (2004).

Un langage de balisage constitue un ensemble de commandes qui peuvent être entremêlées à du texte afin de produire une action informatique. Chaque langage contient son ensemble de commandes cohérentes et complémentaires. De manière plus formelle, ces commandes sont nommées *balises* (*tags* en anglais) et inscrites par le chercheur lui-même au travers du texte. Les balises constituent une manière de communiquer avec le logiciel que vous utilisez dans un langage qu'il peut comprendre, par exemple pour lui indiquer que vous désirez qu'une section du texte soit écrite en caractères gras, en italique, à double interligne ou encore que vous souhaitez positionner une image d'une certaine manière au travers du texte. Cette interaction est rendue possible par la standardisation des langages de balisage : chaque balise correspond à une action précise, peu importe le logiciel utilisé, la langue dans laquelle le texte est rédigé, le type d'ordinateur utilisé, etc. Dans votre document source, les balises sont entremêlées au contenu de votre document, puis au moment de compiler ce dernier, les balises disparaissent, produisent les actions informatisées qu'elles commandent et ne laissent comme document final que son contenu mis en page tel que vous l'avez défini via les balises utilisées.

5.1 Question

Plusieurs langages de balisage existent et permettent d'effectuer différentes tâches. Le plus répandu est le langage HTML, qui permet de formater des sites web. Le langage XML, lui aussi très utilisé, permet de structurer de larges volumes de données. \LaTeX permet pour sa part de formater du texte et de créer des documents en format PDF. Markdown permet également de créer des documents de format PDF, mais aussi HTML et DOCX. Depuis 2014, le *package* R Markdown permet d'ajouter des extraits de code R à un fichier en langage Markdown. Depuis 2022, le système de publication Quarto permet d'intégrer des extraits de code R, Python ou \LaTeX à un fichier en langage Markdown. \LaTeX , Quarto et Markdown permettent aussi d'intégrer les références bibliographiques du système de traitement de références BibTeX, créé en 1985.

Les balises constituent une manière de donner manuellement des commandes au logiciel que vous utilisez. Par exemple, si vous utilisez Microsoft Word, vous avez accès à une panoplie de boutons qui vous permettent de formater votre texte. Les balises exercent les mêmes fonctions, mais de manière manuelle. Lorsque vous appuyez sur un bouton dans Word, celui-ci ajoute des balises au travers de votre texte, mais rend celles-ci invisibles dans l'interface que vous utilisez. Cela permet d'avoir un texte élégant et facile à lire, mais comporte aussi plusieurs inconvénients. Le principal inconvénient est que vous êtes condamné à avoir un pouvoir limité sur le formatage de votre texte. En effet, si les boutons à votre disposition ne vous permettent pas de réaliser une opération, celle-ci sera éternellement impossible à réaliser pour vous. A contrario, les langages de balisage permettent un contrôle presque infini sur les opérations que vous souhaitez réaliser. Incidemment, dans la mesure où vous utilisez le langage approprié pour la tâche que vous souhaitez accomplir, vous devriez être capable de donner exactement la commande nécessaire à votre logiciel. Les langages de balisage, bien qu'ils aient un coût d'apprentissage qui peut s'avérer important et qu'ils soient moins élégants qu'un simple document Word, vous offrent une plus grande flexibilité.

Afin d'utiliser un langage de balisage, il est impératif que le logiciel que vous utilisez puisse prendre en compte ce langage. Un logiciel permet

rarement d'utiliser n'importe quel langage. Il est aussi impératif de bien utiliser le langage de balisage. En effet, comme pour les langages de programmation, les langages de balisage ne peuvent pas déduire ce que vous souhaitez leur faire comprendre. Si vous souhaitez mettre du texte en gras, vous devez utiliser les bonnes balises. La moindre erreur est fatale, puisqu'une erreur dans la balise que vous utilisez produira un message d'erreur, le logiciel ne réussissant pas à associer votre balise mal inscrite à une action informatisée. Conséquemment, il est impératif de bien vérifier les balises utilisées afin d'éviter toute erreur qui empêcherait votre document d'être compilé, c'est-à-dire d'être traduit dans son format final.¹ Chaque caractère dans une balise est important et il y a rarement plus d'une seule manière de commander une action. Le positionnement des balises est lui aussi critique : il délimite la portion de texte à laquelle doit être appliquée l'action commandée par la balise.

Il est important de distinguer les langages de balisage des langages de programmation. En effet, ceux-ci sont similaires à certains égards, mais ont des vocations différentes. Les deux s'appuient sur un langage informatisé, mais les langages et leurs objectifs diffèrent. Un langage de programmation définit des processus informatisés alors qu'un langage de balisage permet d'encoder du contenu de manière à ce que celui-ci soit lisible tant pour l'humain que pour son ordinateur.

Dans le contexte de la recherche en sciences sociales, la programmation est généralement utilisée afin de récolter, d'analyser et de présenter visuellement des données. Une fois cartes, tableaux et graphiques produits, ceux-ci peuvent être enregistrés – par exemple en format PDF ou PNG – et inclus au sein d'un document qui sera formaté en utilisant un langage de balisage. De manière simple, le langage de programmation contribue à l'analyse alors que le langage de balisage est essentiellement utile afin de présenter les travaux de recherche, que ce soit dans un document écrit ou

¹Les logiciels permettent plus ou moins efficacement d'identifier les balises problématiques. Certains ne produisent qu'un message d'erreur sans donner d'indication sur la source du problème, alors que d'autres ciblent très spécifiquement la ligne de syntaxe où se situe la balise problématique.

sur un site web. C'est principalement de cette manière que sont utilisés les langages de programmation et de balisage dans le cadre de la recherche en sciences sociales.

5.2 Réflexion théorique

La plupart des langages de balisage permettent de remplir l'une des deux fonctions suivantes, qui sont particulièrement importantes dans le contexte de la recherche en sciences sociales : produire des documents écrits et gérer des pages Web. Dans les deux cas, cependant, certains sites Web et applications permettent également de remplir ces fonctions, mais avec des limites importantes.

Pour l'écriture de documents très simples comme une liste d'épicerie ou des notes rapides pendant une conférence, les logiciels de traitement de texte sont tout-à-fait convenables : ils sont simples et rapides à utiliser, un formatage professionnel du document n'est pas de mise. Utiliser un langage de balisage pour des tâches de base n'est en effet pas nécessaire. Par contre, plus la complexité d'un document augmente, plus il devient difficile d'obtenir un résultat satisfaisant en utilisant un logiciel de traitement de texte tel que Word, Pages ou Writer. A contrario, \LaTeX permet de produire des documents de tous les niveaux de complexité, tel que démontré sur la Figure ???. Plus généralement, utiliser un langage de balisage comme \LaTeX ou Markdown² comporte plusieurs avantages par rapport aux logiciels de traitement de texte traditionnels. Ces avantages peuvent se résumer en quatre concepts : automatisation, personnalisation, flexibilité et qualité graphique.

²Les avantages et désavantages de Markdown cités dans la prochaine section s'appliquent eux aussi à R Markdown. Les avantages ou inconvénients ne s'appliquant qu'à R Markdown et non à Markdown tout court sont présentés comme tels.

```
\begin{figure} \begin{center} \caption{Utilité relative de Word et  
\LaTeX\ selon la complexité et la taille du document \label{latex-vs-  
word}} \includegraphics[width=0.75\textwidth]{../_SharedFolder_livre-  
ssn/Graphiques/Chapitre6/word-vs-latex.png} \end{center} \footnote-  
size{Source~: Yannick Dufresne (2015).} \end{figure}
```

et Markdown sur la figure?

Premièrement, \LaTeX et Markdown permettent d'intégrer une bibliographie *automatique* et professionnelle en utilisant BibTeX. Cette bibliographie peut être adaptée très facilement en différents styles bibliographiques reconnus ou en un style bibliographique personnalisé. Avec BibTeX, plus besoin de vérifier si le titre de l'article est toujours en italique, si le numéro de volume est toujours entre parenthèses ou si le nom de famille des deuxièmes auteurs est toujours avant ou après le prénom puisque tout ceci est fait de manière *automatique*. BibTeX comprend également les différences entre les types de sources (articles scientifiques, livres, sites Internet, etc.) et ajuste leur présentation en conséquence. De plus, si une des sources que vous citez n'est pas incluse dans la bibliographie, une erreur s'affiche, vous permettant d'identifier le problème plutôt que de vous retrouver avec une référence manquante. À l'inverse, si une source est retirée du texte, elle disparaît *automatiquement* de la bibliographie dans le document final mais demeure présente dans le fichier où se trouvent les références bibliographiques. Cela évite les aller-retour pour vérifier que chaque source de la bibliographie se trouve au moins une fois dans le texte et que chaque source dans le texte est citée en bibliographie. Grâce aux balises, en cliquant sur les références incluses dans le document, celui-ci change de page pour se retrouver automatiquement à l'entrée bibliographique associée. Les références BibTeX pour articles scientifiques peuvent être copiées-collées à partir de Google Scholar. BibTeX rend donc extrêmement simple et efficace l'utilisation des références bibliographiques grâce à sa capacité à *personnaliser* et *automatiser* leur présentation.

L'intégration de figures et tableaux dans le texte est aussi rendue très simple et professionnelle grâce à \LaTeX et Markdown. La taille de la fig-

5.2 Réflexion théorique

ure ou du tableau, son positionnement et son intégration par rapport au texte environnant peuvent être réglés de telle sorte que l'ajout de texte avant ou après la figure ou le tableau ne produira pas des résultats inattendus. Au contraire, en définissant des paramètres pour l'ensemble du texte, le chercheur pourra *personnaliser* entièrement la présentation des figures et tableaux. De plus, la qualité des figures et tableaux ne diminue pas lors de leur intégration : les figures restent aussi belles qu'elles l'étaient originellement, ce qui n'est pas toujours le cas avec certains logiciels de traitement de texte. Les numéros des figures et tableaux sont aussi mis-à-jour *automatiquement*, ce qui veut dire que vous n'aurez jamais à vous préoccuper de modifier leur numéro lorsque vous rajoutez une figure ou un tableau dans le texte. Grâce aux balises, en cliquant sur le numéro associé à la figure ou au tableau dans le texte, le document se retrouve automatiquement à l'endroit où se trouve le graphique ou tableau.

Markdown et \LaTeX permettent aussi la gestion *automatisée* de la table des matières, et les références aux pages appropriées se mettent à jour en continu. La table des matières prend en compte l'architecture du texte choisie manuellement par le chercheur, qui est définie par des balises définissant différents niveaux hiérarchiques de sections, sous-sections ou chapitres. Des manières *automatiques* de référencer les figures et les tableaux dans des sections distinctes de la table des matières sont également offertes, encore une fois *personnalisables* au goût du chercheur.

Bien que la mise en page de documents produits via Markdown et \LaTeX puisse être définie entièrement manuellement par un utilisateur expérimenté, les débutants apprécieront les nombreux gabarits (*templates*) disponibles en libre permettent de gérer *automatiquement* la mise en page de manière clé-en-main. Ceux-ci permettent de rendre l'apparence d'un document plus esthétique et uniforme et peuvent être utilisés tels quels ou peuvent servir de point de départ pour un chercheur souhaitant y apporter certaines modifications sans toutefois partir d'une feuille blanche. La majorité des utilisateurs, même les plus expérimentés, utilisent ces gabarits comme base lorsqu'ils rédigent un document. Ceux-ci constituent une mine d'or puisqu'ils rendent accessible le code

Markdown et L^AT_EX ayant servi à la conception du gabarit, permettant au chercheur de comprendre comment est obtenu le résultat que lui offre le gabarit. Incidemment, le chercheur peut identifier les sections de code produisant certains éléments de mise en page (ex: positionnement des numéros de page, positionnement du nom des auteurs, etc.) et les modifier ou s'en inspirer afin de modifier d'autres gabarits. L'utilisation de ces gabarits peut s'avérer complexe pour les non-initiés, mais il s'agit d'une complexité qui s'avère ultimement extrêmement productive puisqu'elle permet au chercheur de devenir autonome et d'ajuster les gabarits à sa convenance afin de produire exactement le résultat désiré en terme de mise-en-page. La liste des gabarits disponibles est extrêmement large et ceux-ci peuvent servir une variété de fonctions. En effet, une variété de gabarits professionnels et de haute *qualité graphique* sont offerts gratuitement en ligne pour des articles, des livres, des rapports, des *curriculum vitæ* () ou encore des feuilles de temps pour des contrats rémunérés ().

Photos de CVs et feuilles de temps professionnels

Un autre avantage non-négligeable de Markdown—qui le distingue à cet égard de L^AT_EX-- est la *flexibilité* qu'il offre à ses utilisateurs. En effet, en utilisant Pandoc Markdown, qui est une extension du langage Markdown de base permettant de combiner plusieurs langages de balisage différents en un seul document, il est possible d'intégrer dans un seul document plusieurs langages de balisage différents tels que L^AT_EX, HTML, CSS, JavaScript et R en utilisant l'extension RMarkdown.³ Ceci permet donc à l'utilisateur de bénéficier des fonctionnalités de différents langages dans un seul document, rendant ainsi possible une variété de *personalisations* qui ne seraient pas possible autrement. Qui plus est, il est aussi important de noter que Markdown permet de créer des fichiers Word réguliers, PDF professionnels et HTML à partir d'un même document. L'utilisateur peut

³RMarkdown est une extension qui permet d'intégrer du code R au sein d'un fichier Markdown via RStudio, qui est l'interface la plus communément utilisée pour travailler avec R.

5.2 Réflexion théorique

donc choisir à sa convenance et à tout moment de quelle manière sera compilée le document rédigé. Cette fonctionnalité est particulièrement pratique dans le cadre de collaboration avec des chercheurs n'utilisant pas les langages de balisage ainsi que lors de l'envoi de manuscrits à des revues scientifiques puisque certaines d'entre elles exigent de recevoir ceux-ci sous forme de document Word.

La facilité avec laquelle peuvent être intégrés et gérés les figures et tableaux dans des documents \LaTeX et Markdown a déjà été abordée, mais il est important de souligner que l'utilisation de l'extension RMarkdown permet d'ajouter une couche supplémentaire d'intégration. En effet, RMarkdown permet de créer une figure grâce à du code R, ainsi que d'intégrer celle-ci au texte et la formater en un seul document. Cela se fait grâce à l'intégration de *R code chunks* dans le document. Le code est produit dans le *chunk* et la figure ou le tableau qui en résulte apparaît dans le document RMarkdown et sur le document fini. La différence entre RMarkdown et \LaTeX est que ce dernier ne peut pas prendre en compte le code R et les figures et tableaux doivent donc être créés dans un document séparé avant d'être intégrées dans le document \LaTeX .

Bien que l'apprentissage de \LaTeX et Markdown puisse être parsemé de nombreuses embûches, ces deux langages bénéficient d'une communauté d'utilisateurs en ligne sur laquelle il est possible de s'appuyer afin de résoudre tout problème rencontré. Les utilisateurs—particulièrement les plus expérimentés—sont nombreux à partager leur expérience à leurs collègues rencontrant des problèmes afin de contribuer à régler ceux-ci. Cette communauté est présente sur une multitude de sites web, bien que le point de rencontre principal soit le forum Stack Overflow (<https://stackoverflow.com/>), qui est également utilisé pour régler des problèmes de programmation en R. Une simple recherche sur Google d'un problème rencontré avec \LaTeX ou Markdown offrira à l'utilisateur des centaines de résultats pertinents afin de l'aider, la plupart de ces résultats étant probablement des échanges sur Stack Overflow. L'utilisateur pourra donc filtrer les résultats et observer les nombreuses solutions envisageables à son problème afin de définir laquelle est la plus appropriée

dans sa situation. Il est important de noter, toutefois, que cette communauté est nettement plus développée pour les utilisateurs de \LaTeX que de Markdown, puisque ce dernier langage est moins répandu que le premier.

Autre preuve de leur grande *flexibilité* et capacité de *personnalisation*, certaines manières plutôt spécifiques de formater le texte sont présentement uniquement disponibles avec \LaTeX ou Markdown. C'est le cas de la possibilité de séparer automatiquement un mot en deux en fin de ligne à l'aide d'un tiret s'il est suffisamment long, ou encore de la possibilité de permettre que la dernière ligne d'un paragraphe apparaisse seule en haut d'une page – ou, à l'inverse, que la première ligne d'un paragraphe apparaisse seule en bas d'une page. Bien qu'il soit rare que nous ayons absolument besoin de personnaliser le texte de cette manière, ces possibilités peuvent s'avérer utiles lorsque vous rédiger un texte qui doit se conformer en tout point à un gabarit spécifique. En effet, certaines revues scientifiques, maisons d'édition ou universités (dans le cadre de la rédaction de mémoires et thèses) imposent ce type de gabarit inflexible et parfois plutôt capricieux. C'est dans ce type de contexte que la *flexibilité* incomparable de \LaTeX et Markdown peut s'avérer utile.

Il est aussi important de noter que plusieurs revues scientifiques recommandent fortement, voire imposent, de leur soumettre des manuscrits en format \LaTeX ou Markdown afin de rendre plus facile pour leurs éditeurs d'adapter ceux-ci à la mise en page de leur revue.

Finalement, il est important de mentionner en terminant que Markdown et \LaTeX sont entièrement gratuits et accessibles aux utilisateurs de tous les systèmes d'exploitation.

Ceci dit, \LaTeX et Markdown comportent eux aussi leurs désavantages.

Premièrement, \LaTeX est difficile à apprendre. Certaines tâches qui peuvent sembler simples comme l'ajout d'un tableau peuvent nécessiter de nombreuses lignes de code. De plus, à la moindre erreur de frappe dans l'utilisation d'une balise, le code risque de planter et de ne pas produire le

5.2 Réflexion théorique

document PDF souhaité. C'est ce qu'on appelle une erreur de compilation. La compilation est le processus par lequel un document écrit en langage de balisage est transformé en fichier textuel, en format PDF dans le cas de \LaTeX . Markdown est un langage plus simple à apprendre, avec des balises plus courtes et intuitives. Il occasionne donc moins d'erreurs de compilation.

Deuxièmement, \LaTeX est incompatible avec Word, Pages ou Writer. Pour transférer un fichier de traitement de texte vers \LaTeX , les balises doivent être ajoutées manuellement une par une. À l'inverse, pour transférer un document \LaTeX vers un fichier de traitement de texte, les balises doivent être retirées une par une. Il est aussi possible de copier le texte directement à partir du fichier PDF produit par \LaTeX , mais les fins de ligne sont interprétées par Word, Pages ou Writer comme des retours plutôt que des espaces, et les accents sont souvent mal copiés et doivent être réécrits manuellement. Encore une fois, Markdown évite ce problème en permettant d'écrire un fichier DOCX à partir du langage de balisage. Le formatage du fichier DOCX demeure un peu compliqué cependant et doit être fait à partir du modèle d'un autre document DOCX formaté tel que souhaité. De plus, les fichiers DOCX ne peuvent pas être transformés en format Markdown.

Troisièmement, bien que plusieurs fonctions \LaTeX puissent être utilisées dans des fichiers Markdown, certaines demeurent incompatibles, ce qui rend certaines tâches possibles à faire uniquement par \LaTeX .

Quatrièmement, il n'y a aucun suivi des modifications en Markdown ou en \LaTeX . Pour réviser un travail fait dans l'un de ces deux formats, des commentaires peuvent être ajoutés sur le PDF avec des logiciels comme Adobe Reader, mais des commentaires peuvent aussi être faits directement dans le document \LaTeX ou Markdown. Ces commentaires sont identifiés à l'aide de balises et n'apparaissent pas dans le PDF résultant.

Cinquièmement, certaines revues scientifiques refusent les fichiers PDF et demandent que les soumissions soient faites en format DOCX, justement pour des raisons de suivi des modifications.

5 Baliser les sciences sociales : langages et pratiques

Sixièmement, R Markdown permet de visualiser les résultats d'un code R directement dans le document, mais dans certains cas cela occasionne des erreurs.

Septièmement, avec les logiciels de bureau qui permettent d'utiliser \LaTeX et Markdown, il est impossible de visualiser le résultat final en temps réel. La compilation est nécessaire au préalable.

Huitièmement, il n'y a pas de compteur de mots ou de caractères.

Neuvièmement, Markdown et \LaTeX impliquent la création d'un fichier .TEX ou .MD en plus d'un .PDF, un .BIB et plusieurs autres. Word ne nécessite qu'un document .DOCX.

Finalement, les langages de balisage permettent également de créer des pages Web. Bien que les pages Web puissent être créées à partir de sites Web comme WordPress, les langages de balisage permettent de produire des résultats plus personnalisables, plus automatisables et avec une plus grande qualité graphique également. Ainsi, l'utilisation de fichiers HTML, JavaScript et CSS, dont le code peut également être intégré dans un fichier Markdown, tout comme c'est le cas avec les fichiers \LaTeX , afin de produire des pages Web. HTML peut être appris via des cours sur Code Academy.

Somme toute, Word n'est pas à antagoniser. Il a ses qualités. Mais

5.3 Réflexion méthodologique

En pratique, comment utiliser Markdown, \LaTeX et BibTeX?

\LaTeX a une syntaxe particulière qui demande un certain temps d'adaptation. Pour écrire une phrase simple comme celle-ci, la phrase peut être écrite telle quelle. Par contre, pour mettre un **mot** en caractères gras, il faut utiliser la balise suivante: `\textbf{mot}`. Pour mettre le **mot** en rouge, la balise est `\textcolor{red}{mot}`. Pour le mettre en

5.3 Réflexion méthodologique

italique et en note de bas de page⁴, les balises `\footnote{\emph{mot}}` peuvent être utilisées. Ainsi, des balises peuvent contenir d'autres balises. En langage \LaTeX , une balise commence toujours par une barre oblique inversée. Par la suite, le nom de la fonction (*emph*, *textbf*, *textcolor*, etc.) est appelé. Enfin, généralement, le mot à formater est placé entre accolades (`{}`).

Chaque document \LaTeX commence par un préambule. Celui-ci présente des informations telles que la taille des caractères, le type d'article, le format de mise en page, la police de caractères, l'utilisation d'en-têtes et de pieds de page, ainsi que l'utilisation de *packages* \LaTeX permettant différentes fonctionnalités de personnalisation du document.

Il n'est pas nécessaire ni souhaitable d'apprendre l'ensemble des fonctions et des *packages* \LaTeX qui existent. Au contraire, il est souvent mieux de commencer par un gabarit de document qui convient au type de document que vous voulez créer et ensuite de rechercher en anglais sur Stack Overflow la manière d'ajouter des éléments de formatage que vous ne connaissez pas (par exemple, *highlight latex text*). Des gabarits sont disponibles sur Overleaf, au <https://fr.overleaf.com/latex/templates>.

Markdown fonctionne de manière similaire à \LaTeX , mais se démarque par sa plus grande flexibilité et sa syntaxe beaucoup plus légère. Par contre, Markdown est moins « user-friendly », c'est-à-dire qu'il y est plus difficile de modifier l'aspect visuel d'un document. Tout document Markdown débute avec un court bloc de syntaxe **YAML** (acronyme de **Yet Another Markup Language**) qui définit les paramètres généraux du document. Voici un bloc **YAML** typique:

```
---
title: "Les langages de balisage"
subtitle: "Ça change pas le monde, sauf que..."
author:
```

⁴*mot*

5 Baliser les sciences sociales : langages et pratiques

```
- Alexandre Fortier-Chouinard^[University of Toronto]
- Maxime Blanchard^[McGill University]
output: pdf_document
documentclass: article
bibliography: references.bib
---
```

Outre le titre, le sous-titre et le nom des auteurs, on y trouve aussi le gabarit servant à construire l'aspect visuel du chapitre, la manière dans laquelle il est compilé – dans ce cas-ci, PDF – ainsi que le chemin d'arborescence afin d'accéder au document BibTeX où sont enregistrées les références utilisées. Il est aussi possible d'y définir la taille de la police ou encore le gabarit servant à définir le type de bibliographie qui sera utilisé. De manière particulièrement importante, c'est l'endroit où sont chargés les *packages* L^AT_EX qui seront utilisés. En effet, la quasi-totalité des *packages* et fonctions L^AT_EX sont utilisables dans Markdown, alors que l'inverse n'est pas vrai. Il est donc possible de personnaliser un document Markdown en utilisant des *packages* ayant été créés pour L^AT_EX.

La syntaxe à utiliser au travers du texte est somme toute plutôt simple. Pour mettre un ou plusieurs **mots en gras**, il suffit de les entourer de deux astérisques (****mots en gras****); pour les mettre *en italique*, il faut les encadrer d'une seule astérisque (***en italique***). Pour définir un titre de section ou de sous-section, il suffit de mettre des # devant le titre en question. Plus vous ajoutez de #, plus le titre sera petit et plus il sera considéré à un niveau hiérarchique inférieur dans la structure du texte. La syntaxe Markdown est donc plus légère que celle de L^AT_EX, dans le but d'en rendre la lecture plus simple pour son utilisateur.

Bien que des gabarits Markdown soient disponibles, ceux-ci sont plus rares. Ils se trouvent pour la plupart sur GitHub, rendus disponibles par leur créateur. Cela étant dit, leur personnalisation peut s'avérer plutôt complexe. En somme, Markdown est particulièrement pratique pour les documents ne nécessitant pas de respecter un gabarit précis et réquérant simplement un document d'allure simple et professionnelle.

5.3 Réflexion méthodologique

Pour sa part, BibTeX a une syntaxe relativement simple. D'emblée, les références BibTeX pour des articles et ouvrages scientifiques sont disponibles sur Google Scholar. Toutefois, pour citer des sites Web ou des articles de médias, la référence doit être écrite à la main selon un format précis. Une bibliographie sur BibTeX peut ressembler à ceci :

```
@book{darwin03,
  address = {London},
  author = {Darwin, Charles},
  publisher = {John Murray},
  title = {{On the Origin of Species by Means of Natural Selection
or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life}},
  year = {1859}
}

@article{goldfarb96,
  title={The Roots of SGML: A Personal Recollection},
  author={Goldfarb, Charles F},
  journal={Technical communication},
  volume={46},
  number={1},
  pages={75},
  year={1999},
  publisher={Society for Technical Communication}
}
```

Un fichier BibTeX ne contient rien de plus qu'une série de publications commençant chacune par la balise @ suivie du type d'article – *article*, *book*, *incollection* pour un chapitre de livre, *inproceedings* pour une présentation dans une conférence, *unpublished* pour un article non publié et *online* pour un site Web sont parmi les plus connus – et des informations sur la publication mises entre accolades. La première information entre accolades est le code de la référence, par exemple `goldfarb96`. Dans le fichier L^AT_EX,

l’auteur doit écrire `\cite{goldfarb96}` pour voir dans le document PDF compilé Goldfarb (1996); le lien est automatiquement cliquable et renvoie à la notice bibliographique correspondante. L’ordre des publications dans le document BibTeX a peu d’importance, puisque L^AT_EX réordonne par défaut la bibliographie en ordre alphabétique.

5.4 Trucs et astuces

Où puis-je utiliser ces langages de balisage? Contrairement à Microsoft Word et Apple Pages, plusieurs options

5.4.1 Logiciels de bureau

5.4.1.1 MacTeX, MikTeX et autres distributions L^AT_EX

5.4.1.2 RStudio (exemples précédents), Visual Studio et autres logiciels du chapitre 5 (tous?)

5.4.2 Logiciels en ligne

5.4.2.1 Overleaf

VS code with LiveShare

Markdown en Overleaf

5.5 Références

6 La gestion des références

Plan : À quoi sert un outil de référence ?

Pourquoi citer ?

À quoi sert un logiciel de gestion bibliographique ?

Avant même de se pencher sur Zotero, bien choisir son logiciel de gestion bibliographique (puisque'il existe de nombreuses possibilités).

Grands avantages (qui sont communs à tous les logiciels de gestion biblio)

Facilite le travail de recherche ; économie de temps (données centralisées sur une interface, possibilité d'ajouter des commentaires et de créer des « sous-groupes »)

Rends le travail d'équipe et de collaboration plus facile (en travaillant sur le même logiciel)

Aucune perte de dossiers

BibTeX (logiciel auxiliaire de LaTeX) qui permet de : Gérer et traiter des citations et des bases de données bibliographiques personnelles :

Insérer des références provenant d'une ou plusieurs bases bibliographiques ;

Citer des références dans le corps du texte; Créer une bibliographie ou une liste de références dans les documents selon différents styles de citation.

6 La gestion des références

Saisir manuellement ou importer automatiquement des références provenant de bases de données telles que Compendex, Web of Science, Google Scholar, etc. ;

Importer à partir d'autres logiciels de gestion bibliographique comme : EndNote et Zotero.

EndNote Online : EndNote est une application gratuite et libre permettant de générer des bases de données personnelles de références bibliographiques. Ces références doivent être saisies manuellement et peuvent provenir de bases de données ou de catalogues de bibliothèques.

Centraliser les références sélectionnées

Citer les références/documents afin de créer des bibliographies inspirées de styles reconnus, tels que APA, MLA, Chicago, etc.

Créer un groupe intelligent (Smart Group) afin de regrouper ses sources dans un groupe particulier. Cette fonction permet d'organiser les références de sa bibliothèque et de faciliter son travail de recherche.

Ce qui distingue EndNote des autres logiciels de traitement bibliographique : bien que l'interface soit seulement dispo en anglais, elle s'adapte aux besoins de l'utilisateur ainsi qu'aux exigences de ces travaux. Comme mentionné précédemment, avec ce logiciel, il est possible de choisir le style bibliographique. En revanche, ce qui la distingue réellement des autres logiciels est qu'il est possible de franciser et de modifier manuellement l'interface ainsi que les champs.

Mendeley : logiciel de gestion de références et de gestion de documents développé par une société spécialisée dans les informations scientifiques et médicales. En parallèle avec les autres logiciels de gestion de référence présentés précédemment, Mendeley permet d'organiser, de stocker, d'annoter et de partager des articles de recherche ainsi que d'autres types de documents.

- Gestion de références : permet d'importer, d'organiser et de stocker des références bibliographiques provenant de différentes bases de données académiques.
- Permet d'organiser les références en créant des dossiers et des collections en fonction des différents projets de recherche.
- Annoter et surligner des documents PDF, notamment en ajoutant des commentaires, des notes et des surlignages directement sur l'interface de Mendeley.
- Gestion de documents (autres que les références). Outre les références, Mendeley permet de stocker et d'organiser des PDF. Cela facilite l'accès aux documents lors d'une recherche en cours.
- Permet de générer des bibliographies et des citations dans différents styles de format bibliographique.
- Les utilisateurs de Mendeley peuvent partager des références, des documents ainsi que des dossiers entre eux. Comme mentionné précédemment, cela facilite la collaboration sur des projets de recherche.
- Enfin, Mendeley offre la possibilité de synchroniser les références, les annotations ainsi que les documents sur plusieurs appareils. Ainsi, cela permet un accès facile et cohérent.

Carrefour de gestion bibliographique (site Web du Réseau de l'Université du Québec sur les logiciels de gestion biblio) ? Pertinent ?

Afin de choisir le bon logiciel : page Web qui regroupe toutes les informations concernant l'utilisation des deux logiciels principaux de gestion de référence bibliographique : soit Zotero et EndNote. Il existe également un quiz afin de savoir quel logiciel répond le mieux aux exigences et aux besoins de l'utilisateur.

Mini conclu

6 La gestion des références

Bien que chaque logiciel à ses spécificités, ils sont tous relativement similaires. C'est-à-dire qu'ils permettent tous d'économiser du temps et de rendre le travail d'équipe plus facile en centralisant les dossiers.

Ainsi, afin de choisir le logiciel qui répond aux besoins ainsi qu'aux exigences de l'utilisateur, celui-ci doit se demander notamment s'il est nécessaire de partager les résultats de ses recherches ainsi que de travailler en collaboration. De ce fait, s'il est nécessaire de partager ses résultats avec le restant de son équipe, l'utilisateur devrait se munir du même logiciel que ses collègues. Enfin, il est important d'utiliser le logiciel que l'utilisateur préfère, comme mentionné précédemment, Zotero et EndNote se ressemblent, mais ils comportent tous des interfaces différentes.

Transition avec Laurence

Zotero (aborder à la fin de cette section du chapitre). Malgré qu'il existe une multitude d'outils, Zotero est le logiciel de gestion bibliographique que nous privilégions au CAPP. Nous expliquerons ces avantages/inconvénients ainsi que son utilisation dans la prochaine section de ce chapitre.

6.0.1 Installation et configuration de Zotero

Dans cette section, vous serez amené à Installer Zotero ainsi que Better Bibtex, un extension de Zotero servant à générer et maintenir à jour des fichiers .bib à partir de Zotero.

6.0.1.1 Zotero

- Installer Zotero
- Installer Zotero Connector

- Une fois Zotero installé, créer un compte Zotero. Prenez note de votre identifiant et partagez le avec Laurence-Olivier pour qu'il vous ajoute sur le groupe Zotero CLESSN.
- Allez dans vos courriels et suivez les directives pour joindre le groupe Zotero CLESSN.

6.0.1.2 Better Bibtex

- La prochaine étape sera d'installer Better BibTex. Pour ce faire, allez dans l'onglet tools > Add-ons ensuite cliquez sur l'icone de paramètre et faites Install Add-on From File. Sélectionnez le fichier .xpi que vous avez téléchargé.

IMPORTANT

- Une fois l'add-on installé, allez dans les paramètres de Better Bibtex en allant dans l'onglet Zotero > Settings > Onglet Better Bibtex>Open Better Bibtex preferences...
- Dans la section Citation Key Format, collez ceci: `authEtal2.fold.lower.replace(find=".",replace=_+ len + shortyear | veryshorttitle + shortyear`

6.0.1.3 Génération du fichier .bib

Dans Zotero, vous devriez maintenant voir le groupe Zotero CLESSN dans les Group Libraries.

Il est important de comprendre que tout changement que vous faites dans Zotero sera automatiquement synchronisé avec le groupe Zotero CLESSN. Si vous supprimez une référence, elle sera supprimée pour tout le monde!

Clic-droit sur la collection livre-outils > Export Collection choisissez le format Better BibLaTeX et cochez la case [x] Keep updated. Faites OK et sauvegardez le fichier dans le dossier .git du projet livre-outils. Ce dossier

6 La gestion des références

sera constamment mis à jour avec les changements que vous faites dans Zotero et sera synchronisé avec le projet Github quand vous ferez vos pull requests.

6.0.1.4 Utilisation de Zotero lors de l'écriture

Lors de l'écriture, vous n'avez qu'à écrire @ dans votre éditeur pour faire sortir la palette de référencement.

6.0.1.5 Ajouter des références à Zotero

Il y a différentes façon d'ajouter des références au groupe Zotero CLESSN.

- Drag & drop à partir de votre librairie personnelle
- Drag & drop les pdf que vous avez sur votre ordinateur dans la collection livre-outils. Zotero va essayer de trouver les métadonnées automatiquement.
- Si il ne réussi pas, vous pourrez ajouter la références en cliquant sur la baguette magique en haut à gauche du symbole " + " vert. L'outil de baguette magique est utile si vous possédez le DOI ou le ISBN de l'article/livre que vous devez ajouter. Dans les rares cas où Zotero ne trouve rien à propos de votre référence, vous pourrez remplir les différents champs manuellement.
- Utiliser le connecteur à l'intérieur de votre fureteur web. Zotero va aussi tenter de télécharger l'article directement et l'inclure dans la collection approprié.

6.0.1.6 Autres raisons d'utiliser Zotero

- Centralisation des pdf
- Autre

7 Une image vaut mille mots

Camille Tremblay-Antoine¹ Nadjim Fréchet²

7.1 Introduction

Une fois les données collectées, nettoyées, traitées et analysées, une partie centrale du travail d'un scientifique des données est de faire parler les résultats de ses tests empiriques. Il s'agit alors de trouver la meilleure manière de rendre l'information digeste pour les experts et initiés de votre discipline académique ou pour le grand public. La visualisation graphique des données est donc centrale afin de vulgariser les résultats d'une recherche empirique.

L'objectif de ce chapitre est d'apprendre aux codeurs débutants les rudiments de la visualisation graphique en R. Ce chapitre présentera plus particulièrement les packages R *ggplot2* et *dplyr* eux-mêmes téléchargeable à partir du package *tidyverse*. Si *dplyr* permet de préparer les données avant leur visualisation, *ggplot2* est un package dédié à la production de graphiques. Ce chapitre présente sa grammaire avec une série d'exemples (Wickham 2009; Wickham, Çetinkaya-Rundel, and Grolemund 2023).

Ce chapitre est plus technique que théorique et permet aux codeurs débutants d'en apprendre davantage sur la manière de construire des graphiques en R avec des données concrètes. Cependant, la question

¹Université Laval

²Université de Montréal

centrale qui devrait vous guider lorsque vous créez des visualisations est la suivante: **Comment optimiser l’intelligibilité des données?** L’objectif d’un graphique n’est pas seulement d’illustrer les données. Un bon graphique devrait permettre de vulgariser une information ou de mettre en saillance un aspect particulier des données. L’objectif communicationnel devrait toujours être gardé en tête. Les graphiques en exemple dans ce chapitre sont construits avec les données de l’Étude Électorale Canadienne de 2019 qui sont facilement téléchargeables sur leur site³.

La première section de ce chapitre expose les options et packages également disponibles pour la construction de graphiques en R. La deuxième section de ce chapitre compare les avantages et inconvénients de l’utilisation de *ggplot2* par rapport aux autres packages de visualisation de données qui auront été présentés. La troisième section de chapitre montre des exemples de graphiques construits avec la grammaire de *ggplot2* en utilisant les données de l’Étude électorale canadienne de 2019. Les codes employés pour produire les graphiques en exemple sont disponibles dans l’annexe de ce livre. Ces codes reproductibles permettront aux codeurs débutants d’adapter ces derniers pour leurs propres projets.

7.2 Réflexion théorique

7.2.1 Les options disponibles

De nombreux *packages* ont été développés dans le langage R dans le but de visualiser des données graphiquement, il devient donc facile de s’y perdre. Heureusement, les options qui s’offrent à nous se précisent lorsque l’on s’intéresse à ce qui est le plus utilisé dans la communauté des codeurs de ce langage de programmation. Les *packages* les plus utilisés représentent des outils qui ont été substantiellement validés et améliorés par leurs

³<http://www.ces-ec.ca/>

développeurs, mais aussi par une importante communauté de codeurs en ligne et de chercheurs universitaires. Trois de ces options sont présentées dans ce chapitre: les graphiques du *Base R*, le *package Lattice* et le *package ggplot2*. Les avantages et inconvénients respectifs de ces trois approches pour la création de graphiques sont explicités dans les sections suivantes.

7.2.1.1 Avantages et inconvénients de Base R

Le *Base R* est le langage de base de R et il permet de faire de nombreuses manipulations statistiques sans avoir à installer de *packages* au préalable. Le *Base R* permet notamment de produire des graphiques rapidement. Cela peut être utile pour visualiser la distribution d'une variable ou pour regarder la relation entre deux d'entre elles par exemple. Pour produire un graphique avec le langage de base R, il suffit de faire appel à la fonction `plot()`. Avec la fonction `plot()`, le codeur peut visualiser la distribution d'une variable seule en spécifiant l'axe des x dans cette dernière. Le codeur peut également visualiser la relation entre deux variables en spécifiant à l'intérieur de la fonction celles qui composeront les axes des x et des y du graphique. Les fonctions `barplot()`, `hist()` ou `boxplot()` disponibles dans le *Base R* permettent de spécifier le style de graphique souhaité, qu'on veuille représenter nos données sous forme de diagramme à barre, d'histogramme ou de diagramme en boîtes (Kabacoff 2022, 119–32).

```
# Exemple de graphique avec la fonction barplot() du BaseR

barplot(y, names.arg=x,
  main="Figure 1 - Proportion (%) de répondants par province\n",
  col = "blue",
  sub="\nSource: Étude Électorale Canadienne de 2019
```

Alors qu'un peu tout peut être fait avec le *Base R*, ce langage demeure élémentaire; il est difficile d'innover dans la visualisation ou même de produire des graphiques plus sophistiqués. Le *Base R* peut sembler plus

simple pour l’exploration de données ou pour produire des graphiques de base rapidement, mais ce langage devient rapidement complexe lorsqu’on cherche à améliorer l’esthétique de son graphique ou visualiser des relations entre plusieurs variables, ce que *lattice* et *ggplot2* permettent plus facilement (Wickham 2009, 3–4).

7.2.1.2 Avantages et inconvénients de *lattice*

Développé par Deepayan Sarkar, *lattice* cherche à faciliter la visualisation de graphique en facettes. Plus précisément, ce *package* vise à améliorer les graphiques du *Base R* en fournissant de meilleures options de graphisme par défaut pour visualiser des relations multivariées. Ce *package* est donc intéressant pour les chercheurs et les codeurs voulant présenter graphiquement la relation entre plus de deux variables (Kabacoff 2022, 373–77; Sarkar 2008, 2023). Pour produire un graphique de base avec *Lattice*, le *package lattice* doit préalablement être installé dans la bibliothèque de *packages* du codeur et chargé dans sa session au début de son code (voir annexe). Par la suite, le codeur doit spécifier le type de graphique souhaité avec la fonction appropriée⁴. Une fois la fonction choisie, il doit spécifier par une formule les variables x et y ainsi que la troisième variable à contrôler et à visualiser en facettes (*graph_type(formula / variable en facettes, data=)*).

Si la Figure 1 produite à partir du *Base R* nous permet de visualiser le pourcentage de répondants par province dans l’Étude Électorale Canadienne de 2019, le *package lattice* nous permet de visualiser facilement ce même pourcentage de répondants en tenant compte du positionnement idéologique des Canadiens par province sur l’échelle gauche-droite, comme l’illustre la Figure 2 (0 étant la gauche et 10 la droite).

⁴Plusieurs options disponibles comme des histogrammes avec la fonction *histogram()* ou des graphiques de densité avec la fonction *densityplot()*.

7.2 Réflexion théorique

```
# Exemple de graphique avec la fonction histogram() du package lattice

histogram(~gaucheDroite | province, data = GraphiqueLattice, breaks = seq(0, 10,
  by = 1),
  main = "Figure 2 - Distribution des Canadiens\n par province sur l'échelle gauche-droit",
  xlab = "\nIdéologie gauche-droite",
  ylab = "Pourcentage (%)\n",
  col = "blue",
  sub="\nSource: Étude Électorale Canadienne de 2019
```

Cependant, le *package lattice* a pour désavantage d’avoir un modèle formel (une grammaire de graphique) moins compréhensible et intuitif que celui de *ggplot2* lorsque vient le temps d’améliorer l’esthétisme des graphiques. De plus, sa plus faible popularité cause que ce *package* reste moins développé par la communauté de codeurs de R que ne l’est *ggplot2*. Nous examinons plus en détail la grammaire de graphique de ce dernier *package* ainsi que ses avantages et inconvénients dans la prochaine section (Kabacoff 2022, 373–77 et 390; Wickham 2009, 6).

7.2.1.3 Avantages et inconvénients de ggplot2

Développé principalement par Hadley Wickham, *ggplot2* est un *package R* faisant partie de la collection de *packages* de *tidyverse*. *Ggplot2* peut être donc utilisé avec les autres *packages* centraux de *tidyverse*, limitant ainsi de potentiels conflits entre les fonctions de *packages* qui puissent être incompatibles avec *ggplot2*. Par exemple, le *package dplyr* de *tidyverse* est très utile pour analyser, organiser et préparer vos données à visualiser avec *ggplot2* (Wickham et al. 2019; Wickham, Çetinkaya-Rundel, and Grolemund 2023, 30).

Le principal avantage de *ggplot2* reste sa grammaire qui permet à l’utilisateur de rendre ses graphiques beaucoup plus visuellement attrayants en facilitant la personnalisation esthétique. Ceci permet de

7 Une image vaut mille mots

pousser l'esthétisme de vos graphiques à un très haut niveau par rapport aux autres *packages* de visualisation graphique disponibles en R. Les graphiques *ggplot2* se construisent couche par couche, soit par l'ajout des différents éléments du graphique au fur et à mesure dans le code du graphique à construire.

La première couche des graphiques *ggplot* est généralement celle des données et des variables à visualiser. Elle contient plusieurs éléments fondamentaux qui sont essentiels à chaque graphique. Le premier élément est la spécification de l'utilisation du *package ggplot2* qui se fait simplement en appelant la fonction *ggplot2()*. Dans cette fonction, il faut ensuite mentionner quelle est la base de données (*data=*) ainsi que la fonction qui sera utilisée pour positionner les données (*aes()*). Le positionnement le plus courant est de positionner des données *x* par rapport à des données *y*, ce qui se fait de la sorte: *aes(x=, y=)*.

La deuxième couche des graphiques *ggplot2* est celle du *geom*, qui spécifie le type de graphique souhaité. Les types de graphiques les plus couramment utilisés avec *ggplot2* sont les nuages de points (*geom_point()*), les diagrammes de lignes de tendances ou de séries chronologiques (*geom_line()*), les courbes de densité (*geom_density()*) ainsi que les graphiques à bandes (*geom_bar()*). Mais les possibilités sont infinies (ou presque!) avec *ggplot2* et bien plus de types de graphiques existent.

Les autres couches des graphiques *ggplot2* dépendent souvent du codeur et des étapes de construction de son graphique⁵ (Wickham 2009, 77 et 89-93). Le reste de ce chapitre présente la grammaire de *ggplot2* avec un exemple de construction de graphique à bande présenté couche par couche.

```
# Première couche de l'exemple de graphique
# ggplot2 (base de données, variables et geom)
```

⁵Les étapes (couches) d'un graphique *ggplot2* ne sont pas nécessairement dans le même ordre d'un graphique à un autre.

7.2 Réflexion théorique

```
ggplot(data=GraphiqueExemple, aes(x=province, y=prop)) +  
  geom_bar(stat="identity")
```

Tel que mentionné dans le dernier paragraphe, la première étape est de spécifier la base de données et les variables qu'on souhaite visualiser. Vous vous souviendrez qu'au début de la section nous avons mentionné la collection *tidyverse*, et plus spécifiquement le *package dplyr* qui y est compris. Ce dernier a été utilisé pour nettoyer/calculer la proportion de répondants par province au préalable, ce qui nous permet de positionner directement la variable *prop* dans l'axe y.

7 *Une image vaut mille mots*

7.3 Références

8 Outils de recherche: la quête infinie de l'optimisation

Il est tout simplement impossible de se lancer dans l'accomplissement efficace des méthodes proposées dans cet ouvrage sans d'abord se définir une méthode de travail efficace. Peu importe que l'on travaille seul ou en équipe, des dossiers bien classés, une arborescence claire et un stockage sécuritaire sont gages de succès. Un environnement ordonné pour un travail ordonné.

En science sociale,

Question: Où et quand s'arrêter?

8.1 Introduction du chapitre

- Il existe une multitude d'outils pour aider le chercheur à optimiser son temps et son efficacité.
- Ce chapitre présentera 2 types d'outils, et proposera une utilisation efficace de ceux-ci:
 1. Logiciel de gestion de communication (Slack et autres) — Jérémie
 2. Logiciel de gestion de projet (Notion et autres) — Maria
 3. Outils de stockage de données (Dropbox, Google Drive, etc.) — Adrien
 4. Logiciel de gestion de versions décentralisé (Git et Github) — Adrien

8.2 Logiciel de gestion de communication (Slack)

- Revue non exhaustive des outils disponibles et aperçu historique;
 - Slack
 - Teams (Microsoft)
- Pourquoi utiliser une de ces plateformes
 - La collaboration en recherche est inévitable
 - Même si le ou la professeur.e avec qui vous travaillez ne l'utilise pas, il est certain que plusieurs chercheurs de votre département l'utilise.
 - Les courriels sont dépassés et inefficaces dans un contexte de travail collaboratif.
 - La présence de teamspaces et de chaînes permet de structurer les conversations d'équipe à l'image de vos projets.
 - On garde et retrace plus facilement les conversations relatives à des projets précis.
 - La plateforme permet de regrouper au même endroit les conversations écrites et vidéos.
- Pourquoi choisir Slack
 - Avantages
 - Inconvénients
 - Comment l'utiliser efficacement (en parallèle à Notion?)
 - * Penser à la structuration des chaînes.
 - * Faire régulièrement le ménage des chaînes (archivage au besoin).
 - * Privilégier les conversations dans les chaînes plutôt que dans les conversations privées (à l'exception de certains cas)
 - * Utiliser les sections pour tirer ses chaînes.
 - * Épingler des messages et des documents.
 - *

8.3 Logiciel de gestion de projet

- Revue non exhaustive des outils disponibles et aperçu historique;
- Pourquoi choisir Git et Github?
 - Avantages
 - Inconvénients
 - Comment l'utiliser efficacement (en parallèle à Dropbox, etc.)

8.4 Stockage de données (Hub, AWS, Dropbox == défi éthique)

- Revue non exhaustive des outils disponibles et aperçu historique;
- Pourquoi choisir Dropbox?
 - Avantages
 - Inconvénients
 - Comment l'utiliser efficacement (arborescence, __sharedFolders, etc.)
 - Mais si on veut avoir un suivi de modifications?

8.5 Logiciel de gestion de versions décentralisé

- Revue non exhaustive des outils disponibles et aperçu historique;
- Pourquoi choisir Git et Github?
 - Avantages
 - Inconvénients
 - Comment l'utiliser efficacement (en parallèle à Dropbox, etc.)

8.6 Conclusion: un exemple de l'utilisation des outils

- Faire des liens avec l'ensemble du livre!

9 Outils d'intelligence artificielle

10 Sapientia Artificiosa: L'Excellence Cognitive au Service des Études Sociales”

11 En général, c'est quoi l'IA, le ML, le DL, etc.? (en mentionnant que c'est un champ qui change tout le temps) (JOZEF)

12 La révolution ChatGPT

- Corpus de textes humains donc possibilité de plagiat
- Tracer la ligne entre plagiat et outil d'assistance
- Parler des revues de science po qui veulent qu'on déclare l'utilisation de ce genre de AI
- Brainstorm
- l'API de OpenAI
- Biais de ce genre d'IA

13 Deepl, google traduction, etc,

14 Midjourney, génération d'images, etc.

- Parler du plagiat

15 1 autre exemple?

16 Machine Learning, reconnaissance d'images etc

- AWS, Calcul Québec, etc.

17 LLM, chatbots, etc.

- Ce qui s'en vient dans ce domaine?

Salut

18 Serpents et échelles

Serpents et échelles

\begin{center}

Justine Béchar, William Poirier, Marc-Antoine Rancourt

\end{center}

<!--

- Présentation du guide d'apprentissage
- Pour aller plus loin Cotton <- <http://duhi23.github.io/Analisys-de-datos/Cotton.pdf>
- Pour aller plus loin Venables <- <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-intro.pdf>
- Pour aller plus loin Xie <- <https://bookdown.org/yihui/rmarkdown/>
- Xie 2 <- <https://bookdown.org/yihui/bookdown/>
- Hadley 2 <- <https://adv-r.hadley.nz>
- Chandra <- <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-13-3170-1>
- Westby <- <https://pepa.holla.cz/wp-content/uploads/2016/01/Git-for-Teams.pdf>

-->

Introduction

Alors que les chapitres précédents se sont consacrés à la présentation théorique et pratique des sciences sociales numériques, le présent chapitre s'efforcera à aider le lecteur à faire sens de la grande quantité d'information que contient l'ouvrage et à commencer sa propre aventure numérique. Ce chapitre peut être vu comme le résultat de la rencontre entre un jeu éducatif et un guide d'apprentissage. À ce propos, le titre n'est pas anodin. Il est possible de visualiser l'apprentissage de nouveaux outils numériques à l'aide d'un jeu de serpents et échelles. Généralement, la progression du protagoniste se fait en toute tranquillité. À certains moments, l'aventure est corsée par des pièges ou des difficultés propres à sa progression -- les serpents. Lorsque cela arrive, le protagoniste régresse ou cesse d'avancer. À d'autres moments, l'aventure est facilitée par des occasions positives particulières -- les échelles.

En plus d'une représentation visuelle du tableau d'apprentissage de serpents et échelles qui permettra au lecteur de rendre l'acquisition de nouvelles connaissances plus agréable, ce chapitre offre des lectures, des exercices et des travaux pratiques pour les aventuriers numériques débutants, intermédiaires et avancés. Le corps du texte du présent chapitre est divisé en trois parties en lien avec les niveaux de connaissances des outils numériques -- débutant, intermédiaire et avancé -- et chacune d'entre elles comportent une première section concernant sur des lectures, une seconde portant sur des tutoriels à faire en ligne et une troisième sur des travaux pratiques à réaliser dans RStudio. De plus, chaque partie termine par un résumé des principaux « serpents » associés au niveau d'apprentissage qui lui est propre. Le chapitre se termine par une section qui aidera le lecteur à voler de ses propres ailes.

Débutant

Lectures

* Chapitres 1 & 3 de Cotton

Le premier chapitre de Cotton est un bon point de départ. Cette introduction permettra de réaliser les premières installations de R et d'un IDE. Cotton décrit plusieurs environnements de développement, mais une attention plus particulière devrait être portée à RStudio, qui facilitera spécifiquement l'utilisation de R. Ensuite, un premier exemple de programme statistique permet de saisir comment fonction, vecteur et argument sont représentés. Différentes méthodes pour obtenir de l'aide avec R sont également abordées. Le troisième chapitre s'intéresse plus particulièrement aux propriétés des variables que l'on peut manipuler avec R et à l'espace de l'utilisateur. Cela comprend l'identification de la classe d'un objet, sa conversion d'une classe à une autre, son inspection détaillée... Pour assurer sa compréhension, mieux vaut tester les différents exemples de l'auteur dans l'IDE choisi au fur et à mesure.

* Chapitre 1 Venables

Venables met de l'avant l'environnement logiciel de R. Si d'autres outils d'analyse de données sont jugés trop spécifiques et inflexibles, R permet de développer de nouvelles méthodes d'analyse plus interactives, enrichies par une large collection de paquets (*packages*), y compris pour les statistiques. L'annexe A mentionnée se veut une introduction aux caractéristiques de l'environnement R. (À compléter)

* Chapitres 1 & 2 Xie

L'ouvrage de Xie en est essentiellement un de référence pour l'utilisation de R Markdown. Le premier chapitre se résume à l'installation du paquet *rmarkdown*. On retrouve dans le second chapitre des exemples concrets de la façon dont un fichier de type .Rmd peut être mis à profit. À l'aide de ce deuxième chapitre, vous devriez avoir les outils nécessaires pour compiler un document Rmd. en différents formats, y utiliser la syntaxe appropriée et y insérer du code R. Le paquet *knitr* permet aussi de supporter d'autres langages de programmation. À partir de R Markdown des documents interactifs (HTML widgets et Shiny) peuvent être générés, ce que Xie aborde brièvement dans ce chapitre.

18 Serpents et échelles

DataCamp

* Introduction to R

Cette introduction présente les bases du langage R. Les cours interactifs sur DataCamp sont divisés en chapitres. Celui-ci en comporte six.

- *Intro to basics*
- *Vectors*
- *Matrices*
- *Factors*
- *Data frames*
- *Lists*

* Introduction to data in R

On présente ici comment utiliser R pour les premières étapes d'une enquête statistique, soit l'identification d'une question ou d'un problème de recherche et la collecte des données pertinentes sur le sujet. Ce cours comprend 4 chapitres.

- *Language of data*
- *Study types and cautionary tales*
- *Sampling strategies and experimental design*
- *Case study*

* Introduction to Importing Data in R

Vous l'aurez deviné, ce cours porte sur l'importation de données dans R à partir de différents types de fichiers. Cela comprend les .csv, les .xls, les .txt, les fichiers de logiciels statistiques, les bases de données et les données HTML. Il y a 4 chapitres à faire pour ce cours.

- `*Importing data from flat files with utils*`
- `*readr & data.table*`
- `*Importing Excel data*`
- `*Reproducible Excel work with XLConnect*`

* Data visualization with ggplot2 -- Part 1

Il s'agit du premier cours sur la visualisation de données en R. Il présente les grands principes et la grammaire d'une bonne représentation graphique à l'aide du paquet `*ggplot2*`. Pour réaliser un tracé exploratoire, trois premières couches sont essentielles : les données, l'esthétique et les géométries. Ce cours est divisé en 5 chapitres.

- `*Introduction*`
- `*Data*`
- `*Aesthetics*`
- `*Geometries*`
- `*qplot and wrap-up*`

Pratique

* TinyTex, R, RStudio (avec marche à suivre)

* "HelloWorld" dans console et fichier Rmd.

Serpents

Beaucoup de nouvelles informations ont été présentées jusqu'à présent dans ce livre. Il est normal de se sentir dépasser et de ne pas tout comprendre. En fait, il aurait été surprenant qu'un lecteur qui débute l'aventure numérique ait tout compris. L'important est de garder une attitude propice à l'apprentissage et se rappeler que rien de ceci n'est inatteignable. C'est au tout début du parcours que se trouve le premier serpent : `**croire`

qu'il sera trop difficile d'apprendre, que c'est un objectif impossible à atteindre**. Même les auteurs de ce livre ont, un jour, commencés par faire `*Hello World!*` dans la console de RStudio. Le premier serpent est souvent lié à un autre piège qui frappe les codeurs débutants : `**la peur de demander de l'aide**`. Il faut garder à l'esprit qu'une grande quantité des utilisateurs des outils présentés dans le présent livre sont passés par l'incertitude du début et la crainte du jugement des autres. N'ayez pas peur de poser vos questions, c'est comme cela qu'on apprend.

Une autre catégorie de serpents pour les débutants concerne la pratique des connaissances nouvellement acquises. Les serpents de cette catégorie sont au nombre de trois. Tout d'abord, on retrouve `**la croyance qu'il est possible d'apprendre sans pratiquer**`. Bien que cela puisse être possible pour quelques personnes ayant une mémoire phénoménale, la réalité est qu'il sera difficile pour le lecteur moyen de retenir l'information contenue dans ce livre et dans les exercices sans pratiquer les nouvelles notions. Le second serpent de cette catégorie est lié à ce dernier point : DataCamp -- où il y a des indices et du code déjà écrit -- ne forme pas à lui seul des codeurs. Il faut faire attention à `**ne pas rester pris dans une boucle infinie de tutoriels**`. Faire des tests avec des projets personnels aide à assimiler les nouvelles connaissances en plus d'être plus intéressant.

Le dernier serpent pour débutants est le suivant : `**ne pas construire des bases solides avant d'aller plus loin**`. Plusieurs nouveaux codeurs, excités par les nouveaux outils qu'ils apprennent, oublient qu'il est primordial de bien comprendre les éléments de base de la programmation et de la gestion de données avant de se lancer dans des projets plus complexes. Bien qu'il ne soit pas requis de connaître la mécanique pour conduire une automobile, il est tout de même parfois utile -- voir nécessaire -- de comprendre comment entretenir celle-ci.

Intermédiaire

Lectures :

* Chapitres 3 & 6 Xie

Le chapitre 3 se penche sur les formats d'éditions possibles d'un document en R Markdown : HTML, Notebook, PDF, Word... Chacun de ces formats comporte des particularités, par exemple, pour l'insertion d'une table des matières, de figures, d'une certaine apparence visuelle et plus encore. Le style de document Tufte est au cœur du chapitre 6. Il permet d'insérer facilement des commentaires et des figures en employant une typographie définie. Les figures peuvent être insérées dans la marge, toute la largeur de la page ou encore dans la colonne principale. Des notes de marge peuvent être ajoutées de même que des références, des tableaux, des citations...

* Chapitres 13 & 14 Cotton

Le chapitre 13 de Cotton se concentre sur le nettoyage et la transformation de données. En ordre, ce chapitre offre des exemples sur la façon de manipuler les chaînes de caractères à l'aide du `*stringr*` `*package*` et de nettoyer les variables catégorielles, de créer des sous-ensembles et de transformer de `*data frames*`, de modifier la forme de `*data frames*` (en longueur ou en largeur) et de comprendre comment trier et organiser des vecteurs. Ensuite, on retrouve dans le chapitre 14 les bases de l'exploration et de la visualisation de données. Il comprend des méthodes de calculs permettant de réaliser des statistiques sommaires à partir de données numériques. En ce qui a trait à la visualisation, trois systèmes de tracés standards sont présentés : `*base*`, `*lattice*` et `*ggplot2*`. Parmi les tracés possibles, on retrouve le diagramme de dispersion, le graphique linéaire, l'histogramme, le diagramme en boîtes et moustaches et le diagramme à bande. Ces tracés peuvent être manipulés à partir de R pour en faciliter la lecture.

* Chapitres 6 & 7 Venables

Le chapitre 6 de Venables s'intéresse à la création et la modification de listes. Il s'agit en quelque sorte d'un vecteur générique capable de contenir des éléments de différents types (chaînes de caractères, nombres, vecteurs, matrices, autres listes...). Elles sont donc des structures de données très flexibles. Une liste peut former un `*data frame*` sous certaines conditions présentées dans ce chapitre (à spécifier?). Le chapitre 7 permet d'apprendre sur les différentes fonctions disponibles pour lire et organiser

des données une fois converties sous la forme de **data frame**. Les fonctions **read.table()** et **scan()** permettent de lire ces **data frames**. Il est à noter que R comprend environ une centaine de **datasets** (accessibles dans le package portant le même nom) à partir desquels pratiquer l'analyse statistique. Il est aussi possible, à l'aide de **packages** conçus par d'autres utilisateurs, d'accéder à davantage d'ensembles de données.

DataCamp :

** Introduction to the “TidyVerse”*

Il s'agit d'une introduction au langage de programmation R, axée sur un ensemble d'outils connus sous le nom de Tidyverse. Elle permet d'apprendre les processus entrelacés de manipulation et de visualisation des données à l'aide de dplyr et de ggplot2 pour effectuer des analyses de données. Il y a 4 chapitres dans ce cours.

- **Data wrangling**
- **Data visualization**
- **Grouping and summarizing**
- **Types of visualizations**

** Intermediate R*

Dans cette formation R, présente les **conditional statements**, les **loops** et les fonctions permettant de faire fonctionner vos propres scripts R. Ensuite, vous rendrez votre code R plus efficace et plus lisible en utilisant la fonction apply. Enfin, le chapitre sur les utilitaires vous permettra de vous familiariser avec des expressions récurrentes dans R, les manipulations de la structure des données, et les heures et dates. Ce cours est divisé en 5 chapitres.

- **Conditionals and Control Flow**
- **Loops**

- `*Functions*`
- `*The apply family*`
- `*Utilities*`

`* Intermediate R practice`

Plutôt que de couvrir de nouveaux concepts, ce cours reprend les notions vues lors de la formation Intermediate R sous la forme d'exercices complémentaires. Ils sont regroupés de la même façon : `*Conditionals and Control Flow*`, `*Loops*`, `*Functions*`, `*The apply family*`, `*Utilities*`.

`* Data visualization with ggplot2 -- Part 2`

Cette deuxième partie de la formation sur les visuels dans ggplot2 explore les quatre dernières couches optionnelles, `*Statistics*`, `*Coordinates*`, `*Facets*` et `*Themes*`. Les couches `*Coordinates*` et `*Facets*` peuvent faciliter la communication, tandis que `*Themes*` permet de réaliser des tracés publiables. En somme, ce cours permet d'acquérir de meilleures pratiques de visualisation combinées aux statistiques pouvant explorer de vastes ensembles de données. On retrouve 5 chapitres.

- `*Statistics*`
- `*Coordinates and Facets*`
- `*Themes*`
- `*Best Practices*`
- `*Case Study*`
- Pratique :

`* Importation de données + Nettoyage + un histogramme + dotplot`

`* Ajouter une image dans un fichier Rmd.`

`### Serpents :`

À la suite des différents exercices et lectures complétés dans le cadre de cette familiarisation aux sciences sociales numériques, le lecteur doit s'assurer d'éviter certains pièges qui se dressent sur le chemin des chercheurs de niveau intermédiaire. Le premier d'entre eux est ****vouloir apprendre plusieurs langages et n'en maîtriser aucun****. Plusieurs chercheurs, lorsqu'ils commencent à maîtriser de nouveaux outils, s'emballent et souhaitent en apprendre davantage. C'est une bonne chose, mais il faut faire attention à ne pas apprendre que quelques éléments de plusieurs langages de programmation, et plutôt en maîtriser un. Comme le dit un diction populaire, « qui trop embrasse mal étreint ».

Un second serpent auquel de jeunes chercheurs sont la proie est ****coder en n'utilisant pas un style et une planification cohérente et constante****. En n'adoptant pas un style standard -- ou en n'utilisant pas le plus souvent le même style -- il peut devenir difficile pour les autres et pour soi-même de se retrouver dans le code. Cela peut causer d'importants problèmes de compréhension ou des problèmes techniques. Il est rare qu'un même code ne serve qu'une seule fois. Il est donc de viser à ce que le code qu'on produit soit compréhensible, transférable et -- idéalement -- optimisé. Un autre serpent s'inscrivant dans la lignée du précédent est ****écrire du code mais ne pas le commenter****. Commenter son code contribue grandement à la transférabilité et la pérennité de son travail. Bien que la fonction d'une section de code peut sembler évidente pour son créateur le jour où elle est produite, elle ne le sera pas nécessairement pour d'autres ou pour lui-même dans le futur.

Le dernier piège se dressant sur le chemin d'un chercheur de niveau intermédiaire est de ****croire qu'il a suffisamment de connaissances et ne pas sortir de sa zone de confort****. L'apprentissage de techniques plus complexes demande de sortir de sa zone de confort et de se confronter à l'inconnu. Cela demande également d'accepter qu'on ne connaît pas tout et qu'il y aura des échecs et des frustrations. C'est ainsi qu'un chercheur intermédiaire peut dépasser ses limites et devenir un chercheur de niveau avancé.

Avancé

- Lectures :

* Chapitres 6, 8 et 9 Cotton

* Chapitre 9 & 10 Venables

* Chapitre 2 Xie2

- DataCamp :

* Writing efficient R code

* Importing and cleaning data in R -- Case studies

* Data visualization with ggplot2 -- Part 3

* Communicating with data in the tidyverse

- Pratique :

* Faire un bibliographie apa

* Loop et fonction

Serpents

Il n'y a pas que les programmeurs débutants et intermédiaires qui sont susceptibles d'être les proies de serpents : plusieurs pièges se dressent aussi sur le chemin des programmeurs expérimentés. Un des plus communs et ***la peur de partager son code***. Les projets complexes demandent généralement plus de temps et de connaissances. Il peut paraître logique de ne pas vouloir que les fruits de son labeur aient à quelqu'un d'autre. Toutefois, travailler en équipe rend le processus non seulement plus plaisant, mais plus efficace. Il est plus optimal d'avoir d'autres personnes avec qui échanger des morceaux de code et des conseils que de travailler chacun de son côté. Le transfert de connaissances est au coeur de la philosophie du logiciel libre et il est possible de constater que cela a très bien fonctionné.

Un second piège qui guette les programmeurs expérimentés ****laisser le parfait être l'ennemi du bien****. Le coût de la perfection est très élevé; parfois il est mieux d'avoir un bon code qui fonctionne rapidement qu'un code parfait qui arrive trop tard. Évidemment, il est important de commenter son code et de suivre un ordre clair pour éviter de ne plus pouvoir se comprendre. Cependant, s'il faut choisir, l'efficacité est à privilégier sur la finition.

Un troisième piège guettant les programmeurs expérimentés est lié à un phénomène inhabituel mais tout de même problématique. Il s'agit du ****manque d'empathie et de compréhension envers les nouveaux utilisateurs****. Lorsqu'on commence à réaliser des opérations plus complexes, il est possible d'oublier l'époque où on débutait en R. En se mettant dans les souliers des nouveaux utilisateurs, on peut éviter des conflits interpersonnels et être davantage en mesure de supporter les programmeurs débutants dans leur apprentissage.

Finalement, le pire serpent de tous est probablement le ****douchebagisme technique**** ou le ****douchebagisme méthodologique****. Ni les programmeurs débutants, ni ceux de niveau expérimenté, ont envie de voir un pair fanfaronner à propos de ses prouesses techniques. Le transfert des connaissances et l'engouement pour l'apprentissage de nouvelles techniques, c'est oui. La vantardise, c'est non.

Conclusion

- Pour aller encore plus loin

* Wickham R for Data Science

* Advance R Hadley2

* Qualitative Research Using R: A Systematic Approach Chandra

* Git for teams Westby

- Voler de ses propres ailes

* Google is your friend (include funny meme)

* StackOverflow

* GitHub

=====

Serpents et échelles

\begin{center}

Justine Béchar, William Poirier, Marc-Antoine Rancourt

\end{center}

<!--

- Présentation du guide d'apprentissage
- Pour aller plus loin Cotton <- <http://duhi23.github.io/Analisis-de-datos/Cotton.pdf>
- Pour aller plus loin Venables <- <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-intro.pdf>
- Pour aller plus loin Xie <- <https://bookdown.org/yihui/rmarkdown/>
- Xie 2 <- <https://bookdown.org/yihui/bookdown/>
- Hadley 2 <- <https://adv-r.hadley.nz>
- Chandra <- <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-13-3170-1>
- Westby <- <https://pepa.holla.cz/wp-content/uploads/2016/01/Git-for-Teams.pdf>

-->

Introduction

Alors que les chapitres précédents se sont consacrés à la présentation théorique et pratique des sciences sociales numériques, le présent chapitre s'efforcera à aider le lecteur à faire sens de la grande quantité d'information que contient l'ouvrage et à commencer sa propre aventure numérique. Ce chapitre peut être vu comme le résultat de la rencontre entre un jeu éducatif et un guide d'apprentissage. À ce propos, le titre n'est pas anodin. Il est possible de visualiser l'apprentissage de nouveaux outils numériques à l'aide d'un jeu de serpents et échelles. Généralement, la progression du protagoniste se fait en toute tranquillité. À certains moments, l'aventure est corsée par des pièges ou des difficultés propres à sa progression -- les serpents. Lorsque cela arrive, le protagoniste régresse ou cesse d'avancer. À d'autres moments, l'aventure est facilitée par des occasions positives particulières -- les échelles.

En plus d'une représentation visuelle du tableau d'apprentissage de serpents et échelles qui permettra au lecteur de rendre l'acquisition de nouvelles connaissances plus agréable, ce chapitre offre des lectures, des exercices et des travaux pratiques pour les aventuriers numériques débutants, intermédiaires et avancés. Le corps du texte du présent chapitre est divisé en trois parties en lien avec les niveaux de connaissances des outils numériques -- débutant, intermédiaire et avancé -- et chacune d'entre elles comportent une première section concernant sur des lectures, une seconde portant sur des tutoriels à faire en ligne et une troisième sur des travaux pratiques à réaliser dans RStudio. De plus, chaque partie termine par un résumé des principaux « serpents » associés au niveau d'apprentissage qui lui est propre. Le chapitre se termine par une section qui aidera le lecteur à voler de ses propres ailes.

Débutant

Lectures

* Chapitres 1 & 3 de Cotton

Le premier chapitre de Cotton est un bon point de départ. Cette introduction permettra de réaliser les premières installations de R et d'un IDE. Cotton décrit plusieurs environnements de développement, mais une attention plus particulière devrait être portée à RStudio, qui facilitera spécifiquement l'utilisation de R. Ensuite, un premier exemple de programme statistique permet de saisir comment fonction, vecteur et argument sont représentés. Différentes méthodes pour obtenir de l'aide avec R sont également abordées. Le troisième chapitre s'intéresse plus particulièrement aux propriétés des variables que l'on peut manipuler avec R et à l'espace de l'utilisateur. Cela comprend l'identification de la classe d'un objet, sa conversion d'une classe à une autre, son inspection détaillée... Pour assurer sa compréhension, mieux vaut tester les différents exemples de l'auteur dans l'IDE choisi au fur et à mesure.

* Chapitre 1 Venables

Venables met de l'avant l'environnement logiciel de R. Si d'autres outils d'analyse de données sont jugés trop spécifiques et inflexibles, R permet de développer de nouvelles méthodes d'analyse plus interactives, enrichies par une large collection de paquets (**packages**), y compris pour les statistiques. L'annexe A mentionnée se veut une introduction aux caractéristiques de l'environnement R. (À compléter)

* Chapitres 1 & 2 Xie

L'ouvrage de Xie en est essentiellement un de référence pour l'utilisation de R Markdown. Le premier chapitre se résume à l'installation du paquet **rmarkdown**. On retrouve dans le second chapitre des exemples concrets de la façon dont un fichier de type *.Rmd* peut être mis à profit. À l'aide de ce deuxième chapitre, vous devriez avoir les outils nécessaires pour compiler un document *Rmd.* en différents formats, y utiliser la syntaxe appropriée et y insérer du code R. Le paquet **knitr** permet aussi de supporter d'autres langages de programmation. À partir de R Markdown des documents interactifs (HTML widgets et Shiny) peuvent être générés, ce que Xie aborde brièvement dans ce chapitre.

18 Serpents et échelles

DataCamp

* Introduction to R

Cette introduction présente les bases du langage R. Les cours interactifs sur DataCamp sont divisés en chapitres.

Chapitres :

- *Intro to basics*
- *Vectors*
- *Matrices*
- *Factors*
- *Data frames*
- *Lists*

* Introduction to data in R

On présente ici comment utiliser R pour les premières étapes d'une enquête statistique, soit l'identification d'une question ou d'un problème de recherche et la collecte des données pertinentes sur le sujet.

Chapitres :

- *Language of data*
- *Study types and cautionary tales*
- *Sampling strategies and experimental design*
- *Case study*

* Introduction to Importing Data in R

Vous l'aurez deviné, ce cours porte sur l'importation de données dans R à partir de différents types de fichiers. Cela comprend les .csv, les .xls, les .txt, les fichiers de logiciels statistiques, les bases de données et les données HTML. Il y a 4 chapitres à faire pour ce cours.

Chapitres :

- *Importing data from flat files with utils*
- *readr & data.table*
- *Importing Excel data*
- *Reproducible Excel work with XLConnect*

* Introduction to Data visualization with ggplot2

Il s'agit du premier cours sur la visualisation de données en R. Il présente les grands principes et la grammaire d'une bonne représentation graphique à l'aide du paquet *ggplot2*. Pour réaliser un tracé exploratoire, trois premières couches sont essentielles : les données, l'esthétique et les géométries.

Chapitres :

- *Introduction*
- *Data*
- *Aesthetics*
- *Geometries*
- *qplot and wrap-up*

18 Serpents et échelles

Pratique

* TinyTex, R, RStudio (avec marche à suivre)

* “HelloWorld” dans console et fichier Rmd.

Serpents

Beaucoup de nouvelles informations ont été présentées jusqu’à présent dans ce livre. Il est normal de se sentir dépasser et de ne pas tout comprendre. En fait, il aurait été surprenant qu’un lecteur qui débute l’aventure numérique ait tout compris. L’important est de garder une attitude propice à l’apprentissage et se rappeler que rien de ceci n’est inatteignable. C’est au tout début du parcours que se trouve le premier serpent : ***croire qu’il sera trop difficile d’apprendre, que c’est un objectif impossible à atteindre***. Même les auteurs de ce livre ont, un jour, commencés par faire **Hello World!** dans la console de RStudio. Le premier serpent est souvent lié à un autre piège qui frappe les codeurs débutants : ***la peur de demander de l’aide***. Il faut garder à l’esprit qu’une grande quantité des utilisateurs des outils présentés dans le présent livre sont passés par l’incertitude du début et la crainte du jugement des autres. N’ayez pas peur de poser vos questions, c’est comme cela qu’on apprend.

Une autre catégorie de serpents pour les débutants concerne la pratique des connaissances nouvellement acquises. Les serpents de cette catégorie sont au nombre de trois. Tout d’abord, on retrouve ***la croyance qu’il est possible d’apprendre sans pratiquer***. Bien que cela puisse être possible pour quelques personnes ayant une mémoire phénoménale, la réalité est qu’il sera difficile pour le lecteur moyen de retenir l’information contenue dans ce livre et dans les exercices sans pratiquer les nouvelles notions. Le second serpent de cette catégorie est lié à ce dernier point : DataCamp -- où il y a des indices et du code déjà écrit -- ne forme pas à lui seul des codeurs. Il faut faire attention à ***ne pas rester pris dans une boucle infinie de tutoriels***. Faire des tests avec des projets personnels aide à assimiler les nouvelles connaissances en plus d’être plus intéressant.

Le dernier serpent pour débutants est le suivant : ****ne pas construire des bases solides avant d'aller plus loin****. Plusieurs nouveaux codeurs, excités par les nouveaux outils qu'ils apprennent, oublient qu'il est primordial de bien comprendre les éléments de base de la programmation et de la gestion de données avant de se lancer dans des projets plus complexes. Bien qu'il ne soit pas requis de connaître la mécanique pour conduire une automobile, il est tout de même parfois utile -- voir nécessaire -- de comprendre comment entretenir celle-ci.

Intermédiaire

Lectures :

*** Chapitres 3 & 6 Xie**

Le chapitre 3 se penche sur les formats d'éditions possibles d'un document en R Markdown : HTML, Notebook, PDF, Word... Chacun de ces formats comporte des particularités, par exemple, pour l'insertion d'une table des matières, de figures, d'une certaine apparence visuelle et plus encore. Le style de document Tufte est au cœur du chapitre 6. Il permet d'insérer facilement des commentaires et des figures en employant une typographie définie. Les figures peuvent être insérées dans la marge, toute la largeur de la page ou encore dans la colonne principale. Des notes de marge peuvent être ajoutées de même que des références, des tableaux, des citations...

*** Chapitres 13 & 14 Cotton**

Le chapitre 13 de Cotton se concentre sur le nettoyage et la transformation de données. En ordre, ce chapitre offre des exemples sur la façon de manipuler les chaînes de caractères à l'aide du paquet `*stringr*` et de nettoyer les variables catégorielles, de créer des sous-ensembles et de transformer des trames de données (`*data frames*`), de modifier la forme de ces trames (en longueur ou en largeur) et de comprendre comment trier et organiser des vecteurs. Ensuite, on retrouve dans le chapitre 14 les bases de l'exploration et de la visualisation de données. Il comprend des méthodes de calculs permettant de réaliser des statistiques sommaires à partir de données numériques. En ce qui a trait à la visualisation, trois systèmes

de tracés standards sont présentés : `*base*`, `*lattice*` et `*ggplot2*`. Parmi les tracés possibles, on retrouve le diagramme de dispersion, le graphique linéaire, l’histogramme, le diagramme en boîtes et moustaches et le diagramme à bande. Ces tracés peuvent être manipulés à partir de R pour en faciliter la lecture.

* Chapitres 6 & 7 Venables

Le chapitre 6 de Venables s’intéresse à la création et la modification de listes. Il s’agit en quelque sorte d’un vecteur générique capable de contenir des éléments de différents types (chaînes de caractères, nombres, vecteurs, matrices, autres listes...). Elles sont donc des structures de données très flexibles. Une liste peut former une trame de données sous certaines conditions présentées dans ce chapitre (à spécifier?). Le chapitre 7 permet d’apprendre sur les différentes fonctions disponibles pour lire et organiser des données une fois converties sous la forme de trame de données. Les fonctions `*read.table()*` et `*scan()*` permettent de lire ces trames de données. Il est à noter que R comprend environ une centaine d’ensembles de données (accessibles dans le package portant le nom de `*dataset*`) à partir desquels pratiquer l’analyse statistique. Il est aussi possible, à l’aide de paquets conçus par d’autres utilisateurs, d’accéder à davantage d’ensembles de données.

DataCamp :

* Introduction to the “TidyVerse”

Il s’agit d’une introduction au langage de programmation R, axée sur un ensemble d’outils connus sous le nom de Tidyverse. Elle permet d’apprendre les processus entrelacés de manipulation et de visualisation des données à l’aide de `dplyr` et de `ggplot2` pour effectuer des analyses de données.

Chapitres :

- `*Data wrangling*`
- `*Data visualization*`

- *Grouping and summarizing*
- *Types of visualizations*

* Intermediate R

Dans cette formation R, présente les énoncés conditionnels(*conditional statements*), les boucles (*loops*) et les fonctions permettant de faire fonctionner vos propres scripts R. Ensuite, vous rendrez votre code R plus efficace et plus lisible en utilisant la fonction apply. Enfin, le chapitre sur les utilitaires vous permettra de vous familiariser avec des expressions récurrentes dans R, les manipulations de la structure des données, et les heures et dates.

Chapitres :

- *Conditionals and Control Flow*
- *Loops*
- *Functions*
- *The apply family*
- *Utilities*

<!-- * Intermediate R practice (plus disponible)

Plutôt que de couvrir de nouveaux concepts, ce cours reprend les notions vues lors de la formation Intermediate R sous la forme d'exercices complémentaires. Ils sont regroupés de la même façon : *Conditionals and Control Flow*, *Loops*, *Functions*, *The apply family*, *Utilities*. -->

* Intermediate Importing Data in R (idée de remplacement)

Ce bref cours montre comment il est possible d'exporter le contenu de bases de données relationnelles dans lesquelles l'information est organisée dans des tableaux à deux dimensions. Il présente également des méthodes pour

18 Serpents et échelles

extraire des données à partir du web ou de logiciels statistiques comme SAS, STATA et SPSS.

Chapitres :

- **Importing data from databases (Part 1)**
- **Importing data from databases (Part 2)**
- **Importing data from the web (Part 1)**
- **Importing data from the web (Part 2)**
- **Importing data from statistical software packages**

** Intermediate Data Visualization with ggplot2*

Cette deuxième partie de la formation sur les visuels dans ggplot2 explore les quatre dernières couches optionnelles, **Statistics**, **Coordinates**, **Facets** et **Themes**. Les couches **Coordinates** et **Facets** peuvent faciliter la communication, tandis que **Themes** permet de réaliser des tracés publiables. En somme, ce cours permet d'acquérir de meilleures pratiques de visualisation combinées aux statistiques pouvant explorer de vastes ensembles de données.

Chapitres :

- **Statistics**
- **Coordinates and Facets**
- **Themes**
- **Best Practices**
- **Case Study**
- Pratique :

* Importation de données + Nettoyage + un histogramme + dotplot

* Ajouter une image dans un fichier Rmd.

Serpents :

À la suite des différents exercices et lectures complétés dans le cadre de cette familiarisation aux sciences sociales numériques, le lecteur doit s'assurer d'éviter certains pièges qui se dressent sur le chemin des chercheurs de niveau intermédiaire. Le premier d'entre eux est ****vouloir apprendre plusieurs langages et n'en maîtriser aucun****. Plusieurs chercheurs, lorsqu'ils commencent à maîtriser de nouveaux outils, s'emballent et souhaitent en apprendre davantage. C'est une bonne chose, mais il faut faire attention à ne pas apprendre que quelques éléments de plusieurs langages de programmation, et plutôt en maîtriser un. Comme le dit un diction populaire, « qui trop embrasse mal étroit ».

Un second serpent auquel de jeunes chercheurs sont la proie est ****coder en n'utilisant pas un style et une planification cohérente et constante****. En n'adoptant pas un style standard -- ou en n'utilisant pas le plus souvent le même style -- il peut devenir difficile pour les autres et pour soi-même de se retrouver dans le code. Cela peut causer d'importants problèmes de compréhension ou des problèmes techniques. Il est rare qu'un même code ne serve qu'une seule fois. Il est donc de viser à ce que le code qu'on produit soit compréhensible, transférable et -- idéalement -- optimisé. Un autre serpent s'inscrivant dans la lignée du précédent est ****écrire du code mais ne pas le commenter****. Commenter son code contribue grandement à la transférabilité et la pérennité de son travail. Bien que la fonction d'une section de code peut sembler évidente pour son créateur le jour où elle est produite, elle ne le sera pas nécessairement pour d'autres ou pour lui-même dans le futur.

Le dernier piège se dressant sur le chemin d'un chercheur de niveau intermédiaire est de ****croire qu'il a suffisamment de connaissances et ne pas sortir de sa zone de confort****. L'apprentissage de techniques plus complexes demande de sortir de sa zone de confort et de se confronter à

l'inconnu. Cela demande également d'accepter qu'on ne connaît pas tout et qu'il y aura des échecs et des frustrations. C'est ainsi qu'un chercheur intermédiaire peut dépasser ses limites et devenir un chercheur de niveau avancé.

Avancé

Lectures :

* Chapitres 6, 8 et 9 Cotton

Le chapitre 6 examine les environnements utilisés pour stocker les variables que nous créons variables. En général, il n'est pas nécessaire de traiter les environnements pour s'en servir, bien qu'il s'agisse en fait d'un autre type de variable. On doit tout de même s'y intéresser pour comprendre comment modifier les endroits depuis lesquels il est possible de voir les variables et régler certains problèmes de code. En plus des multiples fonctions proposées par R, il est possible de créer les vôtres. Elles agissent comme des verbes permettant de réaliser des choses avec les données. Le chapitre passe en revue la création, l'appel et même le transfert de fonctions vers ou depuis d'autres fonctions.

On aborde dans le chapitre 8 les fonctions conditionnelles de type **if** et **else**. L'équivalent vectorisé de ces énoncés est **ifelse**. Il nécessite trois arguments. Le premier est un vecteur logique de conditions. Le second contient des valeurs qui sont renvoyées lorsque le premier vecteur est VRAI. Le troisième contient des valeurs qui sont renvoyées lorsque le premier vecteur est FAUX. Le deuxième et troisième argument peut également être des vecteurs de même longueur. Pour alléger le code, on peut utiliser la fonction **switch**. Dans une structure dite itérative, il est possible de réaliser trois types de boucles, soit avec **for**, **repeat** et **while**. Elles permettent d'exécuter des instructions de différentes façons, comme à répétition ou par blocs.

Le chapitre 9 entre dans des aspects plus avancés de la création de boucles. La fonction **apply** et ses variantes sont là pour appliquer une même fonction sur tous éléments de vecteurs, de matrices ou de listes. On montre

aussi comment régler un problème courant, soit calculer certaines statistiques sur une variable qui a été divisée en groupes (split-apply-combine). Le package `*plyr*` est aussi abordé. Il peut simplifier la syntaxe normalement utilisée avec la famille des `apply`.

* Chapitre 9 & 10 Venables

On indique dans le chapitre 9 qu'il est possible de faire plusieurs assignations à la fois pour produire de plus grandes expressions. Pour grouper des commandes, on se sert des accolades qui délimiteront les instructions à effectuer ainsi que des parenthèses qui définiront la variable et ses valeurs. On présente également dans ce chapitre certains énoncés de contrôle. Dans une structure conditionnelle, on peut commander, grâce à `*if*`, de suivre les instructions choisies seulement si la condition donnée est vraie. On revient également sur les fonctions itératives, `*for*`, `*repeat*` et `*while*`.

Dans le chapitre 10, on présente sommairement comment définir des opérateurs binaires, nommer des arguments et leurs valeurs par défauts, transférer certains paramètres d'une fonction à une autre, passer d'assignations locales et temporaires à globales et permanentes. Ensuite, on s'intéresse aux champs d'applications (`*scopes*`) et la différence entre S-Plus et R, aux classes de symboles dans le corps d'une fonction (les paramètres formels, les variables locales et les variables libres), à la personnalisation de l'environnement, aux classes, aux fonctions génériques et à l'orientation d'objets.

* Chapitre 2 Xie2

Ce chapitre aborde la syntaxe de nouvelles composantes pour l'utilisation de `*Pandoc's Markdown?*`, plus particulièrement l'insertion de codes, de figures et de tableaux, des citations ainsi que de théorèmes et d'équations mathématiques dans un `*bookdown*`. (À compléter)

DataCamp :

* Writing efficient R code

18 Serpents et échelles

Ce cours apporte astuces et solutions pour effectuer des analyses de données avec plus de rapidité. En plus de montrer comment améliorer l'efficacité de son code, il permet aussi de diagnostiquer et résoudre certains problèmes rencontrés.

Chapitres :

- **The Art of Benchmarking**
- **Fine Tuning: Efficient Base R**
- **Diagnosing Problems: Code Profiling**
- **Turbo Charged Code: Parallel Programming**

<!--n* Importing and cleaning data in R -- Case studies (plus disponible)

À travers quatre études de cas, les principaux concepts de l'importation et de la domestication des données seront revisités. Il s'agit d'un prérequis pour toute analyse.

Chapitres :

- **Ticket Sales Data**
- **MBTA Ridership Data**
- **World Food Facts**
- **School Attendance Data* -->*

<!-- * Data visualization with ggplot2 -- Part 3 (plus disponible)

Les sujets plus avancés de ce cours portent sur les géomes utilisés en mathématiques et en science, les box plots et les diagrammes de densité, les stratégies de traitement des grands ensembles de données, une variété de tracés pour des types de données spécifiques comme les cartes et quelques caractéristiques utiles des **internals** de ggplot2. Le dernier chapitre revient sur des techniques vues dans l'ensemble des cours sur la visualisation de données combinés à des techniques d'exploitation de ces données.

Chapitres :

- *Statistical plots*
- *Plots for specific data types (Part 1)*
- *Plots for specific data types (Part 2)*
- *ggplot2 Internals*
- *Data Munging and Visualization Case Study* -->

* Network Analysis in the Tidyverse (idée de remplacement)

À l'issue de ce cours, vous serez outillés pour produire des analyses de réseau en utilisant les paquets R `*dplyr*`, `*ggplot2*`, `*igraph*` et `*ggraph*` ainsi que `*visNetwork*`.

Chapitres :

- + *The hubs of the network*
- + *In its weakness lies its strength*
- + *Connection patterns*
- + *Similarity clusters*

* Correlation and Regression in R (idée de remplacement)

Ce cours présente des techniques pour l'exploration de relations bivariées entre variables. Ces relations peuvent être quantifiées grâce à la corrélation et représentées graphiquement. Finalement, la façon d'interpréter le coefficient de régression et à évaluer l'adéquation d'un modèle de régression linéaire simple.

Chapitres :

- + *Visualizing two variables*
- + *Correlation*

18 Serpents et échelles

- + *Simple linear regression*
- + *Interpreting regression models*
- + *Model fit*
- * Multiple and Logistic Regression in R (idée de remplacement)

En apprenant les techniques de régression multiple et logistique, vous acquerez les compétences nécessaires pour modéliser et prédire les résultats numériques et catégoriels à l'aide de multiples variables d'entrée. Vous apprendrez également comment ajuster, visualiser et interpréter ces modèles.

Chapitres :

- + *Parallel Slopes*
- + *Evaluating and extending parallel slopes model*
- + *Multiple Regression*
- + *Logistic Regression*
- + *Case Study: Italian restaurants in NYC*
- * Communicating with Data in the Tidyverse

Ce cours aide à mettre à profit ggplot2 pour produire des graphiques d'une grande qualité et qui sortent de l'ordinaire. Vous produirez ensuite dans RMarkdown et CSS un rapport qui présentera les résultats et les graphiques créés précédemment.

Chapitres :

- *Custom ggplot2 themes*
- *Creating a custom and unique visualization*
- *Introduction to RMarkdown*
- *Customizing your Rmarkdown report*

- Pratique :
 - * Faire un bibliographie apa
 - * Loop et fonction
 - Schnakes :
 - * La peur de partager son code
 - * Laisser le parfait être l'ennemi du bien
 - * Manquer d'empathie et de compréhension envers les nouveaux utilisateurs
 - * Douchebagisme
 - ## Conclusion
 - Pour aller encore plus loin
 - * Wickham R for Data Science
 - * Advance R Hadley2
 - * Qualitative Research Using R: A Systematic Approach Chandra
 - * Git for teams Westby
 - Voler de ses propres ailes
 - * Google is your friend (include funny meme)
 - * StackOverflow
 - * GitHub
- »»»> 0767363f696a8e4a9fac38bd0de1c9327b812608

References

- Adcock, Robert, and David Collier. 2001. “Measurement Validity: A Shared Standard for Qualitative and Quantitative Research.” *American Political Science Review* 95 (3): 529–46. <https://doi.org/10.1017/S0003055401003100>.
- Employment and Social Development Canada. 2023. “Data Scientist in Canada | Job Prospects - Job Bank.” [jobbank.gc.ca](http://www.jobbank.gc.ca/explore_career/job_market_report/outlook_occupation_report.xhtml). August 3, 2023. http://www.jobbank.gc.ca/explore_career/job_market_report/outlook_occupation_report.xhtml.
- Goldfarb, Charles F. 1996. “The Roots of SGML – A Personal Recollection.” [sgmlsource.com](http://www.sgmlsource.com/history/roots.htm). 1996. <http://www.sgmlsource.com/history/roots.htm>.
- Kabacoff, Robert. 2022. *R in Action: Data Analysis and Graphics with R and Tidyverse*. Third edition. Shelter Island, NY: Manning Publications.
- Morandat, Floréal, Brandon Hill, Leo Osvald, and Jan Vitek. 2012. “Evaluating the Design of the R Language.” In *ECOOP 2012 – Object-Oriented Programming: 26th European Conference, Beijing, China, June 11-16, 2012. Proceedings*, edited by James Noble, 7313:104–31. Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-31057-7>.
- Muenchen, Robert A. 2011. *R for SAS and SPSS Users*. 2nd ed. Statistics and Computing. New York: Springer.
- Sarkar, Deepayan. 2008. *Lattice: Multivariate Data Visualization with R*. New York, NY: Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-75969-2>.
- . 2023. “Trellis Graphics for R.” <https://cran.r-project.org/web/>

References

- packages/lattice/lattice.pdf.
- Tippmann, Sylvia. 2015. “Programming Tools: Adventures with R.” *Nature* 517 (7532): 109–10. <https://doi.org/10.1038/517109a>.
- Wickham, Hadley. 2009. *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York, NY: Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-98141-3>.
- Wickham, Hadley, Mara Averick, Jennifer Bryan, Winston Chang, Lucy McGowan, Romain François, Garrett Grolemund, et al. 2019. “Welcome to the Tidyverse.” *Journal of Open Source Software* 4 (43): 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>.
- Wickham, Hadley, Mine Çetinkaya-Rundel, and Garrett Grolemund. 2023. *R for Data Science: Import, Tidy, Transform, Visualize, and Model Data*. Second edition. Beijing: O’Reilly.