



2023-08-25

Stratégie nationale en matière de logiciels de recherche 2023

Groupe de travail sur la stratégie nationale en matière de logiciels
de recherche



Alliance de recherche
numérique du Canada

Digital Research
Alliance of Canada



Table des matières

Résumé et objectifs	5
Vision pour les LR (2025-2030)	7
Objectifs stratégiques en matière de LR (2025-2030)	7
Synthèse des recommandations en matière de LR (2025-2030)	7
Qu'est-ce qu'un logiciel de recherche?	10
Proposition de valeur pour les LR	13
Contexte des logiciels de recherche	17
Méthodes nationales et internationales de financement des LR	17
Développement des capacités	18
Innovation en matière de LR	19
Durabilité des LR	20
Initiatives de LR spécialisées	22
Renforcement de la communauté	22
Renforcement de la coordination	25
Paysage des LR au Canada	26
Financement des LR au Canada	28
Soutien aux LR au Canada	31
Plateformes de LR canadiennes	34
Application de l'ILR au Canada	39
Défis et perspectives.....	41



Coup d'œil vers l'avenir de l'écosystème des LR de 2023 à 2030.....	45
Vision.....	45
Objectifs.....	45
Recommandations	45
Capacités.....	46
Financement	46
Infrastructure	47
Données de recherche	47
Cybersécurité.....	48
Communauté	48
Événements	48
Formation et soutien	48
Coordination	49
Politiques.....	49
Gouvernance.....	50
Suivi des progrès et de l'influence des LR au Canada	51
Risques	53
Proposition pour 2023 à 2025	55
Annexe A : Évaluation des besoins de l'Alliance	56
Annexe B : Extraits des exposés de position	62
Annexe C : État actuel et souhaité	76
Annexe D : Indicateurs pour l'évaluation des plateformes de LR.....	86
Indicateurs de CANARIE.....	86
Indicateurs des NIH.....	86
Indicateurs d'ELIXIR	87
Annexe E : Examen des programmes nationaux et internationaux de financement des LR	89



Nouveaux composants et nouvelles plateformes	90
Appels à l'innovation	90
Plateformes existantes	91
Développement	91
Intégration et interopérabilité à l'échelle nationale	92
Approche thématique	92
Par domaine	92
Axée sur les difficultés	92
Appels de financement multinationaux.....	93
Recherche facilitée par l'intelligence artificielle, l'apprentissage profond et l'apprentissage machine.....	94
Communauté	94
Événements.....	94
Développement communautaire	95
Coordination	96
Accès à l'ingénierie des LR.....	96
Personnel hautement qualifié.....	97
Optique d'EDI	99
Annexe F : Lexique des sigles et abréviations.....	100



Résumé et objectifs

En février 2016, l'honorable Kirsty Duncan, ministre des Sciences, s'est concertée avec les membres du Conseil du leadership sur l'infrastructure de recherche numérique (CLIRN), à qui elle a demandé de confirmer leur intention de collaborer à la mise en place d'un écosystème d'IRN robuste afin de soutenir la recherche essentielle menée par la communauté des chercheuses et chercheurs du Canada. En novembre 2016, Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE) a octroyé du financement au CLIRN pour mettre sur pied un secrétariat chargé de la production d'exposés de position sur la gestion de données (GD), le calcul informatique de pointe (CIP) et la recommandation de possibilités de coordination de l'IRN à l'échelle nationale. Dans sa proposition à l'ISDE, le CLIRN désigne cinq éléments clés de l'IRN : « *le réseau, le calcul informatique de pointe, la gestion de données, le stockage et les logiciels de recherche avancés* ». ¹ Il y reconnaît les logiciels de recherche (LR) comme un pilier central. Parallèlement, le CLIRN admet ne pas avoir inclus les LR dans son mandat original : « [...] *si le développement et la gestion des logiciels de recherche avancés (LRA) est représentée dans toutes les options, la question de l'optimisation de la coordination et de la mise en place des LRA ne fait pas partie du mandat actuel du CLIRN.* » Par conséquent, bien que le CLIRN ait émis des exposés de position sur le calcul informatique de pointe (CIP) et la gestion des données de recherche (GDR), il n'en a pas réalisé sur les LR. ²

En 2018, le gouvernement canadien a investi 572,5 millions de dollars sur 5 ans (Budget 2018) dans l'amélioration de l'écosystème de l'IRN. ³ Cet investissement a mené à la rédaction en 2019 d'une proposition à ISDE visant à mettre sur pied une nouvelle organisation responsable de la coordination du financement et des décisions stratégiques relatives aux activités liées au CIP, à la GDR et aux LR à l'échelle nationale. ⁴ Suivant l'approbation de cette proposition, l'Alliance de recherche numérique du Canada (ou l'Alliance, précédemment la Nouvelle organisation d'infrastructure de recherche numérique ou NOIRN) a été établie en mars 2020. Entre 2020 et 2021, l'Alliance et ses parties prenantes ont mené des évaluations de l'état actuel du CIP (*Current State of Advanced Research Computing in Canada*), de la GDR (*The Current State of Research Data Management in Canada*) et des LR (*Research Software Current State Assessment*). ⁵ Ce dernier rapport était le premier exposé de position sur les LR au Canada. Il

¹ Exposé de position du CLIRN sur la coordination (non publié), soumis à ISDE en 2017.

² Exposé de position du CLIRN sur le calcul informatique de pointe (non publié), 31 août 2017; Exposé de position du CLIRN sur la gestion des données de recherche (non publié), 31 août 2017.

³ « Canada : budget de 2018 », <https://www.budget.canada.ca/2018/home-accueil-fr.html>

⁴ « Proposition du programme de contributions pour l'Infrastructure de recherche numérique », https://ised-isde.canada.ca/site/infrastructure-recherche-numerique/sites/default/files/attachments/ProgrammeContributionsIRN_Guide-du-programme.pdf

⁵ Sahrakorpi et coll., « État actuel du calcul informatique de pointe au Canada ». Zenodo, May 31, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6646762>; Khair et coll., « État actuel de la gestion des données de



visait à combler l'écart entre les LR, la GDR et le CIP. Entre 2021 et 2022, l'Alliance évolue et s'agrandit au fil d'une série d'activités de transition de ses mandats nationaux concernant la GDR, le CIP et les LR. Pour ce dernier point, le programme de LR de CANARIE et plusieurs initiatives de la FCI ont été transférés à l'Alliance, qui a pris en charge la question des LR au Canada à titre de bailleur de fonds, prestataire de services et coordonnateur national.

Le Plan stratégique 2022-2025 de l'Alliance souligne l'importance des LR :⁶

« Objectifs de l'Alliance : Aider les chercheuses et les chercheurs à adopter des pratiques exemplaires en ce qui concerne la mise au point et la gestion des logiciels de recherche nécessaires tout au long du cycle de vie des travaux de recherche en offrant des possibilités de financement ciblées, en organisant des formations, en élaborant des catalogues de services, en établissant des politiques et en favorisant le développement communautaire. L'Alliance considère que les logiciels de recherche sont des outils précieux pour obtenir des données de recherche de première classe. »

Malgré ces efforts, la demande de financement pour l'initiative de LR « Établir une communauté de logiciels de recherche durable au Canada », présentée à ISDE dans le cadre de la proposition de financement pluriannuel de l'Alliance pour la période de 2023 à 2025, a été refusée, ce qui a laissé un vide important sur le plan du développement des capacités de LR, de la communauté des LR et de la coordination des LR à l'échelle nationale.

La stratégie de l'Alliance en matière de LR pour 2025 à 2030 (la stratégie de l'Alliance sur les LR) s'appuie sur ses bases existantes ainsi que sur les points forts des programmes antérieurs, tout en visant à remédier aux lacunes engendrées par le manque de cohésion et de coordination de la stratégie nationale en matière de LR jusqu'à présent. La stratégie comporte :

- ▶ une vue d'ensemble de l'état actuel du paysage des LR au Canada et à l'international;
- ▶ un ensemble de défis et de possibilités pour la prestation de services liés aux LR par l'Alliance, en tant que bailleur de fonds, prestataire de services et coordonnateur national;
- ▶ une vision et des objectifs visant à accompagner le cycle de vie complet des LR (développement, déploiement et maintien) tout en ouvrant des perspectives de carrière

recherche au Canada ». Zenodo, November 30, 2020. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6647045>; Zhang et coll., « Évaluation de l'état actuel des logiciels de recherche ». Zenodo, September 3, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6584382>.

⁶ Alliance de recherche numérique du Canada, « Plan stratégique 2022-2025 de l'Alliance », https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/Alliance_Strategic_Plan_2022_2025_FR_SIMPLE.pdf



pour les spécialistes en logiciels de recherche (SLR) qui créent ces logiciels et en assurent le soutien technique;⁷

- ▶ des recommandations stratégiques visant à augmenter la valeur d'un écosystème d'IRN intégré en privilégiant les aspects à haute valeur des LR, en particulier à l'intersection du CIP et de la GDR.

La Stratégie sur les LR a été rédigée par le groupe de travail sur la stratégie en matière de LR, composé de : Mark Leggott (à la présidence), Girma Bitsuamlak, Susan Brown, Liseanne Cadieux, Brian Corrie, Carolyn Côté-Lussier, Fares Dhane, Félix-Antoine Fortin, Kimberley Hartley, Tamanna Moharana, Pierre-Olivier Quirion, Y.G. Rancourt, Seppo Sahrakorpi, Abdel Yousif, et Qian Zhang.

Vision pour les LR (2025-2030)

Construire un écosystème de logiciels de recherche équitable, durable et de classe mondiale au Canada en développant les capacités, la communauté et la coordination en matière de logiciels de recherche afin de fournir des outils qui englobent l'ensemble de l'écosystème de l'IRN et propulsent la recherche et l'innovation.

Objectifs stratégiques en matière de LR (2025-2030)

1. **Renforcer les capacités** du Canada pour **développer et maintenir des outils et des plateformes de LR** de classe mondiale.
2. **Construire une communauté** active de personnel hautement qualifié (**PHQ**) au Canada autour de l'**emploi** et du **développement** des LR.
3. **Se coordonner** avec les parties prenantes pour assurer la **gouvernance** de l'**écosystème** des LR et **établir** une **politique** canadienne sur les LR.

Synthèse des recommandations en matière de LR (2025-2030)

⁷ Au Canada, l'emploi du titre d'ingénieur est protégé par la loi, le terme « spécialiste en logiciels de recherche » est donc utilisé ici. La communauté de recherche internationale privilégie le terme « ingénieure en logiciels de recherche » ou « ingénieur en logiciels de recherche ».



La Stratégie sur les LR a été mise au point par le groupe de travail sur la stratégie en matière de LR (GTSLR) entre janvier et juillet 2023. Ce document s'appuie sur un large éventail de sources, dont des données issues d'organismes canadiens et internationaux, des présentations de bailleurs de fonds internationaux et de nombreux documents de référence rassemblés par l'Alliance sur les besoins des utilisateurs, des commentaires des parties prenantes, des sondages auprès des utilisateurs et des évaluations de l'état actuel.⁸

Les recommandations pour la période de 2025 à 2030 se divisent en plusieurs catégories (voir Figure 1) correspondant à chacun des objectifs prioritaires de la stratégie : renforcer les **capacités**, la **communauté** et la **coordination** en matière de LR au Canada. Nous offrons ici une description générale de ces catégories; on trouvera une description détaillée de chacune des recommandations dans ces catégories dans la section [Recommandations](#).

1. **Capacités : les capacités du Canada en matière de LR sont considérables, mais demeurent fragiles.** Leur potentiel reste important, malgré la nature ponctuelle et irrégulière du financement et de la stratégie du Canada en matière de LR à ce jour. Cette approche a toutefois contribué à la précarité de ces plateformes importantes. L'Alliance doit mettre en place des stratégies de **financement** qui assureront la pérennité des LR de classe mondiale développés par les équipes canadiennes, tout en permettant à ces dernières de continuer à innover dans ce domaine. En outre, l'Alliance doit renforcer l'**infrastructure** nationale des logiciels de LR (authentification, découverte des données, gestion du travail, sécurité et autre) afin de soutenir les chercheuses et chercheurs canadiens qui mettent au point des LR. Enfin, les capacités et le soutien à l'intersection des LR et d'autres domaines, tels que les **données de recherche** et la **cybersécurité**, doivent être renforcés pour assurer le respect des protocoles de gestion des données de recherche et de cybersécurité et l'application des pratiques exemplaires lors du développement de LR.
2. **Communauté : l'écosystème de l'IRN a besoin d'une communauté des LR solide.** Les LR jouent un rôle d'intégration clé dans les domaines cruciaux que sont la GDR et le CIP. L'Alliance doit collaborer avec les parties prenantes à l'échelle nationale afin de mettre au point un programme de **formation** sur les LR qui englobe le CIP et la GDR et fournit un **soutien** approfondi aux chercheuses et chercheurs afin de les aider à trouver et à développer des LR pour résoudre les problèmes de recherche qui peuvent survenir à tous les niveaux de l'écosystème de l'IRN. De plus, l'Alliance doit organiser, conjointement avec les parties prenantes, des **événements** axés sur la création de liens entre les communautés des LR, du CIP et de la GDR afin de lutter contre le cloisonnement et promouvoir la communication entre les différents domaines de l'écosystème de l'IRN. La création de réseaux de toutes formes devrait être une priorité pour favoriser l'équité, la diversité, l'inclusion et l'accessibilité (EDIA).

⁸ <https://alliancecan.ca/fr/initiatives/evaluation-des-besoins-de-linfrastructure-de-recherche-numerique-au-canada>; <https://alliancecan.ca/fr/initiatives/soumissions-exposes-de-position>; <https://alliancecan.ca/fr/nouveautes/nouvelles/quel-est-votre-point-de-vue-au-sujet-des-logiciels-de-recherche-repondez-notre-sondage-dici-le-2>; <https://alliancecan.ca/fr/initiatives/evaluations-de-letat-actuel>



3. **Coordination : la politique et la gouvernance du Canada en matière de LR sont encore peu développées et requièrent une coordination entre toutes les parties prenantes afin d’aboutir à un résultat durable.** L’Alliance doit impérativement collaborer avec les acteurs de l’IRN au Canada et dans le monde afin de mettre au point et d’appliquer une **politique** et des **modèles de gouvernance** qui propulseront les LR à la pointe de la recherche au Canada. L’Alliance doit travailler avec les parties prenantes au Canada (institutions gouvernementales, organisations provinciales, bailleurs de fonds, communauté de recherche) et à l’international (Research Software Alliance ou ReSA, bailleurs de fonds internationaux, organismes internationaux axés sur les LR) afin de renforcer le PHQ canadien dans le domaine des LR, de s’assurer que les politiques des parties prenantes tiennent compte des LR et les appuient, et de faciliter la mise en place de politiques et de modèles de gouvernance qui placent les LR au cœur de l’écosystème de l’IRN nationale et internationale.

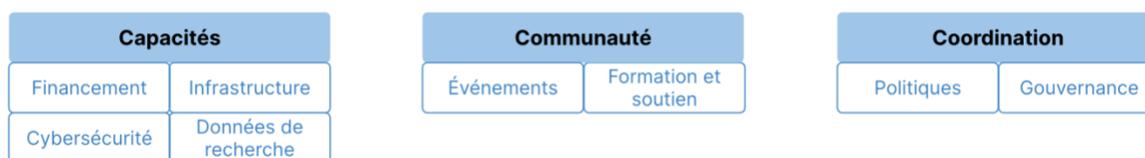


Figure 1. Catégories de recommandations, classées en fonction des trois grands domaines à renforcer : les capacités, la communauté et la coordination des LR.



Qu'est-ce qu'un logiciel de recherche?

Les principes FAIR4RS conçoivent les LR comme une catégorie d'objets numériques et cherchent à élargir la définition des principes FAIR en matière de données de recherche afin d'y inclure des aspects propres aux LR qui sont indispensables pour rendre ces derniers (et non seulement les données de recherche) faciles à trouver, accessibles, interopérables et réutilisables (FAIR).⁹ Les principes FAIR4RS définissent les LR comme « *des fichiers de code source, des algorithmes, des scripts, des processus informatiques et des éléments exécutables créés au cours du processus de recherche ou aux fins de recherche. Les composants logiciels (systèmes d'exploitation, bibliothèques de données, dépendances, ensembles de données, scripts, etc.) utilisés dans le cadre de la recherche, mais qui n'ont pas été créés pendant la recherche ou à des fins de recherche clairement établies doivent être considérés comme des logiciels utilisés en recherche et non des logiciels de recherche. Cette distinction est susceptible de varier d'une discipline à l'autre.* »

Bien que cette définition soit simple, elle peut se prêter à une interprétation plus large. L'écosystème de l'IRN dans lequel les LR sont utilisés est complexe et comporte plusieurs dimensions. Les LR sont essentiels à la grande majorité de la recherche moderne; ils varient considérablement entre les disciplines; leur succès repose sur une communauté diverse de développeuses et développeurs; les LR jouent un rôle crucial dans l'accès aux données de recherche et leur gestion (GDR); enfin, le développement des LR est indispensable aux progrès de la recherche sur les plateformes de CIP. La définition ci-dessus des principes FAIR4RS provient de l'article judicieusement intitulé *Defining Research Software: a controversial discussion* (La définition des logiciels de recherche : une question polémique).¹⁰ On y trouve également la phrase suivante : « *Pour parvenir à la reproductibilité des résultats informatiques, il faut au moins que tous les éléments informatiques (logiciels de recherche, logiciels utilisés en recherche, documents de référence et matériel informatique) utilisés dans le cadre de la recherche soient indiqués, décrits et rendus accessibles dans la mesure du possible.* » La distinction entre un LR et un « logiciel utilisé en recherche » est difficile à cerner et varie souvent en fonction de la maturité du logiciel en question. Par exemple, le langage de programmation R a originalement été conçu en tant que projet de LR.¹¹ Aujourd'hui il est plutôt

⁹ Barker et coll., "Introducing the FAIR Principles for research software", *Sci Data* 9, 622 (2022), <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01710-x>; Wilkinson et coll., "The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship", *Sci Data* 3, 160018 (2016), <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>

¹⁰ Gruenpeter et coll., "Defining Research Software: A Controversial Discussion". Zenodo, September 13, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5504016>.

¹¹ Ihaka et coll., "R: A Language for Data Analysis and Graphics", *Journal of Computational and Graphical Statistics* (1966) 5 (3): 299–314, <https://doi.org/10.1080/10618600.1996.10474713>; The R Project for Statistical Computing, <https://www.r-project.org/>



considéré comme un « logiciel utilisé en recherche », car il s'agit d'un outil abouti et durable à source libre employé par de nombreux chercheurs et chercheuses pour l'analyse de données. Dans le cadre de la présente stratégie, notre définition des LR regroupe ces deux catégories de logiciels : en effet, tels qu'ils sont définis ci-dessus, les LR tout comme les « logiciels utilisés en recherche » jouent un rôle crucial dans l'écosystème d'IRN et requièrent une approche stratégique de soutien et de développement.

Comme nous avons pu le voir plus haut, les LR ont de multiples fonctions en recherche. Par conséquent, l'*Évaluation de l'état actuel des logiciels de recherche* rédigée par l'Alliance définit deux types de LR : ¹²

- ▶ Outils : Au sens large, le terme « LR » peut inclure des logiciels, des langages, des bibliothèques, des scripts, des codes de calcul, des modèles, des cahiers de laboratoire électroniques, des logiciels de dépôt, des outils de gestion du travail et autres ressources conçues pour favoriser la recherche ou en faciliter les processus, qui peuvent eux-mêmes être inclus dans les LR. Les outils de LR peuvent être regroupés et partagés en tant que codes sources, éléments exécutables, conteneurs, services, etc.
- ▶ Plateformes : Dans le cas des infrastructures de recherche, les LR désignent souvent des plateformes ou services (communément appelés laboratoires virtuels, environnements de recherche virtuels, ERV ou encore passerelles scientifiques) qui hébergent un ensemble de codes sources de LR, tels que des infrastructures logicielles complexes, des outils propres à certaines disciplines, des services et du code de liaison. ¹³ Ces plateformes et services sont déployés afin d'appuyer le déroulement de la recherche et de soutenir les communautés de pratique participant à la recherche collaborative (Syzygy, CSÉC).¹⁴ En règle générale, les plateformes de LR couvrent l'ensemble des piliers du CIP, de la GDR et de l'IRN et peuvent offrir une ou plusieurs des fonctionnalités suivantes, voire toutes : acquisition et gestion de données, traitement et visualisation, stockage et conservation, partage et découverte (p. ex. Dépôt fédéré de données de recherche, ou DFDR)¹⁵. Les plateformes de LR peuvent être conçues pour des disciplines précises et peuvent favoriser ou renforcer la collaboration scientifique et la communication entre les membres de la communauté de recherche en facilitant également les initiatives de science citoyenne.

¹² Zhang et coll., « Évaluation de l'état actuel des logiciels de recherche ». Zenodo, September 3, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6584382>.

¹³ Barker et coll., "The global impact of science gateways, virtual research environments and virtual laboratories", *Future Generation Computer Systems* 95 (2019): 240-248, <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.12.026>

¹⁴ <https://syzygy.ca/accueil>; <https://cwrc.ca/fr>

¹⁵ <https://www.frdr-dfdr.ca/repo/?locale=fr>



Pour une description plus détaillée des LR, consulter le rapport de l'Alliance sur l'état actuel des LR.¹⁶

¹⁶ Zhang et coll., « Évaluation de l'état actuel des logiciels de recherche ». Zenodo, September 3, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6584382>.



Proposition de valeur pour les LR

Il est admis à l'échelle internationale que les logiciels de recherche constituent un pilier essentiel du savoir accessible et de l'écosystème de l'IRN.¹⁷ La Feuille de route canadienne pour la science ouverte définit cette notion comme « *la pratique qui consiste à rendre les intrants, les résultats et les processus scientifiques librement accessibles à tous avec un minimum de restrictions* ». ¹⁸ L'UNESCO propose en 2021 une définition large et inclusive des connaissances scientifiques ouvertes : « *Les connaissances scientifiques ouvertes désignent le libre accès aux publications scientifiques, aux données de recherche, aux métadonnées, aux ressources éducatives libres, aux logiciels, et aux codes sources et aux matériels relevant du domaine public [...]* » ¹⁹

Les LR sont universellement utilisés en recherche, et les LR fondamentaux, tels que Matplotlib, NumPy ou Pandas, sont essentiels pour faire avancer la science.²⁰ Les établissements universitaires et les organismes de recherche doivent absolument assurer la gestion des logiciels de recherche afin d'améliorer leur productivité, leurs collaborations et leur contribution à la science. Selon une étude récente menée par des chercheuses et chercheurs des universités du Russell Group, un réseau de 24 universités britanniques pratiquant activement la recherche, 92 % des chercheuses et chercheurs utilisent des logiciels dans le cadre de leurs recherches, et 70 % précisent qu'il leur serait difficile de travailler sans logiciels.²¹ Parmi les personnes interrogées, 56 % affirment avoir développé leur propre logiciel. On retrouve des résultats similaires dans une étude récente menée aux États-Unis : 95 % des personnes ayant participé ont déclaré utiliser des logiciels et 63 % affirment ne pas pouvoir mener leurs

¹⁷ Dans ce document, nous privilégions le terme « savoir accessible » plutôt que « science ouverte » afin d'inclure les sciences humaines. Nous utilisons exceptionnellement « science ouverte » lorsque le terme est présent dans un titre, une citation ou une paraphrase. Selon Tenant et coll., « le terme "science ouverte" semble implicitement se limiter aux disciplines dites "scientifiques", tandis que le terme "savoir accessible" inclurait la recherche en art et en sciences humaines » (*A tale of two 'opens': intersections between Free and Open Source Software and Open Scholarship*, <https://doi.org/10.31235/osf.io/2kxq8>).

¹⁸ <https://science.gc.ca/site/science/fr/bureau-conseillere-scientifique-chef/science-ouverte>

¹⁹ <https://fr.unesco.org/node/319809>, section II.7.d.

²⁰ Hunter et coll., "Matplotlib: A 2D Graphics Environment", *Computing in science & engineering* 9, no. 03 (2007): 90-95, <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>; Harris et coll., "Array programming with NumPy", *Nature* 585, no. 7825 (2020): 357-362, <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>; The pandas development team. "Pandas-dev/pandas: Pandas", Zenodo, October 26, 2023. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10045529>; Knowles et coll., "We need to talk about the lack of investment in digital research infrastructure", *Nature Computational Science* 1, no. 3 (2021): 169-171, <https://doi.org/10.1038/s43588-021-00048-5>

²¹ <https://www.software.ac.uk/blog/2014-12-04-its-impossible-conduct-research-without-software-say-7-out-10-uk-researchers>, <https://zenodo.org/record/1183562>



recherches sans logiciels.²² Le rapport sur l'évaluation des besoins de l'Alliance fait état de résultats semblables, avec d'importantes disparités entre les différents domaines de recherche : « En SG [sciences du génie], 80,2 % des répondant(e)s écrivent le code/le logiciel, 67,3 % testent le code/le logiciel, [...] [Toutefois,] ces activités sont beaucoup moins courantes tant en SSH [sciences sociales et humaines] (respectivement 35,5 %; 24,4 %; 24,8 %; 10,6 %) qu'en RS [recherche en santé] (respectivement 55 %; 39,1 %; 40 %; 29,5 %). »²³ Par ailleurs, les résultats du sondage de l'Alliance sur les LR indiquent que 91 % des personnes interrogées estiment que les LR sont indispensables pour leurs recherches, et 50 % d'entre elles considèrent les logiciels comme un des produits principaux de leur travail.²⁴ Malgré leur omniprésence, les logiciels de recherche sont généralement perçus comme des produits secondaires du travail de recherche,²⁵ ce qui rend difficile de les citer, de mesurer leurs retombées et d'assurer la reproductibilité des résultats de la recherche.

La communauté internationale de recherche a conçu des milliers de logiciels et d'applications : certains ont depuis évolué et font partie intégrante du processus de travail de nombreux chercheurs et chercheuses, tandis que d'autres ne sont plus accessibles.²⁶ Le sondage de l'Alliance sur les LR révèle que 94 % des chercheuses et chercheurs estiment que la longévité des logiciels est importante, en particulier pour faciliter la réutilisation des données et la reproductibilité des résultats, pour promouvoir les principes du savoir accessible et pour renforcer la communauté de recherche. Il est essentiel d'adopter une approche équilibrée en matière de financement pour garantir le succès des logiciels de recherche sur deux plans : d'une part, la stimulation de l'innovation qui permet de propulser la recherche de l'avant; d'autre part, la pérennité des outils indispensables aux chercheuses et chercheurs.

La création et le maintien d'une communauté solide autour des LR dans l'écosystème de l'IRN sont un défi avéré. Des organisations internationales telles que la Research Software Alliance (ReSA) ont rassemblé des groupes de bailleurs de fonds comme le Research Software Funders Forum pour tenter de remédier au problème.²⁷ Le Funders Forum regroupe à la fois les organisations qui désirent soutenir les logiciels de recherche et les personnes qui les développent. Récemment, en novembre 2022, le premier atelier international des bailleurs de

²² Nangia et coll., "Track 1 Paper: Surveying the U.S. National Postdoctoral Association Regarding Software Use and Training in Research", In *Workshop on Sustainable Software for Science: Practice and Experiences (WSSSPE 5.1)*. 2017, <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5328442.v3>

²³ https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/EvaluationBesoins_Alliance_20220126.pdf

²⁴ Corrie et coll., "Alliance Researcher Council Research Software Survey Report", Zenodo, 2023, <https://doi.org/10.5281/zenodo.8280449>.

²⁵ Istrate et coll., "A large dataset of software mentions in the biomedical literature", *arXiv preprint arXiv:2209.00693* (2022), <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.00693>.

²⁶ Knowles et coll., "We need to talk about the lack of investment in digital research infrastructure", *Nature Computational Science* 1, no. 3 (2021): 169-171, <https://doi.org/10.1038/s43588-021-00048-5>.

²⁷ <https://www.researchsoft.org/funders-forum/>



fonds dans le domaine des LR a abouti à la déclaration d'Amsterdam, qui a pour but de stimuler le dialogue sur le financement durable et adéquat des logiciels de recherche à la source, auprès des bailleurs de fonds.²⁸ Les recommandations émises dans la déclaration ont grandement inspiré la présente stratégie. De même, la Global Biodata Coalition est « [...] *un forum destiné aux bailleurs de fonds de projets de recherche visant à mieux coordonner et mettre en commun des méthodes pour la gestion efficace et la croissance des ressources de données biologiques dans le monde entier* » dans le but de « [...] *stabiliser et pérenniser le soutien financier apporté à l'infrastructure mondiale des données biologiques* ». La Coalition œuvre à l'établissement « [...] *d'un ensemble de ressources centrées sur les données biologiques essentielles pour le maintien de l'infrastructure des données biologiques au sens large.* »²⁹ Le développement et le maintien d'une communauté prospère autour des LR représentent un enjeu mondial.

Afin de déterminer la meilleure façon de promouvoir les LR, la ReSA recense trois grands aspects : l'infrastructure, les personnes qui la créent et l'utilisent et les politiques qui la régissent et la soutiennent. Ces trois facteurs jouent tous un rôle essentiel dans l'écosystème des LR, mais sans véritable soutien au PHQ, les logiciels se détérioreront et cesseront d'offrir aux chercheuses et chercheurs les fonctionnalités nécessaires à leur travail. La feuille de route de 2020 en matière de R et D du gouvernement britannique énonce ce qui suit :³⁰

« Nous faisons face à un certain nombre de défis. Les carrières en recherche et développement n'ont pas l'attrait escompté en raison des salaires peu élevés et de la nécessité de lutter pour des sources de financement à court terme dans un environnement hautement compétitif. Le parcours professionnel de nombreux techniciens et techniciennes, des jeunes diplômés et diplômées, des chercheurs et chercheuses en début de carrière et des personnes qui réintègrent le domaine de la recherche après une interruption manque de clarté. Nous ne leur offrons pas suffisamment de soutien pour que ces personnes puissent naviguer entre le monde universitaire, les secteurs privé et public et les structures caritatives, ou évoluer de manière créative entre la recherche et le développement. Les chercheuses et chercheurs et entrepreneuses et entrepreneurs venus de l'étranger et souhaitant travailler ici se heurtent à des obstacles et des freins financiers. Il est également essentiel de créer une culture adéquate. »

Comme l'ont constaté plusieurs organisations nationales, dont l'Australian Research Data Commons (ARDC), la réussite d'un écosystème de logiciels de recherche nécessite la mise en place d'un programme national qui considère les logiciels de recherche comme « [...] des

²⁸ Research Software Alliance. "Amsterdam Declaration on Funding Research Software Sustainability", Zenodo, August 1, 2023. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8325436> (voir également : also <https://www.future-of-research-software.org/>; <https://adore.software/>).

²⁹ <https://globalbiodata.org/>

³⁰

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/89679/9/UK_Research_and_Development_Roadmap.pdf



produits de recherche de première classe ». ³¹ Cette position s'inscrit dans la même lignée que celle du Plan stratégique de l'Alliance en matière de LR : ³²

« Objectifs de l'Alliance : Aider les chercheuses et les chercheurs à adopter des pratiques exemplaires en ce qui concerne la mise au point et la gestion des logiciels de recherche nécessaires tout au long du cycle de vie des travaux de recherche en offrant des possibilités de financement ciblées, en organisant des formations, en élaborant des catalogues de services, en établissant des politiques et en favorisant le développement communautaire. L'Alliance considère que les logiciels de recherche sont des outils précieux pour obtenir des données de recherche de première classe. »

³¹ Australian Research Data Commons, "A National Agenda for Research Software", Zenodo, March 28, 2022, <https://zenodo.org/record/6378082>

³² Alliance de recherche numérique du Canada, « *Plan stratégique 2022-2025 de l'Alliance* », https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/Alliance_Strategic_Plan_2022_2025_FR_SIMPLE.pdf.



Contexte des logiciels de recherche

Méthodes nationales et internationales de financement des LR

Globalement, on emploie deux types de financement pour les LR. En voici la définition et les principales caractéristiques selon la ReSA :³³

1. **Catégorie A – Financement dans le cadre d’un projet de recherche en tant que sous-produit de la recherche** : La majeure partie du financement des logiciels de recherche provient de cette catégorie, bien qu’il soit difficile d’en vérifier les chiffres concrets. Des études ont révélé qu’entre 1995 et 2016, 18 952 bourses d’une valeur totale de 9,6 milliards de dollars (soit environ 20 % du budget de la NSF consacré à la recherche) ont été accordées à des projets dont le résumé mentionne des logiciels.³⁴ D’autres études ont relevé que plus de 90 % des chercheurs et chercheuses utilisent les LR, qu’environ 70 % ne pourraient effectuer leurs recherches sans LR, et que 56 % des projets de recherche produisent de nouveaux éléments de code.³⁵ Malheureusement, puisque ces logiciels sont souvent des « sous-produits » d’une recherche plus générale, ils ne sont généralement pas mentionnés comme des produits de la recherche dans les demandes de financement ou les résultats des projets dont ils sont issus.
2. **Catégorie B – Financement reposant sur le développement intentionnel de produits logiciels destinés à être utilisés dans le cadre d’un ou plusieurs projets de recherche** : Certains bailleurs de fonds offrent, dans le cadre d’appels de financement, un financement direct aux logiciels de recherche qui constituent le principal produit d’un projet de recherche. Ces cas sont difficiles à recenser, car ils sont souvent associés à des appels de financement sur la « cyberinfrastructure », la « science ouverte » ou des domaines de spécialité spécifiques (p. ex. répertoires de données sur la COVID-19).

³³ Barker et coll., “Overview of Research Software Funding Landscape”. Zenodo, February 24, 2022, <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6102487>.

³⁴ Katz, “Towards Sustainable Research Software”. December 1, 2021, <https://doi.org/10.5281/zenodo.5748175>.

³⁵ <https://www.software.ac.uk/blog/2014-12-04-its-impossible-conduct-research-without-software-say-7-out-10-uk-researchers>; Hettrick, “Softwaresaved/software_in_research_survey_2014: Software in Research Survey”, Zenodo, February 23, 2018, <https://zenodo.org/record/1183562>; Nangia et coll., “Track 1 Paper: Surveying the U.S. National Postdoctoral Association Regarding Software Use and Training in Research”, In *Workshop on Sustainable Software for Science: Practice and Experiences (WSSSPE 5.1)*. 2017, <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5328442.v3>.



Le financement de la recherche peine également à trouver le juste équilibre entre la **stimulation de l'innovation** qui permet de propulser la recherche de l'avant et la **pérennité des outils indispensables aux chercheuses et chercheurs**.³⁶ C'est pourquoi les appels de financement sont souvent axés sur l'un ou l'autre de ces deux aspects. Enfin, les programmes de financement ont parfois pour objectif de favoriser le développement et le maintien de la communauté des LR (plutôt que des LR en eux-mêmes), y compris la formation cruciale d'un PHQ en matière de LR qui occupe une place centrale dans la communauté.

Pour une liste exhaustive des programmes de financement internationaux étudiés dans le cadre de la rédaction du présent rapport et résumés ci-dessous, consulter l'[Annexe E](#).

Développement des capacités

Il est extrêmement difficile de déterminer le nombre exact de LR financés par des programmes de la catégorie A décrite ci-dessus. Ces programmes sont souvent axés sur la science, et nous savons que celle-ci passe fréquemment par la création de nouveaux logiciels. Puisque les LR ne sont pas l'objet principal du financement, la création de LR est rarement présentée comme produit de la recherche. Grâce à des initiatives telles que les principes FAIR4RS et la mise en place de mécanismes simples permettant la publication de différentes versions de logiciels dans des dépôts GitHub et l'acquisition d'identificateurs d'objet numérique (DOI) pour celles-ci, nous pouvons nous attendre à ce que la situation évolue avec le temps.³⁷ Malgré ces démarches, la quantification de ce type de financement reste difficile à ce jour. De nombreux efforts ont été déployés pour remédier à la situation³⁸, mais le problème persiste. Selon le budget et les rapports sur les dépenses du CRSNG, le Conseil a investi 5 milliards de dollars dans le financement de projets de recherche entre 2016 et 2021³⁹. En nous basant sur les 20 % mentionnés dans l'analyse du financement de la NSF plus tôt, nous pouvons spéculer que des 5 milliards de dollars investis dans la recherche par le CRSNG, plus de 1 milliard a été consacré

³⁶ Knowles et coll., "We need to talk about the lack of investment in digital research infrastructure", *Nature Computational Science* 1, no. 3 (2021): 169-171, <https://doi.org/10.1038/s43588-021-00048-5>.

³⁷ Barker et coll., "Introducing the FAIR Principles for research software", *Sci Data* 9, 622 (2022), <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01710-x>; <https://docs.github.com/fr/repositories/archiving-a-github-repository/referencing-and-citing-content>

³⁸ Katz, "Towards Sustainable Research Software". December 1, 2021, <https://doi.org/10.5281/zenodo.5748175>; Istrate et coll., "A large dataset of software mentions in the biomedical literature", *arXiv preprint arXiv:2209.00693* (2022), <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.00693>.

³⁹ CRSNG : 2022-2023 Plan ministériel, https://www.nserc-crsng.gc.ca/NSERC-CRSNG/Reports-Rapports/DP/2022-2023/index_fra.asp; CRSNG : Rapport sur les résultats ministériels 2018-2019, https://www.nserc-crsng.gc.ca/NSERC-CRSNG/Reports-Rapports/drr/2018-2019/index_fra.asp#s5.1; CRSNG : Rapport sur les résultats ministériels 2021-2022, https://www.nserc-crsng.gc.ca/NSERC-CRSNG/Reports-Rapports/DRR/2021-2022/index_fra.asp#s5.1



au développement de logiciels. Bien que cette estimation ne soit pas négligeable, comme à l'international, il est extrêmement difficile de déterminer le montant exact de ces investissements au Canada. Nous nous en tiendrons donc aux programmes de financement direct des LR (catégorie B) afin d'explorer le paysage du financement des LR à l'échelle mondiale. Nous tenons également à établir une distinction entre le financement axé sur l'innovation et celui axé sur la durabilité, avec une section entièrement consacrée au financement spécialisé.

Innovation en matière de LR

La plupart des pays disposent de programmes de financement destinés à l'innovation en matière de LR, que ce soit sous forme d'appels individuels ou d'initiatives à grande échelle. Par exemple, le programme *Big Data to Knowledge (BD2K) Common Fund* des NIH avait pour but de soutenir « [...] *la recherche et le développement de méthodes et d'outils innovants afin d'optimiser et d'accélérer l'utilisation des mégadonnées et de la science des données dans le domaine de la recherche biomédicale.* »⁴⁰ Ce programme, qui a duré de 2013 à 2018 et a financé des centaines de projets, a permis la création de plus de 200 LR. Voici un aperçu des programmes de financement nationaux plus ou moins récents consacrés à l'innovation en matière de LR, selon la ReSA (*Overview of research software funding landscape*) :⁴¹

1. Australian Research Data Commons (ARDC) : Programme de co-investissement pour les plateformes;⁴²
2. Conseil néerlandais de la recherche (NWO) : Fonds pour la science ouverte;⁴³
3. Commission européenne : Programme d'Horizon Europe pour les infrastructures de recherche;⁴⁴
4. Netherlands eScience Center (NLLeSC) : Programme d'e-science ouverte;⁴⁵
5. Nordic e-Infrastructure Collaboration (NeIC) : Collaboration pour l'e-infrastructure;⁴⁶
6. SAGE Publishing : Subventions de projets embryonnaires;⁴⁷

⁴⁰ <https://commonfund.nih.gov/bd2k>

⁴¹ Barker et coll., "Overview of Research Software Funding Landscape". Zenodo, February 24, 2022, <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6102487>.

⁴² <https://ardc.edu.au/collaborations/strategic-activities/platforms/>

⁴³ <https://www.nwo.nl/en/calls/open-science-os-fund-2020/2021>

⁴⁴ https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/research-infrastructures_en

⁴⁵ <https://www.esciencecenter.nl/news/the-netherlands-escience-center-presents-new-calls-for-proposals-2021/>

⁴⁶ <https://neic.no/news/2021/01/14/open-call/>

⁴⁷ <https://group.sagepub.com/blog/sage-concept-grants-2022-applications-open>



7. UK Research and Innovation (UKRI) : Technologies de recherche novatrices;⁴⁸
8. NSF (États-Unis) : *Cyberinfrastructure for Sustained Scientific Innovation (CSSI)*;⁴⁹
9. US National Institutes of Health (NIH): Outils logiciels pour la science ouverte;⁵⁰
10. Wellcome Trust : Données pour la science et la santé.⁵¹

Au Canada, il y a eu deux grands programmes de financement pour les LR. Le programme de CANARIE dédié aux LR a financé l'innovation en matière de LR de 2007 à 2022, bien avant que le développement de logiciels de recherche et les défis qui y sont associés ne soient reconnus sur la scène internationale. De nombreuses plateformes développées dans le cadre de ce programme d'innovation fructueux figurent dans le répertoire des plateformes de LR de l'Alliance et font l'objet d'un examen plus approfondi dans la section du présent document portant sur les [plateformes de LR canadiennes](#).⁵² L'appel lancé dans le cadre du premier défi de l'Initiative sur la cyberinfrastructure de la Fondation canadienne pour l'innovation (2016 et 2018) a également grandement contribué au financement direct des plateformes de LR.⁵³ Ces deux programmes ont été suspendus à la suite du transfert à l'Alliance du mandat relatif aux LR canadiens.

Durabilité des LR

La plupart des pays peinent à trouver le juste équilibre entre financer l'innovation en matière de LR et financer la durabilité de ces logiciels. Celle-ci devient un enjeu crucial à mesure que la recherche repose de plus en plus sur les LR. Knowles et coll. soulignent :⁵⁴

« [...] un des principaux enjeux est la façon dont nous évaluons les demandes de financement pour la maintenance des logiciels de recherche existants, et pas seulement pour les nouveaux projets. En effet, en raison de leurs ressources limitées, les bailleurs de fonds devront prendre des décisions difficiles. Nous devons nous assurer qu'il s'agit des bonnes décisions. »

⁴⁸ <https://www.ukri.org/opportunity/trdf-transformative-research-technologies/>

⁴⁹ <https://beta.nsf.gov/funding/opportunities/cyberinfrastructure-sustained-scientific-innovation-cssi>

⁵⁰ <https://datascience.nih.gov/news/nih-awards-28-supplements-advance-software-tools-open-science>

⁵¹ <https://wellcome.org/what-we-do/our-work/data-science-and-health-trustworthy-data-science>

⁵² <https://research-software-directory.org/organisations/digital-research-alliance-of-canada>

⁵³ <https://www.innovation.ca/fr/appeel-gestion/concours-anterieurs/initiative-cyberinfrastructure-2015-2017>

⁵⁴ Knowles et coll., "We need to talk about the lack of investment in digital research infrastructure", *Nature Computational Science* 1, no. 3 (2021): 169-171, <https://doi.org/10.1038/s43588-021-00048-5>.



Nous nous référons à nouveau à l'excellent sondage de la ReSA sur l'état actuel du financement des LR pour dresser une liste certes brève, mais croissante, des bailleurs de fonds qui tentent de résoudre ce problème épineux :

1. L'initiative Chan Zuckerberg (ICZ) : Logiciels ouverts essentiels pour la science;⁵⁵
2. La Fondation allemande pour la recherche (DFG) : Durabilité des logiciels de recherche;⁵⁶
3. Le Netherland eScience Centre : Appel de propositions pour des logiciels durables;⁵⁷
4. UKRI : Logiciels pour la communauté de recherche;⁵⁸
5. La NSF (États-Unis) : Transition de la CSSI vers la durabilité;⁵⁹
6. La NASA (États-Unis) : Soutien aux outils, structures et bibliothèques en code source ouvert;⁶⁰
7. Le DOE (États-Unis) : Initiation de partenariats pour la durabilité des logiciels.⁶¹

Au Canada, CANARIE a financé de nombreuses initiatives de développement visant spécifiquement à élargir l'usage ou la base d'utilisateurs de plateformes de LR existantes. Ces programmes contribuent à la longévité des logiciels en finançant le développement continu des plateformes existantes, mais ne résolvent pas le problème de la durabilité à long terme. CANARIE a également financé des plateformes de GDR afin d'accroître leur interopérabilité et d'améliorer leur conformité aux principes FAIR et aux normes internationales. Le financement du premier défi de l'Initiative sur la cyberinfrastructure de la FCI a servi à mettre en place des fonds d'exploitation des infrastructures (FEI) qui pourraient être utilisés pour maintenir une plateforme après son développement initial. Il est important de noter qu'en considérant les plateformes de LR comme des infrastructures de recherche, le modèle d'exploitation des infrastructures typiquement utilisé par la FCI pour le matériel et les installations a été le premier programme de financement au Canada à reconnaître le besoin de soutien opérationnel des plateformes de logiciels après le développement initial.

⁵⁵ <https://chanzuckerberg.com/eoss/>

⁵⁶

https://www.dfg.de/en/research_funding/programmes/infrastructure/lis/funding_opportunities/call_proposal_software/

⁵⁷ <https://www.esciencecenter.nl/calls-for-proposals/call-for-sustainable-software-2023-ss-2023/>

⁵⁸ <https://www.ukri.org/opportunity/software-for-research-communities/>

⁵⁹ <https://beta.nsf.gov/funding/opportunities/cyberinfrastructure-sustained-scientific-innovation-cssi>

⁶⁰ <https://nspires.nasaprs.com/external/solicitations/summary!init.do?sollid=%7B958CF134-D655-E512-B5AD-84501D14A0C1%7D&path=open>

⁶¹ <https://www.hpcwire.com/off-the-wire/doe-ascr-selects-seed-collaborations-for-software-sustainability/>



Initiatives de LR spécialisées

Les appels de financement de recherche spécialisés peuvent aussi bien être axés sur l'innovation que sur la durabilité, mais ils constituent une catégorie à part entière en raison de la spécificité des problèmes qu'ils cherchent à résoudre. Ce type d'appels peut concerner des domaines précis, comme les sciences de la santé (p. ex. appel de projets de l'ICZ sur les données relatives à la biologie unicellulaire)⁶², ou encore viser des domaines précis dans des régions données (p. ex. IRSC/UE H2020 – collaboration phare Canada-Commission européenne pour le stockage, l'intégration et la mise en commun de données humaines)⁶³. Ils peuvent aussi être axés sur des principes FAIR précis dans certains pays (p. ex. appel à projets sur les données et logiciels de la recherche ouverts et réutilisables de l'ERA-NET CHIST-ERA)⁶⁴ ou domaines (p. ex. appel à projets du DOE sur les données FAIR pour l'avancée de l'intelligence artificielle dans le domaine scientifique)⁶⁵.

Renforcement de la communauté

Les initiatives de financement communautaire visent à renforcer la communauté de recherche. Il s'agit souvent de programmes organisés autour d'événements qui rassemblent les membres de cette communauté, comme des ateliers, des conférences ou des initiatives de développement direct de communautés de LR à l'échelle régionale.

Au Canada, le seul de ces événements consacré aux LR est le Colloque canadien sur les logiciels de recherche ou CCLR (originellement appelé Atelier canadien sur les logiciels de recherche) de CANARIE⁶⁶. Ces ateliers étaient parrainés et organisés par CANARIE et les projets subventionnés par CANARIE bénéficiaient de fonds supplémentaires pour que les membres de leur équipe puissent participer à l'événement. En plus de ce parrainage, CANARIE contribuait financièrement de manière directe au renforcement de la communauté grâce aux appels de financement de Soutien local aux logiciels de recherche (SLRL). Ce programme de

⁶² <https://chan Zuckerberg.com/rfa/single-cell-data-insights/>

⁶³ https://cordis.europa.eu/programme/id/H2020_SC1-BHC-05-2018

⁶⁴ <https://www.chistera.eu/call-ord-announcement>

⁶⁵ <https://www.energy.gov/articles/departement-energy-announces-85-million-fair-data-advance-artificial-intelligence-science>

⁶⁶ <https://www.canarie.ca/fr/event/cclr-2022/>



financement offert aux établissements locaux des subventions sur une durée de 2 à 3 ans pour la formation d'équipes de soutien aux LR.⁶⁷

Par le passé, la Fédération Calcul Canada (la Fédération) a été l'organisatrice des rencontres des experts techniques de Calcul Canada (TECC), des événements internes permettant aux membres et aux partenaires de la Fédération de se réunir pour discuter des stratégies et défis nationaux relatifs au CIP. Cet événement a été remplacé par la rencontre sur l'IRN de l'Alliance,⁶⁸ un autre événement privé qui n'est pas ouvert à la communauté générale.

CANHEIT est la conférence nationale des spécialistes des TI en milieu universitaire.⁶⁹ Des éléments liés au CIP et à la GDR sont parfois intégrés au programme, mais on y aborde rarement la question des LR. Dans certains cas, les rencontres TECC et CANHEIT ont lieu conjointement;⁷⁰ ces événements doubles ont tendance à accorder davantage d'importance aux programmes de GDR/CIP/LR.⁷¹ Bien que l'événement ne soit plus organisé aujourd'hui, le Canadian International High Performance Computing Symposium (HPCS), qui s'est déroulé de la fin des années 1980 à 2017, était le principal forum canadien pour la présentation des recherches sur le CIP et le développement des LR nécessaires pour tirer parti des technologies de CIP.⁷² Enfin, il existe plusieurs événements canadiens organisés par des communautés spécifiques à l'échelle locale, comme les marathons de programmation HackSeq et Access.⁷³ À l'heure actuelle, il n'existe pas d'événements nationaux consacrés à la communauté des LR au Canada.

Ici comme à l'international, nous pouvons observer un certain nombre de modèles semblables visant à renforcer les communautés des LR. Beaucoup de pays ont soit financé des sociétés centrées sur les LR, soit les ont vues se former à l'échelle locale. Formée en 2013 au Royaume-Uni sous le nom de UK RSE Association, la Society of Research Software Engineers (SocRSE) compte aujourd'hui des sections à l'échelle nationale et même continentale, y

⁶⁷ <https://www.canarie.ca/fr/program-news/logiciels-de-recherche/>; <https://www.canarie.ca/fr/appel-de-gdr-beneficiaires/>; <https://www.canarie.ca/fr/pour-que-les-chercheurs-canadiens-disposent-de-puissants-logiciels-et-de-l'expertise-pertinente-canarie-octroie-36-m-a-six-institutions-afin-que-elles-mettent-sur-pied-une-equipe-loc/>

⁶⁸ <https://driconnect.alliancecan.ca/fr/>

⁶⁹ <https://canheit2023.utoronto.ca/>

⁷⁰ <https://canheit-tecc.sfu.ca/index.html>

⁷¹ <http://programme.exordo.com/canheit-tecc2018/delegates/presentation/86/>

⁷² <https://dblp.org/db/conf/hpcs/index.html>; <https://www.calculquebec.ca/nouvelle/inscriptions-ouvertes-hpcs-2017/>

⁷³ <https://www.hackseq.com/>; <https://accessconference.ca/past-conferences/2019-edmonton-ab/workshops-and-hackfest-2019/>



compris en Afrique, en Asie, en Australie et Nouvelle-Zélande, en Belgique, en Allemagne, aux Pays-Bas, dans les pays nordiques, au Royaume-Uni et aux États-Unis, à l'exception notable du Canada.⁷⁴ Ces sociétés de SLR ont émergé du constat que les perspectives de carrière dans ce domaine sont souvent limitées au sein des établissements universitaires. Au Royaume-Uni, où est né le mouvement des SLR, la SocRSE a contribué de façon considérable à la création de postes officiels et de groupes de SLR au sein des établissements universitaires ainsi qu'à l'émergence d'un mouvement mondial consacré à l'importance des SLR dans le domaine des sciences. La SocRSE soutient financièrement les événements et initiatives qui favorisent la création d'environnements de recherche reconnaissant l'importance vitale des logiciels pour leurs activités.⁷⁵

Il existe toute une panoplie d'autres initiatives communautaires. Récemment, Schmidt Futures a assuré le financement de quatre établissements internationaux pendant deux ans afin de mettre sur pied des équipes de soutien à la recherche à l'échelle locale pour améliorer la qualité des recherches et accélérer les progrès, mais également pour soutenir à long terme les plateformes et systèmes qui font la promotion des pratiques exemplaires en matière de savoir accessible.⁷⁶ La ReSA organise plusieurs ateliers afin de réunir les bailleurs de fonds internationaux et d'ouvrir la discussion sur le financement des LR à l'échelle mondiale.⁷⁷ Le deuxième de ces ateliers sera organisé par l'Alliance et aura lieu du 18 au 20 septembre à Montréal. Dans certains domaines, des organisations comme la Fondation Open Bioinformatics octroient des bourses pour la participation aux conférences et aux ateliers promouvant le savoir accessible, dans le but d'en accroître la diversité.⁷⁸ La Fondation Sloan offre des bourses de taille aux universités qui mettent en place des services consacrés aux logiciels ouverts afin d'en promouvoir l'usage.⁷⁹

Certains pays et certaines régions ont opté pour une approche qui récompense les contributions individuelles à la communauté :

1. Le programme néerlandais de bourses en e-science pour les ambassadeurs de la communauté des logiciels de recherche;⁸⁰
2. Le Scientific Software Research Faculty Award de la Fondation Simons, qui vise à offrir de nouveaux postes de recherche et professorat dans des départements universitaires

⁷⁴ <https://society-rse.org/>

⁷⁵ <https://society-rse.org/policy-for-socrse-events-and-initiatives-grant/>

⁷⁶ <https://www.schmidtfutures.com/our-work/virtual-institute-for-scientific-software/>

⁷⁷ <https://www.future-of-research-software.org/>

⁷⁸ <https://www.open-bio.org/event-awards/>

⁷⁹ <https://sloan.org/programs/digital-technology/ospo-loi>

⁸⁰ <https://www.esciencecenter.nl/calls-for-proposals/escience-center-fellowship-programme-2023/>



américains existants à des chercheuses et chercheurs spécialisés en logiciels scientifiques;⁸¹

3. L’Australian Museum Eureka Prize pour l’excellence en logiciels de recherche de l’Australian Research Data Commons, qui récompense le développement, la maintenance ou l’expansion de logiciels ayant grandement contribué aux recherches scientifiques récentes;⁸²
4. Le European Master For High Performance Computing, qui offre des bourses et des récompenses aux personnes participant à ses programmes de formation.⁸³

L’EDI est un enjeu reconnu dans le domaine des LR; la SocRSE a notamment formé un groupe de travail sur l’EDIA pour faire face aux défis qui y sont liés et favoriser une communauté de LR active et diverse à l’échelle locale.⁸⁴ Certains programmes de financement œuvrent directement à la promotion de l’EDI, comme le programme des champions de rOpenSci, qui « [...] s’adresse aux personnes appartenant à des groupes historiquement et systématiquement exclus des communautés des logiciels ouverts et des logiciels de recherche ». ⁸⁵

Renforcement de la coordination

Les activités de financement axées sur la coordination visent à faciliter et renforcer la collaboration entre les parties prenantes. Il peut s’agir de programmes visant à créer des infrastructures nationales de soutien aux LR, de programmes nationaux cherchant à former un PHQ dans le domaine des LR ou encore de programmes et initiatives servant à soutenir et développer des plateformes de LR.

On retrouve des initiatives qui mobilisent les parties prenantes pour soutenir le développement de LR dans plusieurs pays, comme l’appel de financement de SLRL de CANARIE mentionné plus tôt. Le programme de financement du Virtual Institute for Scientific Software (VISS) de Schmidt Futures contribue non seulement au lancement d’un réseau de centres de développement de LR dans les universités de recherche, mais également à la collaboration au sein du réseau d’établissements virtuels de Schmidt Futures. Le Netherlands eScience Centre a mis sur pied une équipe nationale de PHQ spécialisé en LR pouvant être affectée à des projets

⁸¹ <https://www.simonsfoundation.org/grant/scientific-software-research-faculty-award/?tab=rfa>

⁸² <https://ardc.edu.au/article/enter-ardc-eureka-prize-for-research-software/>

⁸³ https://eumaster4hpc.uni.lu/application/#elementor-toc_heading-anchor-2

⁸⁴ Chue Hong et coll., “Understanding Equity, Diversity and Inclusion Challenges Within the Research Software Community”, In *International Conference on Computational Science*, pp. 390-403. Cham: Springer International Publishing, 2021, <https://arxiv.org/abs/2104.01712>; <https://society-rse.org/community/get-involved/edia-working-group/>; <https://diverse-rse.github.io/>

⁸⁵ <https://ropensci.org/blog/2022/09/22/launch-champions-program/>



de recherche pour une période de un à trois ans selon un système de propositions et de bourses.⁸⁶ La Nouvelle-Zélande possède un service de consultation en programmation scientifique qui affecte du PHQ à des projets pendant trois à six mois afin d'assurer le transfert durable de compétences et d'expertise en matière de LR aux équipes de recherche.⁸⁷ Au Canada, les prestataires régionaux de services de CIP, comme SHARCNET, octroient un soutien à la programmation aux candidatures sélectionnées dans le cadre d'un concours.⁸⁸

Certains pays et certaines régions disposent de programmes de financement conçus pour mettre au point des politiques, méthodes ou infrastructures promouvant les LR. Horizon Europe a notamment financé des projets visant à renforcer la cohésion au sein de la communauté et à établir des lignes directrices pour l'intégration des infrastructures, des outils et des services.⁸⁹

D'autres pays concentrent leurs efforts sur le développement de plateformes de LR pour des domaines de spécialité précis. Le programme allemand de la NFDI a financé des consortiums propres à certains domaines, dont les sciences sociales et humaines, les sciences du génie, les sciences de la vie et les sciences naturelles, afin d'y accroître les capacités de recherche.⁹⁰ En Australie, l'ARDC adopte une approche semblable, en cofinçant le plus souvent des projets regroupés par domaines. Elle s'oriente depuis peu vers des initiatives à plus grande échelle répondant aux objectifs stratégiques de l'ensemble du programme, dont des plateformes de données rattachées à des domaines précis, notamment la Planet Research Data Commons (sciences de la Terre et de l'environnement), la People Research Data Commons (santé) et HASS+ I Research Data Commons (sciences humaines, sociales et aborigènes).⁹¹

Paysage des LR au Canada

Comme nous en avons brièvement parlé dans la section Résumé et objectifs, la mise en place d'une approche intégrée et coordonnée considérant les LR comme un pilier de l'IRN est une nouveauté au Canada. Afin de promouvoir les LR comme le stipule son mandat, l'Alliance a dû

⁸⁶ <https://www.esciencecenter.nl/calls-for-proposals/call-for-sustainable-software-2023-ss-2023/>

⁸⁷ Pletzer et coll., "How NeSI Helps Users Run Better and Faster on New Zealand's Supercomputing Platforms", *2017 IEEE 13th International Conference on e-Science (e-Science)*, Auckland, New Zealand, 2017, pp. 465-466, <https://doi.org/10.1109/eScience.2017.73><https://www.nesi.org.nz/services/consultancy>

⁸⁸ <https://www.sharcnet.ca/my/research/programming>

⁸⁹ <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/horizon-infra-2023-eosc-01-02>

⁹⁰ <https://www.nfdi.de/consortia/?lang=en>

⁹¹ <https://ardc.edu.au/program/planet-research-data-commons/>; <https://ardc.edu.au/program/people-research-data-commons/>; <https://ardc.edu.au/program/hass-rdc-indigenous-research-capability/>



mener des recherches approfondies sur l'état actuel de la situation au Canada. C'est sur ces constats que repose la stratégie de l'Alliance en matière de LR pour 2025 à 2030. Nous exposons ci-dessous la méthode que nous avons employée afin de mieux comprendre le paysage des LR au Canada, et les ressources citées sont utilisées abondamment tout au long du présent document.

Le processus initial de consultation pour l'évaluation des besoins de l'Alliance en matière d'IRN tenait compte de tous les piliers de l'IRN et comportait un appel d'exposés de position, un sondage des parties prenantes dans l'ensemble de l'écosystème de l'IRN, ainsi qu'une série d'assemblées publiques permettant la mise en commun et la validation des observations.⁹² Ces efforts ont abouti à la publication de l'*Évaluation des besoins de la communauté de recherche* en septembre 2021.⁹³ Ce rapport contenait de nombreuses données sur la nature critique des LR pour la recherche au Canada. Les principales conclusions du rapport sont répertoriées dans l'[annexe A](#), et celles des soumissions d'exposés de position dans l'[annexe B](#).

Parallèlement, le groupe de travail de l'Alliance sur les LR, composé de membres de l'Alliance et d'autres parties prenantes, a rédigé le premier exposé de position national sur le sujet : *l'Évaluation de l'état actuel des logiciels de recherche*.⁹⁴ Ce rapport porte à la fois sur les écosystèmes nationaux et internationaux des LR et comporte une analyse détaillée des défis et des perspectives en la matière au Canada. Il sert de base à l'analyse et aux recommandations présentées dans notre stratégie pour 2025 à 2030; la section [Défis et perspectives](#) du présent document est aussi fondée sur les constats de cette évaluation.

Outre ces rapports centraux, le groupe de travail sur la stratégie relative aux LR a entrepris plusieurs initiatives afin de combler les lacunes dans notre compréhension du paysage des LR. Bien que le sondage sur l'évaluation des besoins de l'Alliance comptait quelques questions sur les LR, le groupe de travail a jugé nécessaire d'effectuer un autre sondage pour obtenir une vision plus complète du développement et de l'utilisation des LR au Canada. Celui-ci a été conclu en juin 2023 et ses résultats sont cités tout au long du présent document.⁹⁵ Une série d'assemblées publiques sur les LR a également été organisée avec les principaux membres des équipes des grandes plateformes de LR dans l'objectif de mieux comprendre les besoins et les défis liés à cet aspect critique de l'écosystème. Une évaluation préliminaire des indicateurs de succès et de valeur des LR a été rédigée ([Annexe D](#)) pour garantir la rentabilité du développement des LR au cours du mandat 2025-2030 de l'Alliance. Afin de déterminer l'état

⁹² <https://alliancecan.ca/fr/initiatives/evaluation-des-besoins-de-linfrastructure-de-recherche-numerique-au-canada>; <https://alliancecan.ca/fr/initiatives/soumissions-exposes-de-position>

⁹³ https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/EvaluationBesoins_Alliance_20220126.pdf

⁹⁴ Zhang et coll., « Évaluation de l'état actuel des logiciels de recherche ». Zenodo, September 3, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6584382>.

⁹⁵ Corrie et coll., "Alliance Researcher Council Research Software Survey Report", Zenodo, 2023, <https://doi.org/10.5281/zenodo.8280449>.



actuel et l'état souhaité de l'écosystème des LR au Canada, le GTSLR a mis au point l'infrastructure de logiciels de recherche (ILR), basée sur la version 1.5 de l'infrastructure de données de recherche (RDaF) du NIST.⁹⁶ L'ILR se base sur le même modèle du cycle de vie de la recherche que la RDaF, mais les catégories et sous-catégories ont été modifiées pour refléter le cycle de vie des LR. L'ILR a été utilisée pour déterminer l'état actuel, l'état souhaité et les priorités par rapport à un grand nombre de sujets relatifs à l'ensemble du cycle de vie des LR au Canada. L'analyse de l'ILR est abordée brièvement dans la section [Applications de l'ILR au Canada](#) et plus en détail dans l'[annexe C](#).

Ces éléments constituent la base de la stratégie sur les LR 2025-2030. Les sections suivantes résumeront nos constats sur l'état actuel du paysage des LR.

Financement des LR au Canada

Le programme Logiciels de recherche de CANARIE, lancé en 2007, ainsi qu'un autre programme axé sur la GDR lancé en 2018, ont été conçus pour financer le développement d'outils de LR permettant d'accélérer la découverte en recherche en facilitant l'accès aux infrastructures numériques et en permettant aux chercheuses et chercheurs de se concentrer sur leur travail plutôt que sur les technologies nécessaires pour l'accomplir.⁹⁷ Depuis sa création, le programme a octroyé un total de 50,7 millions de dollars à 112 projets de recherche dans divers domaines (180 disciplines) et a contribué au développement de 145 outils de LR qui ont été utilisés par 1 191 équipes de recherche. Le programme de financement GDR de CANARIE a investi 4,5 millions de dollars dans les plateformes de GDR et contribué au financement de 13 projets et à la création de services et plateformes utiles à 628 équipes de recherche.⁹⁸ Les projets en cours ayant été partiellement subventionnés par ce programme figurent dans le répertoire des logiciels de recherche de l'Alliance.⁹⁹ En 2018, CANARIE a lancé une initiative de Soutien local aux logiciels de recherche (SLRL) en partie inspirée par des initiatives internationales semblables.¹⁰⁰ Des fonds étaient octroyés aux équipes locales travaillant sur des logiciels de recherche afin de favoriser le développement, le maintien, le soutien et l'évolution des LR et de fournir aux chercheuses et chercheurs canadiens des outils et de l'expertise en matière de LR au sein des établissements universitaires.

⁹⁶ Hanisch et coll., "NIST Research Data Framework (RDaF): Version 1.5." (2023), <https://www.nist.gov/publications/nist-research-data-framework-rdaf-version-15>.

⁹⁷ <https://www.canarie.ca/fr/logiciels/>

⁹⁸ <https://www.canarie.ca/fr/program-news/gdr/>

⁹⁹ <https://research-software-directory.org/organisations/digital-research-alliance-of-canada>

¹⁰⁰ <https://www.canarie.ca/fr/program-news/logiciels-de-recherche/>; <https://www.canarie.ca/fr/appele-de-gdr-beneficiaires/>.



Le programme LR de CANARIE était révolutionnaire pour son époque, mais l'initiative n'était pas sans défauts. Il s'agissait du premier et de l'un des seuls programmes à financer directement le développement des plateformes de LR. Il comportait un volet innovation pour les nouvelles plateformes, un volet durabilité/réutilisabilité pour les plateformes existantes, un volet interopérabilité pour les plateformes de GDR, ainsi qu'un volet consacré à la formation d'équipes spécialisées pour stimuler la création de services de LR au sein des établissements de recherche. Les programmes de CANARIE ont contribué au développement de certaines des plateformes de LR les plus réputées au monde (voir la section [Plateformes de LR canadiennes](#) ci-dessous) et à la naissance d'une communauté de LR grandissante au Canada. Le programme a toutefois dû faire face à certains problèmes d'ordre juridique et financier ainsi qu'à des problèmes d'échelle. Les exigences légales, administratives et redditionnelles du programme étaient considérables et ont nécessité la signature d'accords juridiques entre CANARIE et les établissements concernés, ainsi que la production de rapports financiers exhaustifs comprenant des audits financiers complets à la fin du projet. L'envergure était également un enjeu : bien que le programme reconnaissait l'importance de l'innovation, de la durabilité, de la constitution d'équipes et de la gestion des données de recherche, il ne disposait pas des fonds nécessaires pour financer plusieurs de ces aspects simultanément. CANARIE organisait des appels de financement annuels (voir graphique ci-dessous), mais la nécessité de devoir choisir un seul domaine à financer (innovation ou durabilité, LR ou GDR) chaque année avait pour effet de diminuer le financement des autres volets.

Le mandat de financement des LR de CANARIE a été transféré à l'Alliance en avril 2022, *sans appels de financement ni subventions octroyées pour les plateformes de LR ou de GDR depuis octobre 2020*. Étant donné le rejet de l'initiative de LR proposée par l'Alliance dans son budget 2023-2025, *il y aura une interruption de cinq ans du financement des LR au Canada, ce qui entraînera une crise de durabilité des plateformes de LR canadiennes (voir figure 2)*. La stratégie que nous proposons a pour but de capitaliser sur les points forts de CANARIE et d'autres programmes de financement des LR au Canada, de surmonter les problèmes et les défis en jeu, de remédier au manque de financement pour les LR existants et de redynamiser et reconstruire la communauté des LR canadienne.

La Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) est une organisation indépendante à but non lucratif ayant pour mission de financer les outils et infrastructures de recherche qui aident les chercheuses et les chercheurs canadiens à effectuer des travaux et développer des technologies de pointe, ainsi qu'à bâtir et entretenir un éventail complet d'infrastructures de recherche au Canada. En 2015 et 2017, la FCI a organisé son premier programme de financement de LR dans le cadre de son Initiative sur la cyberinfrastructure.¹⁰¹ L'objectif du second défi organisé par la FCI pour cette initiative était de renouveler l'infrastructure du CIP au Canada, tandis que le premier défi avait pour but de créer des plateformes de LR basées sur l'infrastructure du CIP. Il s'agit du premier (et du seul) programme de soutien aux plateformes

¹⁰¹ <https://www.innovation.ca/fr/appel-gestion/concours-anterieurs/initiative-cyberinfrastructure-2015-2017>



de LR de la FCI. Pour la première fois au Canada, les plateformes de LR développées dans le cadre de ce programme étaient considérées comme des infrastructures et la nécessité d'un financement continu après le développement et le déploiement était reconnue. Les projets ayant reçu une subvention dans le cadre du premier défi de l'initiative ont pu bénéficier des fonds d'exploitation des infrastructures (FEI) de la FCI, qui finançaient l'exploitation des plateformes de LR après la conclusion des projets ayant mené à leur création.

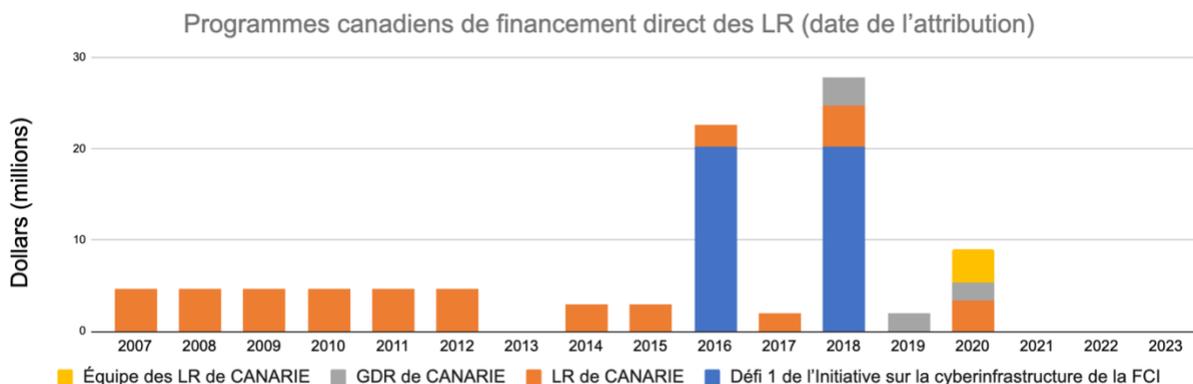


Figure 2. Programmes de financement directs de LR de CANARIE et de la FCI avec des montants de financement annuels basés sur la date d'attribution du programme de financement.

Comme nous l'avons mentionné, la plupart des organismes de financement nationaux se concentrent sur le financement de la recherche, et bien que de nombreux projets de recherche aboutissent au développement de LR, peu de fonds sont explicitement accordés pour le développement de logiciels ou d'infrastructures de recherche en tant que produits principaux de ces projets. La plupart de ces initiatives et organismes ne financent pas des projets dans le but explicite de produire des LR, mais soutiennent les LR de manière indirecte en subventionnant des projets visant à résoudre des problèmes de recherche propres à des domaines précis et qui ont pour conséquence secondaire la création de LR. Bien qu'il ne se consacre pas directement aux LR, l'organisme Génome Canada/Québec a par exemple contribué au développement d'un grand nombre d'outils bio-informatiques et d'infrastructures de soutien à d'autres projets de recherche scientifique en génomique.¹⁰²

À l'échelle provinciale et régionale, les gouvernements provinciaux jouent également un rôle clé dans le soutien de l'innovation en matière de logiciels dans les établissements d'enseignement supérieur. Bien que les organismes provinciaux et régionaux de financement de la recherche ne soutiennent pas spécifiquement les LR, il existe plusieurs organisations régionales qui exercent

¹⁰² <https://genomecanada.ca/fr/>; <https://www.genomequebec.com/>; <https://www.genomecanada.ca/en/software-peptide-identification-and-quantification-large-mass-spectrometry-data-using-data>; <https://www.genomecanada.ca/en/rapid-prediction-antimicrobial-resistance-metagenomic-samples-data-models-and-methods>; <https://www.genomecanada.ca/en/target-big-data-informed-software-design-cis-regulatory-regions-controlling-human-gene-expression>; <https://www.genomecanada.ca/en/cancer-genome-collaboratory>.



une influence sur le développement et le déploiement des services liés aux LR. Leur contribution varie selon les provinces et les territoires et peuvent prendre la forme de financement direct (p. ex. le FIA de l'APECA), de financement (indirect) de contrepartie et de tout un éventail de programmes de soutien.¹⁰³ Notons également une tendance récente à réorienter les organismes de financement provinciaux principalement axés sur la santé vers la recherche interdisciplinaire ou d'autres domaines à part entière.

Les partenariats de recherche avec des entreprises constituent également un carrefour d'innovation et d'entrepreneuriat en offrant des perspectives professionnelles hors des limites des campus, en créant des passerelles entre le monde universitaire et le secteur privé, en développant de nouvelles technologies et en recrutant de nouveaux talents.¹⁰⁴ De nombreuses universités ont ouvert des services de transfert des technologies afin de faciliter les partenariats avec le secteur privé et de favoriser les activités découlant de la recherche, mais la plupart de ces services concentrent leurs activités sur les licences et les propriétés intellectuelles. Des Open Source Program Offices (OSPO) ont commencé à voir le jour à l'international, mais le concept tarde à faire son chemin au Canada.¹⁰⁵ Le soutien à la commercialisation permet de faire avancer la recherche, de tirer parti des investissements commerciaux et d'offrir aux étudiantes et étudiants la possibilité d'explorer différentes carrières et d'acquérir une expérience professionnelle sans compromettre leurs études universitaires. Certains de ces partenariats avec des entreprises résultent également de programmes financés en tout ou en partie par l'État, comme certaines initiatives du CRSNG, de Mitacs, des Centres de l'excellence de l'Ontario (CEO) ou du CRSH.¹⁰⁶

Pour une liste plus complète des sources de financement pour le développement et l'utilisation des LR, consulter l'annexe H de l'*Évaluation de l'état actuel des logiciels de recherche*.¹⁰⁷

Soutien aux LR au Canada

Au-delà de ses activités de financement, CANARIE a également joué un rôle clé dans le soutien et la promotion de pratiques exemplaires en matière de LR, faisant ainsi progresser

¹⁰³ <https://www.canada.ca/fr/promotion-economique-canada-atlantique.html>;
<https://www.canada.ca/fr/promotion-economique-canada-atlantique/services/fondsdinnovationdelatlantique.html>

¹⁰⁴ <https://uwaterloo.ca/news/news/rogers-and-university-waterloo-partner-build-made-canada-5g>

¹⁰⁵ <https://www.linuxfoundation.org/resources/open-source-guides/creating-an-open-source-program/>

¹⁰⁶ <https://www.mitacs.ca/fr>

¹⁰⁷ Zhang et coll., « Évaluation de l'état actuel des logiciels de recherche ». Zenodo, September 3, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6584382>.



l'écosystème canadien des LR tout en cultivant une communauté autour des LR au Canada. Le Portail des logiciels de recherche de CANARIE (transféré à l'Alliance en 2022) est un outil centralisé permettant aux personnes faisant de la recherche ou du développement de LR de trouver les contributions des participantes et participants au programme et des membres de la communauté de recherche dans son ensemble.¹⁰⁸ Depuis 2018, CANARIE organise chaque année un événement transdisciplinaire, l'Atelier canadien sur les logiciels de recherche (récemment devenu le Colloque canadien sur les logiciels de recherche), qui réunit professionnelles et professionnels, développeuses et développeurs et ingénieures et ingénieurs du domaine des LR venus des quatre coins du pays afin d'échanger des idées et de stimuler la collaboration. CANARIE a également joué un rôle actif dans la communauté internationale des LR en participant à l'International Research Software Engineering Leaders Workshop et en devenant membre fondateur de la ReSA.¹⁰⁹ En 2017, 2018 et 2022, CANARIE collabore avec le Software Sustainability Institute (SSI) du Royaume-Uni pour réaliser un sondage annuel auprès des développeuses et développeurs canadiens de logiciels scientifiques afin de mieux cerner les besoins de la communauté canadienne des logiciels de recherche.¹¹⁰ CANARIE a transféré ses programmes de LR et de GDR à l'Alliance le 31 mars 2022. Depuis, l'Alliance continue de participer à des initiatives internationales, comme la ReSA. Puisque la demande de financement de l'initiative des LR de l'Alliance pour 2023 à 2025 a été refusée, l'Alliance ne prévoit pas actuellement organiser une conférence consacrée aux LR en 2023, mais un événement sur l'IRN, où seront abordés les LR, est en cours de planification pour 2024.

En tant que prestataire national de services de CIP, la Fédération Calcul Canada (FCC) a été formée pour stimuler la recherche et l'innovation en coordonnant le déploiement de systèmes de CIP, d'infrastructures numériques, de stockage et de solutions logicielles de pointe. Ces ressources, offertes en libre accès aux établissements universitaires canadiens ainsi qu'aux chercheuses et chercheurs et à leurs collaboratrices et collaborateurs, contribuent à maintenir et à renforcer le rôle du Canada en tant que chef de file de la recherche internationale. Bien entendu, tout service de CIP repose en grande partie sur les LR. La FCC a développé une pile logicielle complète, intégrée et polyvalente accessible via un système de fichiers distribués.¹¹¹ La gestion des dépendances des applications et bibliothèques de LR se fait à même la pile, sans intervention requise de la part du système hôte, ce qui leur permet de fonctionner sur presque tous les systèmes d'exploitation, contrairement aux méthodes traditionnelles qui exigent de compiler, emballer et installer chaque application logicielle pour chaque version de chaque système d'exploitation. Cette technique novatrice, combinée à un accès global aux

¹⁰⁸ <https://alliancecan.ca/fr/services/logiciels-de-recherche>; <https://research-software-directory.org/organisations/digital-research-alliance-of-canada>

¹⁰⁹ <https://www.researchsoft.org/>

¹¹⁰ https://github.com/canarie/developer_survey_2017; https://github.com/canarie/developer_survey_2018; <https://softwaresaved.github.io/international-survey-2022/>; <https://www.software.ac.uk/>.

¹¹¹ Boissonneault et coll., "Providing a Unified Software Environment for Canada's National Advanced Computing Centers", In *Proceedings of the Practice and Experience in Advanced Research Computing on Rise of the Machines (learning)*, pp. 1-6. 2019, <https://doi.org/10.1145/3332186.3332210>



logiciels par le biais d'un système de fichiers, rend plus de 1 200 applications de LR accessibles et directement exécutables par les utilisateurs du monde entier, sans installation nécessaire. Cet outil a directement inspiré la création des European Environment for Scientific Software Installations, un consortium cherchant à utiliser cette méthode pour améliorer l'accès aux LR dans le milieu scientifique européen.¹¹² Cette plateforme peut également permettre l'expansion de l'infrastructure de CIP dans un nuage communautaire ou commercial au moyen d'outils tels que Magic Castle, une autre innovation canadienne.¹¹³ Le catalogue des outils logiciels, bibliothèques et environnements de recherche de la FCC fournit aux chercheuses et chercheurs un ensemble commun et unifié de LR sur tous les systèmes de CIP.¹¹⁴ Constituée de plus de 200 expertes et experts, dont plusieurs spécialistes des logiciels de recherche, dans 37 établissements partenaires à travers le Canada, la FCC offre un soutien direct aux chercheuses et chercheurs canadiens en leur fournissant des services de conseil, de soutien par des experts et de formation régionale sur un grand éventail de sujets.¹¹⁵ Les services de CIP de la FCC ont été transférés à l'Alliance le 31 mars 2022. La Fédération de l'Alliance continue d'offrir cette vaste expertise pour les plateformes et services de CIP, ainsi que pour les LR.

À l'échelle locale, de nombreux établissements d'enseignement postsecondaire, d'hôpitaux de recherche et d'instituts affiliés partout au Canada disposent d'un service de distribution de LR offrant un soutien direct aux chercheuses et chercheurs en matière d'infrastructure et d'accès aux outils, ressources, plateformes de recherche, formations et expertise relatifs aux LR. La portée de ces services varie d'établissement en établissement : certains n'offrent que peu ou pas de services de soutien, tandis que d'autres proposent une gamme complète de services liés aux LR et peuvent disposer de centres spécialisés en calcul de pointe, de partenariats université-entreprises ou de ressources contribuant au déploiement des services de LR à l'échelle régionale et nationale. Les chercheuses et chercheurs participent souvent activement au développement et au déploiement de LR à l'intérieur comme à l'extérieur de leur programme de recherche, notamment dans des laboratoires de recherche, dans des communautés de pratique de domaines précis ou dans des sociétés professionnelles. Dans bien des établissements, les chercheuses et chercheurs spécialisés dans certaines technologies ou les directrices et directeurs d'instituts de recherche peuvent être très impliqués dans les initiatives locales liées aux LR. Avec l'apparition de nouvelles formes d'IRN (p. ex. collaboration, publication et méthodes de visualisation et d'analyse des données), le nombre d'universités offrant des services liés aux LR et l'ampleur des investissements requis pour leur fonctionnement devraient augmenter sensiblement.

¹¹² <https://www.eessi-hpc.org/>

¹¹³ https://github.com/ComputeCanada/magic_castle

¹¹⁴ https://docs.alliancecan.ca/wiki/Available_software/fr;
https://docs.alliancecan.ca/wiki/Standard_software_environments/fr

¹¹⁵ <https://alliancecan.ca/fr/services/calcul-informatique-de-pointe/soutien-la-recherche/calendrier-de-formation>



Par ailleurs, la plupart des laboratoires de recherche nationaux possèdent leurs propres services de soutien pour les TI et les LR. Même si les laboratoires gouvernementaux ne peuvent pas recevoir de financement fédéral, ils peuvent participer à des initiatives de recherche collaboratives. S'appuyant sur des ressources internes pour le soutien et le financement, les laboratoires nationaux se tournent tout de même vers l'Alliance et d'autres organismes nationaux pour mettre en commun les ressources, généralement en travaillant avec des partenaires universitaires. Par exemple, le consortium du réseau de pointe canadien pour la recherche en astronomie (CANFAR), qui repose sur les systèmes de CIP de l'Alliance, est géré par le Centre canadien de données astronomiques (CCDA) au Centre de recherche Herzberg en astronomie et en astrophysique (un laboratoire dirigé par le CNRC), tandis que la CP pour ce projet travaille à l'Université Western.¹¹⁶

Plateformes de LR canadiennes

Malgré l'absence d'une stratégie et d'une vision à long terme, les initiatives de financement et de soutien susmentionnées sont parvenues à faciliter le développement et le maintien d'un grand nombre de plateformes de LR de première classe conçues par des équipes canadiennes. La plupart de ces plateformes sont employées au Canada comme à l'international et peuvent avoir diverses fonctions, de la planification de la recherche (Assistant PGD) à la GDR à l'échelle nationale (DFDR, Lunar, Borealis, etc), en passant par diverses applications propres à certains domaines.¹¹⁷ Le Canada est un chef de file mondial des plateformes de LR en génomique et la réponse du gouvernement à la COVID-19 a permis d'organiser le séquençage des génomes des hôtes et du virus dans les dépôts HostSeq et VirusSeq.¹¹⁸ D'autres plateformes de génomique, comme le Cancer Collaboratory, CanDIG, GenAP, iReceptor ou encore IRIDA, sont utilisées au Canada et dans le reste du monde et ont été citées abondamment (p. ex. l'article de 2018 sur iReceptor a été cité plus de 100 fois selon ResearchGate).¹¹⁹ Les plateformes de LR canadiennes englobent les sciences médicales (CBRAIN, LORIS), environnementales (Meridian, Motus, Ocean Networks Canada, PAVICS), spatiales (AuroraX, CANFAR) et humaines (LINCS, Collaboratoire scientifique des écrits du

¹¹⁶ <https://www.canfar.net/fr/>

¹¹⁷ ; <https://dmp-pgd.ca/>; <https://www.frdr-dfdr.ca/repo/?locale=fr>; <https://www.lunaris.ca/fr/>; <https://borealisdata.ca/fr/>

¹¹⁸ <https://genomecanada.ca/fr/domaines-defis/rcangecco/hostseq/>; <https://virusseq.ca/>

¹¹⁹ <https://cancercollaboratory.org/>; <https://www.distributedgenomics.ca/>; <https://genap.ca/>, Le site de GenAP migrera vers usegalaxy.ca début 2024; <https://gateway.ireceptor.org/>; <https://irida.ca/>; Corrie et coll, "iReceptor: a platform for querying and analyzing antibody/B-cell and T-cell receptor repertoire data across federated repositories", *Immunological reviews* 284, no. 1 (2018): 24-41, <https://doi.org/10.1111/imr.12666>.



Canada).¹²⁰ À la suite du transfert du mandat de CANARIE à l'Alliance, toutes les plateformes développées grâce au financement de CANARIE ont été regroupées et répertoriées sur la page des plateformes de LR de l'Alliance, où elles peuvent être trouvées et utilisées. L'Alliance maintient cette liste à jour dans le répertoire international des logiciels de recherche en collaboration avec le Netherlands eScience Center.¹²¹

Ces plateformes comptent des milliers d'utilisatrices et d'utilisateurs au Canada et ailleurs : 790 pour iReceptor (voir la figure intitulée Données démographiques des utilisatrices et utilisateurs de iReceptor ci-dessus), 1 800 pour Motus, 84 000 pour Ocean Networks Canada et 8 300 pour les services de données de CANFAR, dont les données sont distribuées à 40 000 adresses IP individuelles.¹²² Les plateformes telles qu'Ocean Networks Canada jouent un rôle essentiel dans la diffusion de la science à plus grande échelle.¹²³

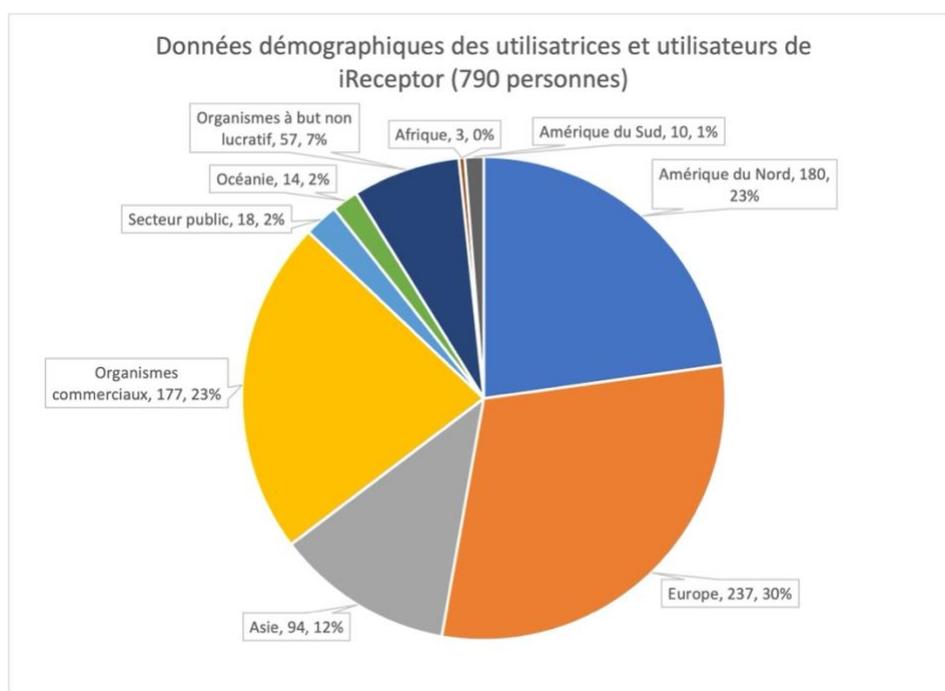


Figure 3. Données démographiques internationales des comptes d'utilisateurs iReceptor de 2014 à 2023.

¹²⁰ <https://cbrain.ca/>; <https://loris.ca/>; <https://meridian.cs.dal.ca/fr/>; [https://motus.org/?lang=fr](https://motus.org/?lang=fr;); <https://www.oceannetworks.ca/fr-CA/>; https://pavics.ouranos.ca/index_fr.html; <https://aurorax.space/>; <https://www.canfar.net/fr/>; <https://lincsproject.ca/fr/>; <https://cwrc.ca/fr/>;

¹²¹ <https://alliancecan.ca/fr/services/logiciels-de-recherche/plateformes-de-logiciels-de-recherche-au-canada>; <https://research-software-directory.org/organisations/digital-research-alliance-of-canada>

¹²² <https://motus.org/?lang=fr>; <https://www.oceannetworks.ca/fr-CA/>; <https://www.canfar.net/fr/>.

¹²³ <https://www.oceannetworks.ca/fr-CA/multimedia-fr/camera-en-direct/>



Un grand nombre de ces plateformes ont eu une incidence significative sur la recherche et de nombreuses citations font état de l'utilisation et de la réutilisation de leurs données (p. ex. plus de 100 citations de l'article sur iReceptor).¹²⁴ Plusieurs d'entre elles sont également en cours de développement depuis plusieurs années (p. ex. GenAP depuis 2013, iReceptor depuis 2014 et le Collaboratoire scientifique des écrits du Canada, ou CSÉC, depuis 2016) et parviennent à rester viables grâce à l'obtention de plusieurs bourses axées sur l'innovation plutôt qu'à des programmes consacrés à la durabilité des LR (à l'exception de quelques bourses récentes de CANARIE). Au fil des années, les projets à succès, comme iReceptor et le CSÉC, ont dû recourir à de nombreuses subventions (et donc soumettre de multiples demandes), dont certaines de très courte durée (15 mois). Par exemple, après l'octroi initial d'une bourse du Fonds de l'avant-garde de la FCI, le CSÉC a eu recours à de nombreuses sources de financement pour son exploitation et sa maintenance (FEI, FLJE et autres programmes de cyberinfrastructure de la FCI; programme Logiciels de recherche de CANARIE; SHARCNET; programme des chaires de recherche du Canada; et plusieurs subventions de recherche modestes) et a dû soumettre plus de 12 demandes de bourses axées sur la durabilité (et non l'innovation) sur une période de 7 ans. iReceptor (voir figure 4) a connu à la fois des périodes sans aucun financement (y compris pour le personnel) et des périodes de financement abondant (avec des équipes temporaires aux effectifs nombreux); de telles variations rendent le maintien de l'exploitation et de l'efficacité de la plateforme difficile et entraînent une perte d'expertise.

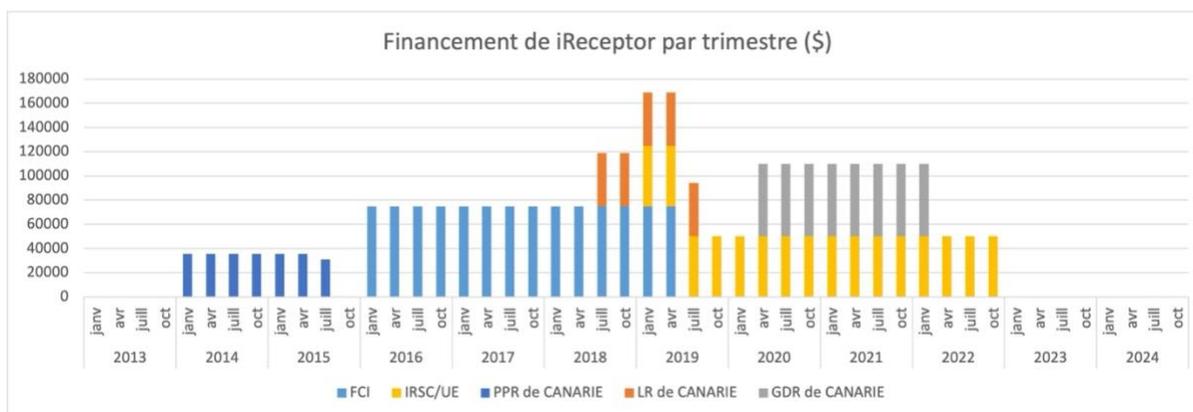


Figure 4. Financement trimestriel du projet iReceptor depuis le début du projet (2014) jusqu'à ce jour, réparti entre les programmes de financement.

Le système de financement canadien complique donc grandement l'embauche et le maintien des équipes travaillant sur les LR. Sauf dans le cas des grands programmes pluriannuels tels que les programmes de cyberinfrastructure de la FCI ou ceux des IRSC en partenariat avec Horizon Europe, il est impossible de planifier au-delà des 12 à 18 prochains mois. Par conséquent, les chercheuses et chercheurs ainsi que le personnel consacrent beaucoup de temps à la rédaction des demandes de subvention et à la gestion simultanée de plusieurs

¹²⁴ Corrie et coll, "iReceptor: a platform for querying and analyzing antibody/B-cell and T-cell receptor repertoire data across federated repositories", *Immunological reviews* 284, no. 1 (2018): 24-41, <https://doi.org/10.1111/imr.12666>.



subventions. Par exemple, si iReceptor n'avait pas réussi à décrocher l'une des cinq subventions illustrées ci-dessus, la plateforme aurait été privée de financement pour une période prolongée, ce qui aurait nui à sa viabilité à long terme. Les capacités d'iReceptor lui ont permis de rapidement réagir à la pandémie de COVID-19 et de nombreuses citations font état de la réutilisation des données sur les cellules B et T récoltées par la plateforme.¹²⁵ Pour pouvoir rester à flot et fournir ce service, iReceptor a dû passer par un cycle de financement complexe.

L'absence d'appels et d'octrois de financement directs pour les LR depuis 2020 a plongé certaines plateformes de LR canadiennes qui dépendaient de ces ressources dans une crise de durabilité, la plupart des subventions accordées en 2020 s'étant conclues à la fin de l'année 2022. Par exemple, iReceptor a maintenu, depuis son lancement en 2014, une équipe de projet d'environ quatre personnes, dont les mêmes responsables du développement. Depuis décembre 2022, l'équipe ne dispose plus de financement pour ses membres, qui ont intégré d'autres postes dans les secteurs public, privé et universitaire, ce qui a entraîné la perte de 16 ans d'expertise cumulée dans le projet. Il ne reste aujourd'hui plus qu'une seule personne responsable du maintien et du développement de la plateforme iReceptor jusqu'à décembre 2023, date à laquelle tous les financements canadiens prendront fin et la plateforme pourrait fermer.

De même, le système de financement canadien complique beaucoup le maintien d'une carrière de SLR au pays. Les subventions pour les LR sont généralement de courte durée et les projets ne peuvent souvent garantir des postes que jusqu'à ce que le financement touche à sa fin. Le maintien d'un PHQ est donc un véritable défi du fait des allées et venues des développeuses et développeurs de LR, qui rejoignent et quittent le projet au gré du financement. Le cycle de recrutement, de formation et de perte d'expertise coûte cher aux projets de recherche, qui comptent sur l'attrait d'un environnement de travail universitaire et de projets stimulants pour attirer des candidatures prometteuses, mais qui ne fond pas le poids face aux salaires et avantages sociaux offerts par les entreprises. Bien que certains établissements universitaires affichent des postes liés aux LR dans certains de leurs services, la plupart des développeuses et développeurs de LR vivent de subventions variables et ponctuelles. Le sondage sur les LR atteste que la plupart des projets font principalement appel aux étudiantes et étudiants ainsi qu'aux chercheuses et chercheurs au postdoctorat pour le développement des LR, mais n'offrent souvent que des postes à temps partiel ou des contrats à durée fixe (voir figure 5).

¹²⁵ Corrie et coll, "iReceptor: a platform for querying and analyzing antibody/B-cell and T-cell receptor repertoire data across federated repositories", *Immunological reviews* 284, no. 1 (2018): 24-41, <https://doi.org/10.1111/imr.12666>.

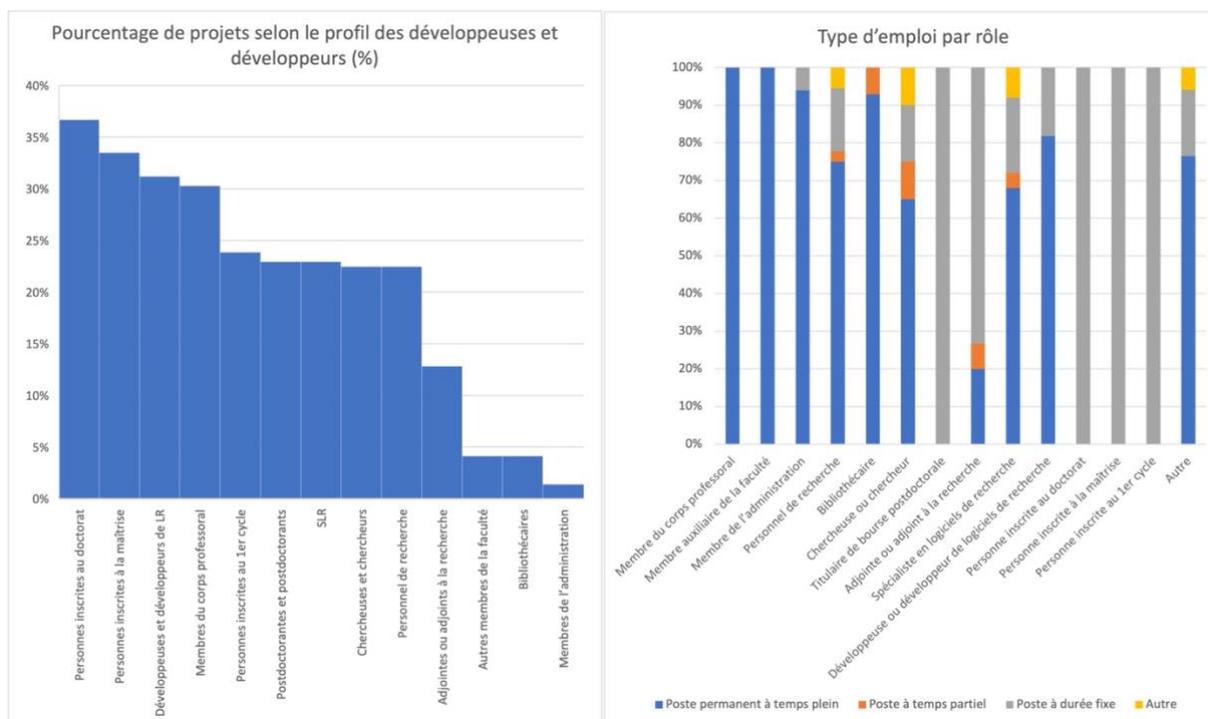


Figure 5. Gauche - Pourcentage de répondants à l'enquête sur les LR qui ont déclaré que leurs projets avaient des développeurs de LR occupant des rôles spécifiques dans l'écosystème DRI. À droite - Répartition des effectifs (temps plein, temps partiel, durée déterminée) pour les différents rôles chez les développeurs de LR avec contrats à durée déterminée (étudiants, post-doctorants, etc.)

Lorsque les développeuses et développeurs de LR quittent des projets, ils se retirent souvent entièrement du secteur de la recherche pour trouver des postes au gouvernement ou dans le secteur privé, ce qui engendre un cycle de recrutement, de formation et de perte de PHQ précieux dans l'écosystème de l'IRN. Bien que la formation du PHQ dans le secteur de la recherche et sa migration vers le secteur privé bénéficient considérablement à ce dernier, ce cycle entraîne un manque d'efficacité et une grande fragilité des capacités de développement des LR au Canada; les chercheuses et chercheurs qui s'appuient sur le développement de logiciels pour faire avancer leurs recherches en subissent les conséquences directes. Le manque de financement consacré aux LR au Canada depuis 2020 n'a fait qu'exacerber ce problème majeur et les CP des plateformes de LR qui ont participé aux séances libres de l'Alliance sur le sujet soulignent l'importance de rallonger la durée des subventions afin de pouvoir former des équipes expertes, le besoin criant de maintenir ces équipes et les conséquences profondes de la perte de PHQ spécialisé dans le domaine. Il a été noté que l'écosystème de l'IRN au Canada a déjà souffert d'une perte importante de PHQ en raison du déficit de financement causé par la fin des programmes de CANARIE et d'autres subventions spécialisées consacrées aux LR.



Application de l'ILR au Canada

Cette infrastructure de logiciels de recherche (ILR) a été conçue par le groupe de travail sur la stratégie en matière de LR de l'Alliance afin d'évaluer l'état actuel de l'écosystème des LR au Canada, de déterminer un état souhaité pour la période de 2025 à 2030 et de définir des priorités pour y parvenir. L'ILR s'inspire de la version 1.5 du modèle RDaF du NIST, avec des modifications considérables pour refléter les catégories et sous-catégories du cycle de vie des logiciels de recherche (conceptualisation, planification, développement/acquisition, utilisation, partage/réutilisation/conservation/abandon).¹²⁶ Bien que le modèle RDaF soit lui-même encore en cours d'évolution, le groupe de travail a estimé qu'une approche fondée sur une infrastructure correspondait aux besoins de l'écosystème des LR au Canada. À chacune des 50 catégories recensées par le groupe de travail ont été associés un état de maturité actuel et un état de maturité souhaité selon le modèle Capability Maturity Model Integration (CMMI).¹²⁷ Les catégories ont également été classées par ordre de priorité (de 1 à 5) afin d'établir une hiérarchie entre les catégories les plus importantes et celles qui le sont moins (ou qui sont moins urgentes dans le cadre du mandat actuel pour 2025 à 2030).

L'ILR a été en partie conçue pour encadrer la conversation et faciliter le dialogue autour des divers aspects des logiciels de recherche, mais elle peut également servir de matrice pour évaluer l'état de préparation ou le niveau de service d'une organisation dans différents contextes, ainsi que pour déterminer l'état souhaité. L'ILR fait le pont entre le cycle de vie des LR (décrit par l'ILR) et celui des GDR (décrit par le RDaF) et fournit un mécanisme pour établir des priorités fondées sur des recommandations spécifiques de notre Stratégie pour 2025 à 2030. En ce qui concerne le mandat 2025-2030, l'état actuel et l'état souhaité peuvent être utilisés pour déterminer où concentrer nos efforts afin de faire bouger les choses avec précision, décider du niveau de priorité des différents aspects et choisir les types de programmes de soutien appropriés.

Par exemple, la figure 6 représente l'état actuel et l'état souhaité de la phase de Développement du cycle de vie des logiciels de recherche (comme définis par le GTSLR), répartis sur 8 grandes catégories. À chacune de ces catégories correspondent un état de maturité actuel (en bleu) et un état de maturité souhaité d'ici la fin du mandat 2025-2030 (en rouge). Comme on peut le constater, l'état de maturité actuel de ces catégories a été jugé relativement faible (allant de 0 à 2) avec, pour certaines d'entre elles, une volonté d'évoluer vers un niveau de maturité avancé (allant de 2,5 à 4,5) d'ici la fin du mandat en 2030. Nous avons effectué des évaluations semblables pour chacune des étapes du cycle de vie des LR. Il est important de souligner qu'aucune des 50 catégories évaluées dans le cadre de l'ILR n'a un niveau de maturité supérieur à 2, ce qui confirme que les LR sont encore sous-développés au

¹²⁶ Hanisch et coll., "NIST Research Data Framework (RDaF): Version 1.5." (2023), <https://www.nist.gov/publications/nist-research-data-framework-rdaf-version-15>.

¹²⁷ <https://cmminstitute.com/>



Canada. Cette évaluation établit également que, malgré l'énorme potentiel de croissance des LR au Canada, la réalisation de ce potentiel nécessitera des investissements de taille. Pour plus de détails sur les évaluations menées dans le cadre de l'ILR ainsi que sur les méthodes employées pour déterminer les niveaux de maturité et de priorités des catégories utilisées, consulter l'[annexe C](#).

Développement

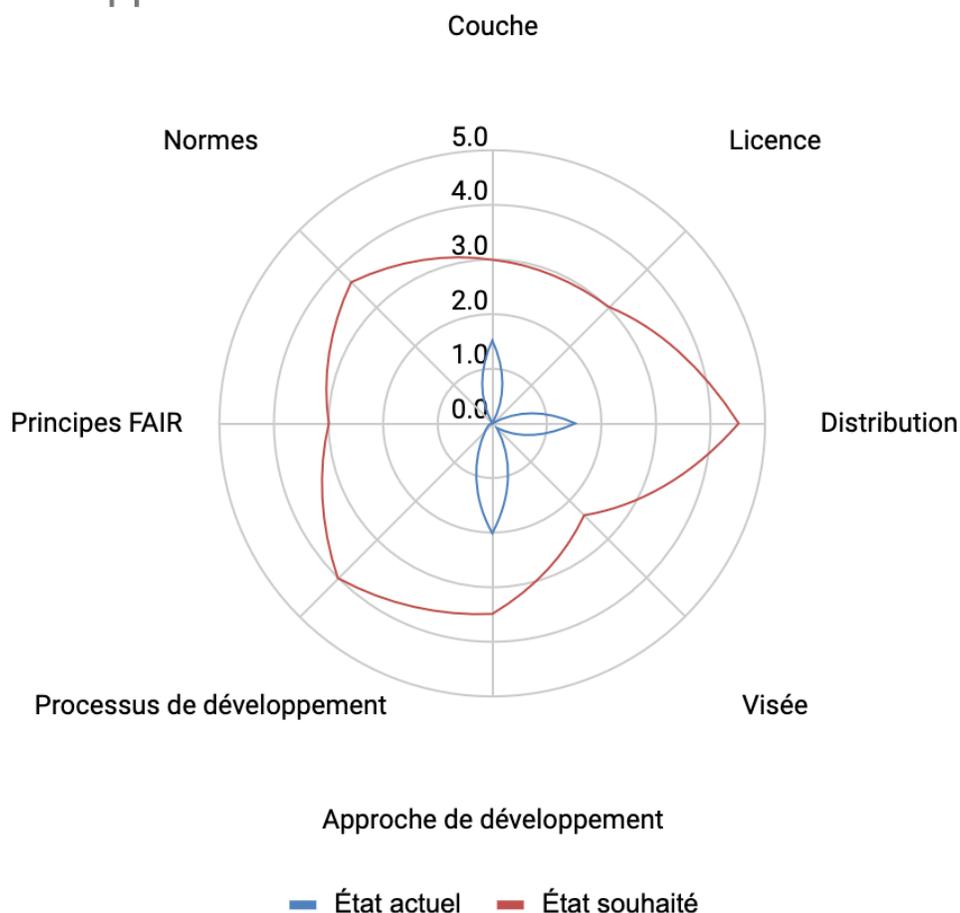


Figure 6. Résumé de haut niveau des sujets de l'ILR pour l'étape de développement du cycle de vie des logiciels de recherche. La ligne bleue indique l'évaluation de l'état actuel de chaque sujet d'ILR, tandis que la ligne rouge indique l'état souhaité pour chaque sujet d'ILR.



Défis et perspectives

Il est évident que l'écosystème des LR canadien a des capacités considérables, mais son financement demeure fragile et instable. Le rapport de l'Alliance sur l'état actuel des LR¹²⁸, publié fin 2021, propose un cadre pour la compréhension de cet écosystème : il examine et décrit les LR comme un domaine émergent et un secteur en pleine professionnalisation à l'échelle nationale et internationale et en recense les points forts, les lacunes et les possibilités. Ce rapport, combiné à l'évaluation des besoins de l'Alliance, au sondage de l'Alliance sur les LR et aux séances ouvertes destinées aux CP dont nous avons parlé plus tôt, a réitéré la présence de nombreux défis auxquels fait face l'écosystème des LR au Canada, tout en dégageant d'importantes possibilités de soutien et d'avancement pour l'Alliance.

Ces défis et possibilités sont les suivants :

1. **Capacités (financement, infrastructure, données de recherche, cybersécurité)**
 - a. **Les LR ne bénéficient pas de suffisamment de soutien financier ciblé et durable.** Le financement traditionnel de la recherche est principalement axé sur l'innovation, ce qui signifie que le maintien des LR à long terme dépend de la capacité des CP à décrire leurs besoins sous l'angle de l'innovation. Il en résulte d'importants défis et déficits pour les chercheuses et chercheurs canadiens, qui perdent leur financement lorsque les LR ne sont pas maintenus ou ouverts à la réutilisation; le leadership canadien en matière de LR s'en voit également réduit. Les initiatives de financement des LR doivent tenir compte des différents types de LR et des étapes de leur cycle de vie (non seulement l'innovation, mais aussi le maintien des plateformes existantes) afin de créer des mécanismes, des critères d'évaluation et des canaux de financement adaptés à chaque projet. Le Canada et l'Alliance ont l'occasion de montrer la voie à suivre sur la scène internationale pour favoriser la longévité des LR en s'inspirant de nouvelles initiatives telles que la déclaration d'Amsterdam sur le financement des logiciels de recherche (Amsterdam Declaration on Funding Research Software¹²⁹).
 - b. **Les limites géographiques des sources de financement freinent la collaboration et l'innovation dans le domaine des LR.** Les LR, tout comme la GDR, constituent un domaine multidimensionnel de portée internationale, puisqu'ils transcendent les frontières géographiques et physiques. Beaucoup de plateformes de LR canadiennes sont le fruit de collaborations internationales ou

¹²⁸ Zhang et coll., « Évaluation de l'état actuel des logiciels de recherche ». Zenodo, September 3, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6584382>.

¹²⁹ Research Software Alliance. "Amsterdam Declaration on Funding Research Software Sustainability", Zenodo, August 1, 2023. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8325436> (voir également : also <https://www.future-of-research-software.org/>; <https://adore.software/>).



sont utilisées aux quatre coins du monde. Le financement des LR, à quelques exceptions près, est généralement soumis à des contraintes géographiques (p. ex. les appels de financement canadiens sont souvent réservés aux partenaires canadiens), ce qui limite les possibilités de collaboration à l'international. Les parties prenantes (bailleurs de fonds et gouvernements) doivent impérativement collaborer afin d'établir des programmes de financement multilatéraux (comme le groupe de travail sur le financement multilatéral de la ReSA) afin d'aider les LR canadiens à se positionner au premier plan de la scène internationale.¹³⁰

- c. **L'écosystème des LR est complexe, varié et évolue rapidement.** Les LR sont très répandus et se déclinent sous de nombreuses formes à tous les niveaux de l'infrastructure (CIP, nuage informatique, GPU, stockage). L'écosystème de l'IRN, et par conséquent celui des LR, doit offrir un soutien aux chercheuses et chercheurs sur toutes les plateformes technologiques. Le développement des LR doit se faire au diapason des derniers progrès en matière de recherche, qui avancent rapidement dans le monde entier. Il est nécessaire d'aider les chercheuses et chercheurs à s'orienter dans l'écosystème de l'IRN pour qu'ils puissent trouver des solutions durables aux problèmes qui surviennent dans leurs recherches.
- d. **Les LR ne sont pas diffusés ou distribués à grande échelle et sont difficiles à trouver, ce qui nuit à la transparence, à la reproductibilité et à la vérification des recherches.** Pour une science ouverte et des résultats reproductibles, les chercheuses et chercheurs doivent signaler et citer les LR utilisés dans le cadre de leurs recherches. De leur côté, les développeuses et développeurs doivent archiver et publier leur code pour qu'il puisse être cité. Pour bâtir un écosystème de LR innovant et durable au Canada, il faut mettre en place des services de formation sur la publication et la citation des LR ainsi que des plateformes de recensement, d'indexation, de conservation et de tri des LR à l'échelle nationale.
- e. **Il n'y a pas d'approche coordonnée pour assurer la sécurité et l'intégrité de la recherche ainsi que la protection des intérêts canadiens.** Les équipes des LR ne disposent généralement pas des compétences, des connaissances des pratiques exemplaires en matière de développement de logiciels, ni de la compréhension des politiques de confidentialité des données nécessaires pour comprendre et prévenir les multiples menaces à la cybersécurité. Les LR doivent impérativement être au cœur d'une stratégie nationale robuste en matière de cybersécurité de la recherche et être pris en compte dans les mesures de protection qui en découlent, comme dans le cas des initiatives de cybersécurité de CANARIE et de l'Alliance.
- f. **Il convient de trouver le juste équilibre entre la gestion de la propriété intellectuelle (PI) et la promotion d'une culture prônant la mise en commun de l'information et des résultats de recherche.** Ce sont les communautés de

¹³⁰ <https://www.researchsoft.org/taskforces/>



recherche qui sont les mieux placées pour bâtir une telle culture, car les normes varient d'une discipline à l'autre. L'objectif ultime est de protéger adéquatement les résultats de recherche, tout en préconisant une approche ouverte et collaborative visant à faire progresser la recherche et le développement de pointe au Canada.

2. Communauté (événements, formation et soutien)

- a. **Le Canada a du retard par rapport à de nombreux autres pays pour ce qui est du soutien à la création d'une communauté de développement de LR efficace, soudée et organisée.** Au Canada, les LR sont souvent perçus comme des produits secondaires de recherches spécialisées, et non comme des produits de première importance ou des piliers de la recherche. En revanche, d'autres pays, comme le Royaume-Uni, l'Australie, les Pays-Bas, l'Allemagne et les pays de l'Union européenne en général, comptent des organisations communautaires locales axées sur les LR et investissent énormément de ressources dans la création de communautés de développement de LR robustes dans toutes les disciplines. D'après le sondage de l'Alliance, seuls 3 % des répondantes et répondants font actuellement partie d'une association spécialisée en LR, mais 70 % seraient enclins à rejoindre une telle association s'il en existait une au Canada.
- b. **Les compétences en matière de développement de logiciels sont insuffisantes à tous les niveaux de l'enseignement et de la recherche.** Nous observons une pénurie de formations en LR, qui affecte particulièrement les domaines qui ont récemment commencé à utiliser l'IRN dans le cadre de leurs recherches. Le sondage de l'Alliance sur les LR révèle que la majorité des répondantes et répondants sont autodidactes, qu'ils sont peu à avoir reçu une formation en LR de la part de services locaux ou régionaux comme l'Alliance, et que 72 % d'entre eux souhaiteraient suivre une telle formation si elle leur était offerte. La présence et surtout la rétention d'un PHQ spécialisé en LR au sein de l'écosystème de recherche auront une incidence durable sur l'efficacité et la productivité de la recherche au Canada.
- c. **Le manque de diversité au sein de la communauté des LR témoigne du besoin de mettre davantage l'accent sur l'équité, la diversité et l'inclusion (EDI) dans le domaine.** Parmi les répondantes et répondants au sondage de l'Alliance sur les LR, nous comptons 52 % d'hommes, 30 % de femmes, 13 % de membres de groupes racisés et seulement 1 % de personnes autochtones. Tous les programmes et services de soutien aux LR doivent faire l'objet d'un examen approfondi afin de mettre en place les mesures nécessaires pour maximiser l'EDI.

3. Coordination (politiques et gouvernance)

- a. **Le Canada n'encourage pas les initiatives de LR, et les indicateurs utilisés pour le financement, les récompenses et la reconnaissance ainsi que les perspectives de carrière ne tiennent pas compte des réalisations dans le domaine.** Toutes les parties prenantes ont la possibilité d'adopter des politiques,



programmes et systèmes d'évaluation qui tiennent compte du rôle important joué par les LR, au même titre que les autres produits de la recherche, dans l'avancée de toutes les disciplines. La mise en place d'indicateurs clés pour mesurer les activités liées aux LR permettrait de faire évoluer la culture dans le sens du savoir accessible.

- b. **Le Canada ne dispose pas actuellement de politiques, de normes et de protocoles bien développés pour garantir le respect des pratiques exemplaires, des normes internationales et de l'interopérabilité dans le domaine des LR.** S'il est indéniable que la recherche actuelle se veut multidisciplinaire et internationale, peu de personnes savent comment assurer l'interopérabilité des infrastructures de recherche à l'échelle mondiale afin d'offrir un soutien adéquat à toutes les formes de recherche. Il faut donc soutenir les initiatives de développement nationales afin de les intégrer à la structure mondiale des LR.
- c. **Le PHQ (chercheuses et chercheurs, étudiantes et étudiants, postdoctorantes et postdoctorants et tout membre du personnel de soutien à la recherche) qui développe les LR doit être reconnu pour sa contribution au processus scientifique.** Le titre d'« ingénieure » et « ingénieur » en logiciels de recherche (spécialiste en logiciels de recherche ou SLR) a récemment été créé pour reconnaître les gains d'efficacité et l'amélioration des résultats engendrés par la présence d'un PHQ spécialisé en LR dans les équipes de recherche.¹³¹ Malgré l'émergence de communautés de SLR dans la plupart des régions, le Canada doit déployer des efforts ciblés afin de créer une communauté nationale de SLR ainsi que des perspectives de carrière stables pour les SLR au sein des établissements universitaires et au-delà. Une stratégie solide de recrutement et de rétention du personnel spécialisé dans les LR, et en particulier des SLR, s'impose.
- d. **Les organismes de recherche fédéraux et provinciaux doivent mettre au point une stratégie pour encourager la collaboration avec les établissements d'éducation supérieure et les autres organismes gouvernementaux.** Bien que nous assistions à l'émergence d'un leadership national coordonné en matière de LR, les tentatives de consolidation des différentes communautés ont été ralenties par l'absence de financement adéquat et d'un mandat formel. Sans coordination des investissements dans les LR, il est difficile de mettre en œuvre les politiques, les processus, les protocoles, les pratiques exemplaires et les normes communes indispensables au domaine.

¹³¹ Même si nous employons ici les termes courants « ingénieure » et « ingénieur », les SLR canadiens ne sont pas tous des ingénieures et ingénieurs agréés.



Coup d'œil vers l'avenir de l'écosystème des LR de 2023 à 2030

Vision

Construire un écosystème de logiciels de recherche équitable, durable et de classe mondiale au Canada en développant les capacités, la communauté et la coordination en matière de logiciels de recherche afin de fournir des outils qui englobent l'ensemble de l'écosystème de l'IRN et propulsent la recherche et l'innovation.

Objectifs

1. **Renforcer les capacités** du Canada pour **développer et maintenir des outils et des plateformes de LR** de classe mondiale.
2. **Construire une communauté** active de personnel hautement qualifié (**PHQ**) au Canada autour de l'**emploi** et du **développement** des LR.
3. **Se coordonner** avec les parties prenantes pour assurer la **gouvernance** de l'**écosystème** des LR et **établir** une **politique** canadienne sur les LR.

Recommandations

Compte tenu de la nature des commentaires des parties prenantes, des résultats du sondage sur les LR, des états actuels et souhaités et de [l'évaluation de l'ILR](#) qui leur est associée, nous recommandons que l'Alliance se concentre sur les aspects suivants pendant son mandat 2025-2030. Ces recommandations portent sur le rôle de l'Alliance et les types de soutien qu'elle peut offrir, conformément à son entente de contribution et à son mandat. Pour assurer le succès des LR dans le mandat 2025-2030 de l'Alliance, il nous faut faire des recommandations visant à soutenir et améliorer les ressources et services nationaux consacrés aux LR, recoupant les initiatives régionales et institutionnelles de manière synchronisée et efficace, promouvant l'adoption de pratiques exemplaires nationales et internationales en matière de LR et s'harmonisant avec les autres piliers de l'IRN. Ces recommandations ont pour objectif de répondre aux besoins des chercheuses et chercheurs, des développeuses et développeurs, des établissements et des disciplines, de renforcer la présence, l'influence et la réutilisabilité des LR et, ultimement, de créer un écosystème d'IRN cohérent, organisé et durable.



La liste complète de nos recommandations pour l'amélioration des capacités, de la communauté et de la coordination des LR au Canada est fournie ci-dessous (voir Figure 7). Chacune de ces recommandations est associée à au moins une étape ou catégorie de cycle de vie des LR selon l'ILR. Nous avons également attribué à chaque catégorie une cote (allant de 1 à 5) correspondant à leur état actuel (EA), leur état souhaité (ES) et leur niveau de priorité. Sur l'ensemble des étapes du cycle de vie de la recherche, nous avons accordé la priorité maximale (5) à 16 catégories sur 50. Chaque recommandation émise concerne au moins une de ces catégories de priorité 5, et toutes les catégories de priorité 5 recensées dans le tableau de l'ILR ont été prises en compte dans nos recommandations. En considérant l'écosystème des LR sous l'angle de l'ILR, nous avons pu nous concentrer sur les domaines du cycle de vie de la recherche qui méritent une attention particulière et qui intègrent le CIP et la GDR. Pour plus de détails sur les 50 catégories de l'ILR, consulter l'[annexe C](#).



Figure 7. Catégories de recommandations, classées en fonction des trois grands domaines à renforcer : les capacités, la communauté et la coordination des LR.

Capacités

Financement

- Fournir un financement pour l'innovation en matière de LR.** Mettre en place un programme de financement fondé sur le mérite et axé sur l'innovation pour les plateformes de LR émergentes et existantes, afin que le Canada puisse rester à la pointe de leur développement.
 - Conceptualisation - Durabilité : EA = 0,3; ES = 4,0; Priorité = 5
 - Planification – Finances : EA = 0,1; ES = 4,0; Priorité = 5
- Fournir du financement pour assurer la durabilité des LR.** Mettre en place des programmes de financement axés sur la durabilité des LR ainsi que du soutien au PHQ (ETP) des plateformes de LR nationales et internationales développées au Canada.
 - Conceptualisation – Durabilité : EA = 0,3; ES = 4,0; Priorité = 5
 - Planification – Finances : EA = 0,1; ES = 4,0; Priorité = 5
 - Conservation et abandon – Durabilité : EA = 0,3; ES = 3,0; Priorité = 5
- Lancer des appels de financement réguliers et continus dans le cadre des programmes axés sur l'innovation et la durabilité des LR.** Favoriser la stabilité et l'expansion de l'écosystème des plateformes de LR en assurant un financement régulier et bien structuré, notamment en tenant compte de la façon dont ce financement devrait être géré lors des renouvellements de mandats.
 - Conceptualisation – Durabilité : EA = 0,3; ES = 4,0; Priorité = 5



- Planification – Finances : EA = 0,1; ES = 4,0; Priorité = 5
- 4. **Participer aux activités de financement des LR au Canada et à l'international.**
Collaborer avec les principaux organismes de financement pour concevoir des stratégies et des programmes de financement reconnaissant les LR comme un produit principal de la recherche et contribuant à la mise en place de modèles de financement fiables et durables pour les LR.
 - Conceptualisation – Durabilité : EA = 0,7; ES = 4,0; Priorité = 5
 - Planification – Finances : EA = 0,1; ES = 4,0; Priorité = 5
 - Conservation et abandon – Durabilité : EA = 0,3; ES = 3,0; Priorité = 5

Infrastructure

- 5. **Mettre au point un catalogue des plateformes, outils et services de LR.** En collaboration avec les parties prenantes, établir une liste complète des plateformes de LR développées au Canada et fournir les ressources et les outils nécessaires au partage de ces renseignements.
 - Partage et réutilisation – Publication : EA = 0,7; ES = 2,5; Priorité = 5
 - Partage et réutilisation – Diffusion : EA = 0,4; ES = 2,6; Priorité = 5
 - Partage et réutilisation – Attribution : EA = 0,4; ES = 3,1; Priorité = 5
- 6. **Améliorer notre capacité de développement d'intergiciels pour les plateformes de LR.** Garantir la présence d'effectifs suffisants (ETP) pour le développement et le soutien des intergiciels (authentification, gestion des tâches, découverte de ressources et de données) pour les ressources d'IRN au Canada (CIP/GDR) afin que les équipes des projets de LR n'aient pas à développer leurs propres solutions sans posséder les compétences nécessaires (p. ex. en matière de cybersécurité).
 - Développement des LR – Normes : EA = 0, DS = 3,6; Priorité = 5
- 7. **Améliorer le soutien à la gestion et à l'utilisation des LR.** Veiller à ce que les chercheuses et chercheurs qui emploient des plateformes de LR en lien avec les piliers de l'IRN bénéficient d'un soutien adéquat. Fournir des ressources suffisantes (ETP) pour favoriser l'utilisation des plateformes de LR à l'échelle nationale. Soutenir les chercheuses et chercheurs qui développent de telles plateformes (développement et exploitation, suivi) et faciliter l'installation et l'exploitation des plateformes existantes, qu'elles soient développées au Canada (p. ex. DFDR) ou à l'étranger (p. ex. Galaxy), et qui présentent de nombreuses possibilités d'application pour la communauté de recherche.
 - Utilisation des LR – Gestion : EA = 1,7; ES = 4,0; Priorité = 5

Données de recherche

- 8. **Fournir le financement et l'expertise nécessaires pour que les plateformes de LR puissent gérer leurs données conformément aux lois et règlements régionaux, nationaux et internationaux.** Veiller à ce que les initiatives à l'intersection des LR et de la GDR disposent d'une main-d'œuvre qualifiée (ETP) suffisante pour mettre à la



disposition des développeuses et développeurs de LR une formation et une expertise adéquates sur la GDR et les principes FAIR.

- Développement des LR – Principes FAIR : EA = 0,0; ES = 3,0; Priorité = 5

Cybersécurité

9. **Fournir le financement et l'expertise nécessaires pour assurer le développement et la diffusion sécuritaires des outils, des plateformes et des services de LR canadiens.** Mobiliser un personnel de cybersécurité (ETP) suffisant pour que les équipes des plateformes de LR puissent trouver les ressources et conseils dont elles ont besoin en matière de cybersécurité et de pratiques exemplaires au sein de l'écosystème de l'IRN.

- Conceptualisation – Gouvernance juridique : EA = 1,0; ES = 2,9; Priorité = 5
- Développement des LR – Normes : EA = 0, DS – 3,6; Priorité = 5

Communauté

Événements

10. **Redynamiser la communauté canadienne de spécialistes en logiciels de recherche (SLR).** Collaborer avec les parties prenantes et offrir les ressources nécessaires (ETP, financement) pour relancer des événements nationaux consacrés aux LR (p. ex. canal Slack national pour les SLR, société canadienne de SLR) et accroître la participation du Canada aux organisations internationales de LR.

- Conceptualisation – Communauté : EA = 0,3; ES = 2,8; Priorité = 5

Formation et soutien

11. **Garantir l'inclusion de la formation sur le développement des RS dans le cadre national de formation et prévoir l'allocation de ressources adéquates.** Collaborer avec des groupes de formation internes (initiatives de formation au CIP et à la GDR) et externes (initiatives institutionnelles, régionales, nationales et internationales) ainsi qu'avec des développeuses et développeurs de contenu pour veiller à ce que la formation sur le développement des LR (pratiques exemplaires en matière de développement de logiciels) dispose d'une représentation (contenu) et de ressources (ETP) adéquates. Cette formation doit notamment aborder des thèmes importants tels que les principes FAIR appliqués aux LR (FAIR4RS) et l'importance de la reproductibilité et de la réutilisation des LR.

- Planification – Formation : EA = 1,5; ES = 3; Priorité = 5
- Développement des LR – Principes FAIR : EA = 0,0; ES = 3,0; Priorité = 5
- Développement des LR – Processus de développement : EA = 0,2; ES = 4,0; Priorité = 5
- Utilisation des LR – Gestion : EA = 1,7; ES = 4,0; Priorité = 5
- Partage et réutilisation – Publication : EA = 0,7; ES = 2,5; Priorité = 5
- Partage et réutilisation – Diffusion : EA = 0,4; ES = 2,6; Priorité = 5



- Partage et réutilisation – Attribution : EA = 0,4; ES = 3,1; Priorité = 5
12. **Accroître la capacité de formation et de soutien à l'utilisation des LR en infonuagique.** Veiller à ce que l'équipe de CIP et d'infonuagique dispose d'un contenu suffisant et de ressources adéquates (ETP) pour inclure de la formation et du soutien dans son offre émergente de plateforme-service. Fournir des outils, de l'expertise et du soutien pour le développement et la gestion de code, y compris pour l'intégration et le développement continu (IC/DC). Fournir des formations (contenu) et des ressources (ETP) permettant aux chercheuses et chercheurs d'apprendre à tirer parti de l'écosystème d'IRN dans leurs recherches.
- Utilisation des LR – Gestion : EA = 1,7; ES = 4,0; Priorité = 5
 - Développement des LR – Processus de développement : EA = 0,2; ES = 4,0; Priorité = 5
13. **Développer les capacités existantes de conseil en matière de LR.** Collaborer avec les établissements (p. ex. l'université McMaster) et les consortiums régionaux (p. ex. SHARCNET) afin d'offrir des services de conseil, une formation et un soutien approfondis aux équipes de LR. Prévoir les ressources nécessaires à l'embauche d'un corps permanent d'ETP pouvant être affectés à divers projets afin d'aider les chercheuses et chercheurs à développer et optimiser leur code ainsi qu'à améliorer leurs compétences en matière de développement de LR.¹³²
- Développement des LR – Processus de développement : EA = 0,2; ES = 4,0; Priorité = 5
14. **Mettre en place un mécanisme pour inviter régulièrement les équipes des projets à se prévaloir des services de conseil en LR.** Collaborer avec les parties prenantes pour concevoir un programme national permettant aux équipes des projets de LR de bénéficier de services de conseil afin d'améliorer la qualité de leurs LR et leurs capacités de développement.
- Développement des LR – Processus de développement : EA = 0,2; ES = 4,0; Priorité = 5

Coordination

Politiques

15. **Prendre en compte les besoins de la communauté des LR dans les politiques.**
Faciliter la création coordonnée de politiques nationales de financement concernant la planification de la gestion, la citation et la réutilisation des LR.
- Conceptualisation – Gouvernance stratégique : EA = 0,8; ES = 3,2; Priorité = 5
 - Conceptualisation – Gouvernance juridique : EA = 1,0; ES = 2,9; Priorité = 5
16. **Œuvrer à la reconnaissance des LR comme produit principal de la recherche.**
Travailler à l'élaboration de politiques avec les parties prenantes nationales et internationales.

¹³² <https://research.mcmaster.ca/home/support-for-researchers/research-resources/research-software-development/>; <https://www.sharcnet.ca/my/research/programming>.



- Conceptualisation – Gouvernance stratégique : EA = 0,8; ES = 3,2; Priorité = 5
- Conceptualisation – Culture : EA = 0,4; ES = 2,2; Priorité = 5

Gouvernance

17. Placer l'équité, la diversité, l'inclusivité et l'accessibilité au cœur des programmes de LR. Inclure l'EDIA dans les appels de financement, les services et autres aspects de l'IRN à l'échelle nationale.

- Conceptualisation – Gouvernance stratégique : EA = 0,8; ES = 3,2; Priorité = 5

18. Soutenir les organisations nationales et internationales consacrées aux LR.

Financer des forums sur la gouvernance et y participer.

- Conceptualisation – Communauté : EA = 0,3; ES = 2,8; Priorité = 5

19. Collaborer avec les parties prenantes pour créer de bonnes perspectives de carrière pour les SLR. Collaborer avec les parties prenantes pour créer, dans la mesure du possible, des parcours professionnels stables au sein des établissements (services de TI, vice-rectorat à la recherche, bibliothèques).

- Conceptualisation – Durabilité : EA = 0,3; ES = 4,0; Priorité = 5

20. Témoigner des progrès au moyen de mesures et d'indicateurs de rendement.

Surveiller l'avancée des programmes de LR en y attribuant des indicateurs de rendement clés et des mesures pour faire état des progrès. Veiller à l'allocation de ressources suffisantes (ETP) pour le suivi des programmes.

- Planification – Évaluation : EA = 0,5; ES = 4,0; Priorité = 5



Suivi des progrès et de l'influence des LR au Canada

Il est crucial de recueillir des données pour mesurer la portée des logiciels de recherche,¹³³ mais la tâche peut s'avérer complexe et varier en fonction des types d'applications, de leur mise en œuvre, du domaine visé, etc. La liste générale fournie ci-dessous se base sur une liste de mesures plus détaillée (voir l'[annexe D](#)) employée dans divers contextes nationaux et internationaux.¹³⁴ Elle a pour but de faciliter le dialogue sur les mesures et les indicateurs de rendement clés requis pour évaluer la réussite d'outils et de plateformes de LR donnés. Étant donné que peu d'articles citent des logiciels à l'heure actuelle, les outils faisant appel à l'IA pour recenser ces mentions dans des publications peuvent également être utilisés pour mesurer la portée des LR. Bien qu'il soit difficile de classer ces mesures par ordre d'importance, celles qui évaluent l'influence de la recherche sont indiquées en premier.

Il existe plusieurs catégories de mesures possibles :

1. **Citations** : p. ex. LR cités dans des articles (utilisation d'un ou plusieurs LR, LR employés pour le stockage de données, réutilisation de données issues de plateformes de LR), LR mentionnés dans des articles (sans être cités formellement), LR cités dans des logiciels (notes de publication sur GitHub).
2. **Statistiques sur les données** : p. ex. nombre de répertoires, nombre de déposantes et déposants ou d'intendantes et intendants de données, nombre de jeux de données (niveau de regroupement des données d'une étude), nombre d'entités (lorsque plusieurs entités participent à une étude), nombre de dossiers (il peut y avoir plusieurs dossiers par entité), nombre de téléchargements.
3. **Statistiques sur les utilisateurs** : p. ex. nombre total d'utilisateurs (depuis le lancement de la plateforme), nombre d'utilisateurs actifs individuels (sur une période donnée), nombre de connexions par visite, nombre de connexions par utilisateur individuel, nouveaux utilisateurs, répartition géographique des utilisateurs.
4. **Statistiques sur le projet ou le financement** : p. ex. nombre d'années de développement, durée de la production (utilisation par des groupes tiers), nombre de subventions pour LR obtenues, nombre de demandes de subvention rejetées, budget total et budget annuel minimum sur l'ensemble de la durée du projet, niveau de dotation.

¹³³ <https://rse.shef.ac.uk/blog/2022-10-13-quality-value-research-software/>

¹³⁴ Stockinger et coll., "Plan for collation of metrics and quality data at the ELIXIR Hub", Zenodo, March 8, 2018, <https://doi.org/10.5281/zenodo.1194122>; Metrics for Data Repositories and Knowledgebases: Working Group Report, <https://datascience.nih.gov/news/metrics-for-data-repositories-and-knowledgebases-working-group-report>.



5. **Exploitation** : p. ex. coûts liés au stockage, au traitement, au matériel et au personnel, coût par jeu de données, téléchargement ou analyse.
6. **Statistiques Web** : p. ex. visites par sessions, consultations de pages, réponses par requête, téléchargements, utilisateurs unique par adresse IP, emplacement géographique, temps utilisable.

Notons que ces mesures et indicateurs ne mesurent pas la réussite de la stratégie en matière de LR, mais plutôt des plateformes et outils individuels. Lorsque les recommandations formulées dans la stratégie seront mises en œuvre, il conviendra d'assigner à chacune d'entre elles des indicateurs de rendement clés concrets.



Risques

Le groupe de travail sur la stratégie en matière de LR (GTSLR) a relevé certains risques associés à la stratégie de 2025 à 2030 sur les LR. Nous recommandons à l'Alliance de les comptabiliser dans son registre des risques, de suivre les changements apportés à la stratégie et leurs effets sur ces risques et de les atténuer dans le cadre d'un plan d'application des recommandations émises. Le GTSLR a souhaité mettre en relief les risques énumérés ci-dessous (voir table 1) en raison de leur incidence importante sur les LR, mais a estimé qu'il ne lui revenait pas de proposer des stratégies d'atténuation : c'est en effet à l'Alliance qu'il incombe de mettre en place de telles stratégies pour ses initiatives, dans le cadre de la planification de ses activités.

Certains des titres et descriptions de risques ont été empruntés à d'autres documents de l'Alliance sur les risques et modifiés au besoin pour tenir compte des spécificités des LR. La source originale est consignée dans la colonne « Source ». Comme nous l'avons noté, les risques sont issus des registres des risques existants de l'Alliance.

Table 1. Registre des risques, basé sur le registre des risques du plan d'entreprise de l'Alliance 2023-2024, avec des risques spécifiques aux LR mentionnés explicitement.

Registre des risques de l'Alliance	Risques propres aux LR	Source
Continuité et qualité des services : Il est possible que la transition des activités liées au CIP, à la GDR et aux LR vers l'Alliance tout en assurant la continuité des activités courantes soit difficile à exécuter sans nuire à la qualité des services. La transition vers un environnement axé sur la production exigera la conclusion d'ententes de niveau de service et l'établissement d'indicateurs de rendement clés (IRC) pour évaluer le rendement. Les ressources actuelles ne possèdent peut-être pas les compétences ni l'expérience nécessaires pour gérer cette transition. En outre, plus la transition s'échelonne sur une longue période, plus il sera difficile de maintenir en poste les spécialistes de l'IRN de l'Alliance.	Continuité et qualité des services : Le manque de continuité des programmes pourrait nuire à la communauté des LR, car plus la période de transition est longue, plus il est difficile de conserver un personnel qualifié. Certaines plateformes de LR pourraient disparaître en raison de l'absence de financement et de soutien.	Plan organisationnel 2023-2024 ¹³⁵

¹³⁵ <https://alliancecan.ca/sites/default/files/2023-04/Plan-organisationnel-2023-2024.pdf>



Attentes et échéanciers : Les dates d'exécution des projets prévues initialement pourraient être reportées compte tenu de la complexité des sujets traités, des échéanciers serrés et du manque de ressources disponibles. Pour ces raisons, l'Alliance pourrait avoir de la difficulté à répondre à toutes les attentes de la communauté. Il y a également un risque de division au sein de la communauté de l'IRN (p. ex. propositions de financement concurrentielles et approches propres aux régions et disciplines au lieu d'une approche nationale unifiée) si l'Alliance n'arrive pas à répondre aux attentes.	Attentes et échéanciers : Les retards peuvent entraîner des conséquences négatives pour la communauté des LR, comme la perte de plateformes et le risque de perte de PHQ dans l'écosystème de l'IRN.	Plan organisationnel 2023-2024
Financement : Incapacité de finaliser l'entente de contribution, impossibilité de générer des fonds de contrepartie avec les provinces et d'autres sources, et rejet du modèle national de prestation des services, du modèle de financement et du plan stratégique.	Financement : Incapacité de mettre en œuvre des programmes de financement en raison du rejet d'initiatives.	Plan organisationnel 2023-2024
Réputation : Incapacité de l'Alliance de gérer les attentes des parties prenantes, de desservir la communauté de recherche et de répondre aux exigences énoncées dans l'entente de contribution qu'elle a conclue.	Réputation : Non-respect du mandat de financement, de soutien et de coordination des LR.	Plan organisationnel 2023-2024
Accent sur les domaines : Bien que le CIP soit plus complexe et exige plus de ressources (spécialistes de l'IRN de l'Alliance, budget) que la GDR et les LR, la planification de la transition pour ce domaine ne devrait pas se faire au détriment des deux autres domaines.	Insuffisance de ressources – Accent sur les domaines : Les LR sont un domaine jeune par rapport au CIP et à la GDR et, par conséquent, sont particulièrement vulnérables à cet égard.	Plan organisationnel 2023-2024



Proposition pour 2023 à 2025

Étant donné qu'aucun financement n'a été accordé aux LR entre 2021 et 2023 et que la proposition initiale en matière de LR de l'Alliance à ISDE pour le mandat 2023-2025 a été rejetée, nous avons décidé d'établir une liste de risques majeurs et de stratégies pour les atténuer ci-dessous.

Risques :

1. Perte de PHQ en raison du financement instable et imprévisible des LR au Canada.
2. Perte de plateformes de LR importantes en raison de l'absence de stratégie de financement durable pour les LR.
3. Perte de confiance envers l'Alliance en tant que fournisseur d'IRN.
4. Manque de soutien d'ISDE pour la mise en place d'une approche plus complète.
5. Manque de financement à cause du transfert du mandat de CANARIE et de la FCI pour la période de 2025 à 2030, entraînant l'affaiblissement de la communauté des LR au Canada.

La proposition initiale de l'Alliance à ISDE pour le mandat 2023-2025 ayant été rejetée, le groupe de travail a estimé qu'il était urgent de faciliter le travail des équipes canadiennes travaillant actuellement sur des LR dans une optique étroitement liée à celle de la stratégie décrite dans le présent document.

1. Lancer un appel de financement pour 2024-2025 reflétant la stratégie émergente et offrant un certain soutien aux plateformes et aux équipes de LR existantes.
 - a. Description : Pendant la période de 2023 à 2024, l'Alliance planifiera les détails des nouveaux modèles de prestation des services, notamment comment évaluer les plateformes de LR et déterminer si elles ont une portée nationale. Une première version de ces réflexions sera employée pour sélectionner des plateformes nationales et internationales de la communauté canadienne des LR et leur accorder un financement-charnière. Celui-ci facilitera le développement continu de ces plateformes au besoin, mais également leur intégration au cadre national de prestation de services de l'Alliance.
 - b. Financement
 - i. Appels de financement ciblés
 - ii. 5 millions de dollars
 - c. Modèle
 - i. National/international
 - d. Début/fin
 - i. 2023 à 2025



Annexe A : Évaluation des besoins de l'Alliance

Publié en septembre 2021, le rapport sur l'évaluation des besoins de l'Alliance présente les faits saillants du processus d'évaluation des besoins de 2021, qui comprenait un sondage, une série d'assemblées publiques et plus d'une centaine d'exposés de position.¹³⁶ Il mentionne plusieurs éléments généraux pertinents pour l'écosystème des LR.

1. Créer un catalogue national des ressources en IRN qui est accessible à l'ensemble des chercheuses et chercheurs du Canada et permet de trouver rapidement l'outil adapté à ses besoins.
2. Assurer l'équité du financement de soutien institutionnel, notamment en ajoutant des volets pour les plus petits établissements, en facilitant l'embauche de personnel de soutien professionnel et en renforçant l'offre de services locale.
3. Conjointement avec les parties prenantes nationales, établir des mandats et des politiques de savoir accessible pour harmoniser les exigences de conformité et la prestation des services sur tous les plans.
4. Adopter des normes ou politiques d'interopérabilité communes qui reflètent le besoin de créer une IRN nationale capable de s'intégrer aux systèmes internationaux et facilitant la coopération entre les pays.
5. En réponse au manque de normes usitées, proposer une solution fédérée sûre et normalisée conforme à divers règlements sur le respect de la vie privée pour résoudre les difficultés communes en lien avec l'interopérabilité des jeux de données (couplage de données, ontologies communes, etc.) et des plateformes, particulièrement la gestion des données sensibles dans les sciences de la santé et de la vie et dans les disciplines utilisant des données qualitatives.
6. Faire l'usage et la promotion de matériel et de logiciels libres gratuits.
7. Fournir des services professionnels de développement de code, d'algorithmes et de pipelines.

Le graphique ci-dessous (voir figure 8), tiré du sondage d'évaluation des besoins, est parlant : des 10 principales activités des chercheuses et chercheurs, 6 sont directement liées aux LR.

¹³⁶ https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-04/EvaluationBesoins_Alliance_20220126.pdf;
<https://alliancecan.ca/fr/initiatives/evaluation-des-besoins-de-linfra-structure-de-recherche-numerique-au-canada>

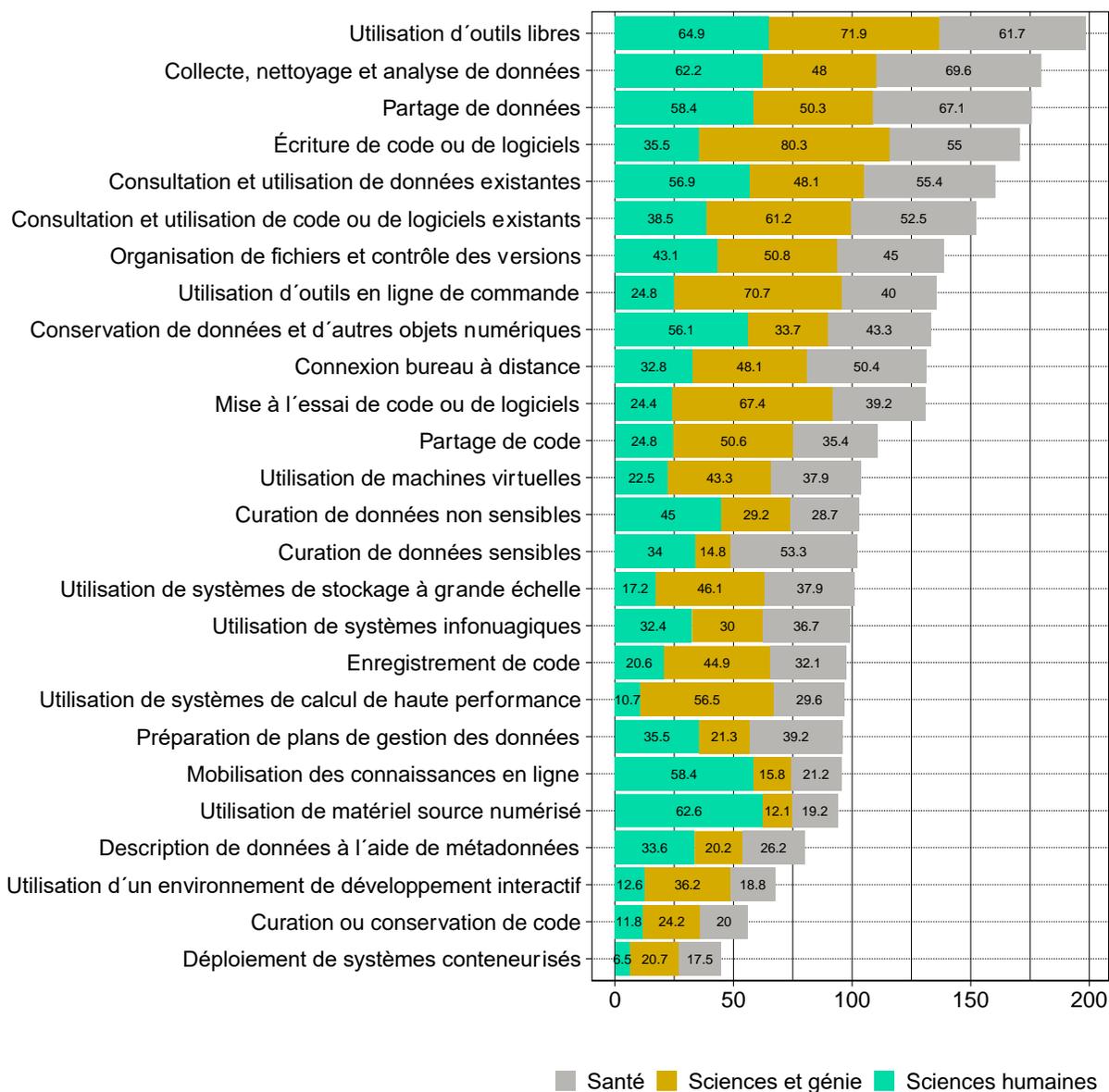


Figure 8. Résultat d'une question de l'enquête d'évaluation des besoins : Lesquelles de ces activités font partie de vos processus de recherche? Veuillez cocher toutes les réponses qui s'appliquent. Choix multiple. (Sciences humaines, n=262; santé, n=240; sciences et génie, n=644; total, n=1 146).

De plus, certains exposés de position remis à l'Alliance font état de difficultés propres aux LR que celle-ci pourrait alléger. La liste ci-dessous résume les points importants d'une sélection d'exposés; des extraits plus complets sont présentés à l'[annexe B](#).

1. Généralités

- a. Indiquer clairement aux chercheuses et chercheurs quels services (supplémentaires) seront offerts et faciliter l'accès à ceux-ci.



- b. Encourager la sensibilisation, l'apprentissage et l'évolution de la culture de façon progressive, agile et non intrusive.
- c. Fournir un cadre d'IRN comprenant des infrastructures de CIP stables et fiables, des outils faciles d'accès pour utiliser les systèmes nationaux et une équipe de soutien centralisée (scientifiques du domaine, spécialistes en logiciels et en CHP, etc.) afin : d'appuyer les plateformes de recherche; d'organiser des appels et d'obtenir du financement pour le développement et la maintenance de ces plateformes; et d'assurer une contribution à long terme aux grandes plateformes de recherche pour en faire des services nationaux durables (plateformes de recherche-service [RPaaS]).

2. Capacités

a. Financement

- i. Établir et étendre à d'autres universités canadiennes un programme pour continuer de subventionner – à l'échelle nationale, régionale et locale – les développeuses et développeurs de logiciels, le personnel de soutien des LR et de l'IRN, et les équipes de LR, y compris les équipes de développement locales existantes.
- ii. Mettre au point un programme sûr, durable et continu pour l'investissement dans le développement de nouvelles plateformes et la maintenance des LR.
- iii. Faciliter l'accès aux ressources d'IRN en finançant des groupes de recherche sur l'interopérabilité des systèmes et la standardisation des données.
- iv. Établir des systèmes efficaces pour l'administration du financement de l'IRN et la reddition de comptes associée afin d'économiser du temps aux équipes de recherche et aux établissements.
- v. Élaborer un mécanisme pour l'allocation rapide de ressources (p. ex. CAR).
- vi. Définir des critères et un processus réfléchi et rigoureux pour la sélection de LR et de plateformes de LR nationaux et mettre au point un système de surveillance pour assurer le maintien du niveau de service.

b. Infrastructure

- i. Bâtir une IRN à grande échelle adaptée à chaque domaine qui :
 1. présente les ressources du domaine (p. ex. systèmes et outils logiciels, stockage, informatique, partage, intégration et analyse de données, réseaux);
 2. offre un accès en continu à un portail de repérage fédéré doté d'un soutien à la disponibilité et à l'administration;
 3. intègre le développement de LR, la GDR et le CIP;
 4. facilite la collaboration libre et la communication professionnelle en recherche (p. ex. normes communes pour les annotations et la provenance);
 5. fonctionne avec tous les types de données;



6. est agile et réactive;
 7. favorise l'interopérabilité et la standardisation;
 8. utilise un environnement infonuagique;
 9. se compose de blocs modulaires (p. ex. actualisation et validation des types de données, gestion des accès, enregistrement de projets, gestion de différents modèles de gouvernance des données);
 10. favorise la réutilisation des logiciels et des données;
 11. offre un système d'IRN pancanadien fédéré et sécurisé (CIP et GDR) pour l'accès aux données sensibles qui respecte les normes internationales de partage des données (ex. : GA4GH pour les données génomiques).
- ii. Concevoir un mécanisme personne-machine efficace pour l'interface entre les chercheuses et chercheurs et le système tout entier.
 - iii. Établir une plateforme d'infrastructure pour les communautés de pratique afin de servir des groupes précis, dans une optique d'EDI.
 - iv. Créer une interface administrative unique, efficace, conviviale, complète et centralisée pour la gestion des comptes utilisateurs, l'allocation des ressources et la documentation, et la relier au plus de fonctions administratives possible pour aider les utilisatrices et utilisateurs à découvrir les ressources d'IRN de l'Alliance ou à y accéder.
 - v. Rationaliser et améliorer les interfaces du système entier pour réduire les redondances (p. ex. demandes, reddition de comptes).
 - vi. Explorer les ressources infonuagiques commerciales.
 - vii. Offrir des environnements et des outils de collaboration interdisciplinaire pour décloisonner l'information.
 - viii. Fournir des plateformes de développement et de mise à l'essai pour vérifier les mises à jour et les nouvelles expériences sans interrompre la disponibilité continue des systèmes de production.
 - ix. Adapter et améliorer l'informatique et les services distribués à grande échelle en y intégrant des infrastructures infonuagiques et des technologies infonuagiques natives, comme Kubernetes et le stockage objet.
 - x. Encourager la création de nouveaux cadres d'analyse et assurer une expérience utilisateur stable.
 - xi. Offrir des mécanismes unifiés de gestion des changements, d'alerte et d'assistance technique, par exemple un tableau de bord uniforme qui rassemble toutes les alertes des changements système et autres, et y intégrer un suivi de la performance et des fonctions des différents sites fédérés.

c. Données de recherche



- i. Agir comme carrefour de la recherche et des données pour les parties prenantes de l'écosystème de l'IRN (secteurs public, universitaire et privé, nations autochtones, organismes sans but lucratif, etc.).
- ii. Fournir une architecture orientée services (AOS) comprenant des métadonnées complètes pour aider les systèmes d'information à produire des données-service à partir d'API normalisées.

d. Sécurité

- i. Ajouter des plateformes-services (PaaS) aux interfaces de soutien de l'Alliance, particulièrement là où des gains généralisés d'efficacité, de qualité logicielle et de sécurité seraient possibles.

3. Communauté

a. Événements

- i. Répondre à la demande pour des SLR dans les équipes locales de soutien à la recherche.
- ii. Faciliter les approches de recrutement et de maintien en poste à long terme du PHQ.
- iii. Fournir un soutien disciplinaire national aux projets en cours et en préparation.
- iv. Encourager et appuyer la formation de communautés de pratique (p. ex. communautés canadiennes de LR axées sur les données ou le calcul).

b. Formation et soutien

- i. Assurer la coordination nationale du soutien technique et de la formation à l'utilisation.
- ii. Élaborer une stratégie en matière de LR axée sur la formation et l'adoption de pratiques exemplaires (p. ex. documentation) ainsi que sur la promotion du partage et de la réutilisation des LR.
- iii. Faciliter la formation locale, régionale et nationale des stagiaires sur le développement logiciel et les nouvelles technologies (p. ex. AM, IA) et améliorer l'accès à des spécialistes des logiciels pour les initiatives majeures.
- iv. Offrir une formation sur les LR adaptée au contexte et aux pratiques de chaque domaine.
- v. Promouvoir les pratiques exemplaires en matière de LR et d'IRN (p. ex. principes FAIR, FAIR4RS et CARE).
- vi. Voir à l'équité interrégionale et interspécialisation des interfaces de soutien pancanadiennes et pandisciplinaires pour décroïsonner les domaines de recherche.
- vii. Offrir des plateformes accessibles favorisant l'étayage des champs de recherche mal desservis.
- viii. Former les spécialistes des TI pour la gestion d'infrastructures informatiques complexes et cultiver l'expertise sur les questions et les données de recherche.

4. Coordination



a. **Politiques**

- i. Créer et promouvoir des incitatifs au partage de code.

b. **Gouvernance**

- i. Élaborer des stratégies centralisées agiles et évolutives pour assurer le suivi exact et éclairé des communications ainsi que des réponses rapides.
- ii. Élaborer une stratégie nationale pour la coordination du financement et de l'allocation des ressources avec les organismes homologues et les fournisseurs de services (p. ex. FCI, les trois organismes de financement de la recherche, Génome Canada).
- iii. Coopérer avec les organismes et les initiatives homologues pour le financement et l'exploration de nouvelles technologies.
- iv. Offrir des options de personnalisation par projets pour la communication entre les membres des équipes d'infrastructures et les chercheuses et chercheurs.
- v. Renforcer les partenariats entre les établissements en mettant les spécialistes de l'IRN, l'expertise et les améliorations de chacun à profit dans le système national.
- vi. Établir des relations avec des entités internationales et des sociétés à but lucratif.
- vii. Mettre en place un mécanisme officiel surveillé pour la collecte des suggestions.
- viii. Évaluer et réviser régulièrement le système pour répondre aux besoins émergents, en fonction des commentaires des utilisatrices et utilisateurs et des valeurs fondamentales de l'Alliance.



Annexe B : Extraits des exposés de position

1. **A Dynamic Environment for Medical Image Computing Research in Canada**¹³⁷
 - a. *Un système facilitant l'accès aux images médicales cliniques (radiologie, pathologie, cardiologie, neurologie, etc.) serait un atout majeur pour les chercheuses et chercheurs du Canada, particulièrement si ces images s'accompagnaient d'annotations et de données cliniques pertinentes sur le diagnostic (y compris les biomarqueurs moléculaires), le traitement, le profil démographique et les résultats.*
 - b. *Mécanismes de financement favorisant et encourageant la collaboration comme mode de développement de code et d'outils à partager.*
2. **A Perspective on a Canadian Digital Research Infrastructure From: McGill Centre for Integrative Neuroscience (MCIN)**¹³⁸
 - a. *Offrir des perspectives de carrière explicites et concurrentielles pour favoriser le maintien en poste du PHQ spécialisé en numérique travaillant dans les universités.*
 - b. *Entretenir et développer les infrastructures existantes efficaces et ne pas chercher à « réinventer la roue ».*
 - c. *Favoriser l'interopérabilité et la standardisation des infrastructures de recherche et des résultats documentés.*
 - d. *Fournir des outils de stockage, de traitement et de curation accessibles à faible prix.*
3. **Livre blanc sur la Direction de la recherche d'ACENET pour la NOIRN**¹³⁹
 - a. *Partout au pays, les programmes de premier cycle devraient offrir des formations intensives sur les bases de la programmation, le changement de langage (p. ex. de C à Python, à R ou à MATLAB) et la structure des logiciels, en mode synchrone et asynchrone.*

¹³⁷ Simpson et coll., "A Dynamic Environment for Medical Image Computing Research in Canada", https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/ndrio_white_paper_medical_imaging_consortium.pdf.

¹³⁸ McGill Centre for Integrative Neuroscience McGill Centre for Integrative Neuroscience (MCIN), "A Perspective on a Canadian Digital Research Infrastructure From: McGill Centre for Integrative Neuroscience McGill Centre for Integrative Neuroscience (MCIN)", <https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/ndrio.pdf>.

¹³⁹ Rutenberg, « Livre blanc sur la Direction de la recherche d'ACENET pour la NOIRN – Andrew Rutenberg, au nom de la Direction de la recherche d'ACENET », https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/acenet_rd_white_paper_for_ndrio.pdf.



4. **All Researchers Use Digital Resources: On Campus Support, Grants, Labs, and Equity**¹⁴⁰
 - a. ... contribuer activement à l'EDI en exigeant que les propositions de projets tiennent compte des préjugés potentiels : les tendances capacitistes, racistes, sexistes et cishétéronormatives de nombre de technologies et de modèles de données (algorithmes de recherche Web, apprentissage machine, IA, matériel comme les technologies vestimentaires)...
 - b. ... s'assurer que les étudiantes et étudiants de tous les cycles, les stagiaires postdoctoraux et le personnel externes au corps professoral, comme le personnel non universitaire (gestionnaires de laboratoire, personnel de projets à temps plein ou partiel, etc.), disposent des accès nécessaires et sont reconnus et rémunérés de façon équitable pour leur temps et leur travail.
5. **Building a data science platform for better health**¹⁴¹
 - a. Architecture et pipelines de données : infrastructures réutilisables et extensibles en soutien au pipeline données-analyse requis pour l'IA, l'AM et les autres analyses exigeant des calculs importants.
 - b. Déploiement d'analyses prédictives : logiciels et équipes pour le développement et la mise en œuvre d'analyses prédictives. L'aspect logiciel est essentiel au développement, à la collecte de données et à l'évaluation des applications concrètes des analyses prédictives (IA) et des outils décisionnels utilisés dans les différentes régions et les différents établissements ainsi que par les fournisseurs et les patientes et patients.
6. **Canada's Future DRI Ecosystem for Humanities & Social Sciences (HSS)**¹⁴²
 - a. Environnement simple et personnalisé pour le déploiement d'applications Web, avec services de maintenance et mises à jour de sécurité (administration du système).
 - b. Solutions logicielles pour l'hébergement à long terme de communications universitaires sur le Web.
 - c. Bacs à sable et prototypes – particulièrement utiles pour la formation aux cycles supérieurs.
 - d. Plateforme technologique agile capable de s'adapter aux divers processus et pipelines utilisés par les spécialistes des sciences humaines dans leur travail, avec assistance humaine sur le terrain.
7. **Canada's Path to a Global Open Research Commons**¹⁴³

¹⁴⁰ Estill, "All Researchers Use Digital Resources: On Campus Support, Grants, Labs, and Equity", https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/ndrio-white-paper-w-centernet-submitted_fixed-1.pdf.

¹⁴¹ Rosella et coll., "Building a data science platform for better health", <https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/ndrio-white-paper-pophealth-final-rosella-dec14.pdf>

¹⁴² Rockwell et coll., "Canada's Future DRI Ecosystem for Humanities & Social Sciences (HSS)", https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/csdlh_ndrio_whitepaper.pdf.

¹⁴³ <https://alliancecan.ca/en/canadas-path-global-open-research-commons>.



- a. *Pour la suite des choses, les services de découverte des données doivent être reconfigurés pour les blocs-notes et les ERV, de sorte qu'il soit possible d'interroger n'importe quelle source de données de son lieu de travail.*
 - b. *Notre vision idéale de l'IRN au Canada est de plus en plus atteignable; les groupes de coordination internationaux nous permettent de déterminer et de disséquer les tâches à accomplir ainsi que d'établir une communauté de pratique pour compléter les infrastructures et les normes.*
- 8. Considerations from researchers from Université Laval¹⁴⁴**
- a. *Le personnel hautement qualifié est la clé du développement de logiciels de recherche.*
 - b. *L'Alliance devrait avoir un programme pour la création et l'accompagnement d'équipes de logiciels de recherche en soutien aux chercheuses et chercheurs locaux. Elle devrait aussi cultiver une communauté visant à rassembler les équipes institutionnelles du pays afin de promouvoir les pratiques exemplaires en développement logiciel, d'encourager la réutilisation de logiciels et de favoriser le déploiement des solutions logicielles novatrices des équipes dans la plateforme nationale.*
- 9. Digital research infrastructure of two research laboratories in the field of structural dynamics¹⁴⁵**
- a. *Afin de promouvoir les pratiques exemplaires en matière de GDR et de LR, il faudra opérer un véritable changement de paradigme : 1) rendre tous les articles publiés pleinement accessibles dans les répertoires publics centraux; 2) promouvoir l'utilisation de logiciels libres; 3) diffuser de façon durable le code et les logiciels de recherche libres; et 4) assurer la continuité des activités des laboratoires en cas de départ de chercheuses ou chercheurs et d'étudiantes ou étudiants.*
- 10. Digital research infrastructure to support federated computing on large scale biomedical datasets¹⁴⁶**
- a. *Afin de profiter pleinement des avantages de la santé numérique, nous aurons besoin de données et de ressources logicielles de calibre national, accompagnées de politiques de respect de la vie privée et d'infrastructures matérielles permettant le stockage, le partage et l'interprétation sécurisés des données médicales par l'IA et les autres outils d'analyse avancée.*

¹⁴⁴ Corbeil et coll., "Considerations from researchers from Université Laval", https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/ul_researchers_ndrio_whitepaper.pdf.

¹⁴⁵ Batailly et coll., "Digital research infrastructure of two research laboratories in the field of structural dynamics", https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/noirn_article_poly_mcgill4-1.pdf.

¹⁴⁶ Bourque et coll., "Digital research infrastructure to support federated computing on large scale biomedical datasets", https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/digital-research-infrastructure_white-paper-submission_vf.pdf.



11. Federating innovation in Digital Research Infrastructure accessibility¹⁴⁷

- a. *Nous proposons l'établissement d'une équipe fédérée qui disposerait d'une vue d'ensemble des domaines dépendants de nos ressources afin de mieux cibler les besoins de la recherche au Canada pour lesquels il n'existe pas encore de solution internationale. Un tel projet requerrait une équipe à temps plein capable de reprendre les rênes d'initiatives locales prometteuses ainsi que de créer et de maintenir une structure claire pour la gestion des accès logiciels sur l'ensemble du pipeline, du soutien local à l'adoption fédérale et au soutien à long terme après l'adoption initiale.*

12. Gaps in Digital Research Infrastructure for Canadian Digital Humanities Researchers¹⁴⁸

- a. *Encadrer le développement d'outils de logiciels de recherche (LR) facilitant l'archivage et la gouvernance des données en sciences humaines numériques et publier ces outils en ligne.*

13. Interface Matters¹⁴⁹

- a. *Veiller à ce que l'interface principale de l'Alliance fournisse aux utilisatrices et utilisateurs toute l'information et toutes les fonctionnalités nécessaires pour exploiter et gérer l'IRN et rendre compte de leur utilisation des outils.*
- b. *Voir à l'équité interrégionale et interspécialisation des interfaces de soutien.*
- c. *Offrir des plateformes accessibles favorisant l'étayage des champs de recherche mal desservis.*
- d. *Établir une plateforme pour les communautés de pratique afin de servir différents sous-groupes de l'infrastructure.*
- e. *Ajouter des plateformes-services aux interfaces de soutien de l'Alliance, particulièrement là où des gains généralisés d'efficacité, de qualité logicielle et de sécurité seraient possibles.*

14. Large-Parallel Supercomputer Simulations – Frontiers in Canadian Research¹⁵⁰

- a. *... établir des mécanismes de financement qui offrent un encadrement flexible dans la création, l'optimisation et l'adaptation des logiciels et des écosystèmes de métadonnées requis par les simulations massivement parallèles et qui en favorisent l'usage partagé dans la communauté.*

¹⁴⁷ Faure-Lacroix et coll., "Federating innovation in Digital Research Infrastructure accessibility", <https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/federating-innovation-in-dri-accessibility.pdf>,

¹⁴⁸ Evalyn et coll., "Gaps in Digital Research Infrastructure for Canadian Digital Humanities Researchers", https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/ndrio_dh_white_paper_digital_humanities_university_of_toronto.pdf

¹⁴⁹ Antoniuk et coll., "Interface Matters", https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/cwrc_interface_matters_ndrio_white_paper.pdf

¹⁵⁰ Fernández et coll., "Large-Parallel Supercomputer Simulations – Frontiers in Canadian Research", https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/ndrio_wp_on_niagara_scale_systems.pdf



15. On Canada's Future Digital Research Infrastructure¹⁵¹

- a. 1) Continuer d'augmenter le budget pour le personnel de sécurité informatique et les initiatives de formation et de sensibilisation des chercheuses et chercheurs.
2) Augmenter l'offre de plateformes-services (PaaS) et de logiciels-services (SaaS) adaptés aux besoins de la recherche. Ces mesures auraient pour effet d'améliorer la protection des données de recherche et d'atténuer le besoin pour les chercheuses et chercheurs de connaître d'innombrables menaces, mais requerraient un investissement en ressources humaines pour créer et gérer les programmes.
- b. La spécialisation en ingénierie des logiciels de recherche est déjà reconnue dans plusieurs pays (<https://researchsoftware.org/>); l'Alliance devrait encourager la croissance et la reconnaissance de cette spécialisation au Canada, particulièrement au-delà de Calcul Canada ou de son successeur. Cette spécialisation mérite sa place dans les groupes de recherche et les universités.

16. On the Need for Local Research Software Development Funding¹⁵²

- a. Plusieurs universités canadiennes disposent déjà d'équipes de développement logiciel hautement qualifiées [...]; ce serait un énorme pas en arrière de les laisser se dissoudre par manque de financement à court terme. [...] on recommandera ainsi fortement à l'Alliance d'établir un programme pour continuer à subventionner les équipes développant des logiciels de recherche dans les établissements du pays.

17. Persistent Identifiers in Canada – Position Paper¹⁵³

- a. Nous recommandons à l'Alliance de fournir un financement annuel durable au consortium DataCite Canada et de promouvoir plus fortement l'adoption d'un système DOI pour le partage des données au Canada :
 - i. Intégrer le système DOI à toutes les infrastructures de l'Alliance.
 - ii. Exiger que tout nouveau projet de logiciel de recherche financé par l'Alliance soit compatible avec ce système.
- b. Nous recommandons à l'Alliance de fournir un financement annuel durable au consortium ORCID-CA et de promouvoir plus fortement l'adoption des identifiants ORCID pour le partage des données au Canada :
 - i. Intégrer les identifiants ORCID à toutes les infrastructures de l'Alliance.
 - ii. Exiger que tout nouveau projet de logiciel de recherche financé par l'Alliance soit compatible avec ces identifiants.

¹⁵¹ Dickson, "On Canada's Future Digital Research Infrastructure", <https://alliancecan.ca/en/canadas-future-digital-research-infrastructure>

¹⁵² Schoenrock, "On the Need for Local Research Software Development Funding", <https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/andrew-schoenrock-on-the-need-for-local-research-software-development-funding.pdf>

¹⁵³ Barsky, "Persistent Identifiers in Canada – Position Paper", <https://alliancecan.ca/en/persistent-identifiers-canada-position-paper>



- iii. *Encourager l'adoption de ces identifiants dans les systèmes de demande de subvention.*
- c. *Nous recommandons à l'Alliance de faciliter l'adoption et l'encadrement de nouveaux identifiants pérennes pour relier les chercheuses et chercheurs à d'autres éléments importants, comme les projets (RAiD) et les bourses (Grant ID), et ainsi simplifier la découverte et l'utilisation des résultats de la recherche canadienne.*
- d. *Nous recommandons à l'Alliance d'encourager les établissements canadiens utilisant des identifiants pérennes (DOI, ORCID) à avoir systématiquement recours aux identifiants ROR et d'en favoriser l'adoption dans les systèmes de demande de subvention.*

18. McGill Response to NDRIO Call for White Papers on Canada's Future DRI Ecosystem¹⁵⁴

- a. *Le Canada a besoin d'une nouvelle plateforme nationale d'infrastructure numérique comprenant des ressources logicielles, des outils d'analyse et des mécanismes de gestion des données pour les fonctions autres que le calcul de haute performance.*
- b. *Coordination du financement et de l'allocation des ressources pour l'infrastructure de recherche numérique avec les principaux organismes de financement de la recherche.*
- c. *Soutien local axé sur la formation à long terme pour améliorer l'accès au système national d'infrastructure de recherche numérique.*
- d. *Financement stable et prévisible de sites d'hébergement pour les activités de la plateforme nationale de calcul informatique de pointe.*
- e. *Adoption d'une stratégie de logiciels de recherche axée sur la formation, l'adoption de pratiques exemplaires et la promotion du partage et de la réutilisation des logiciels.*

19. Software support for ARC infrastructure¹⁵⁵

- a. *... en augmentant l'assistance technique et l'expertise en développement logiciel à l'interne pour les projets libres, les spécialistes de l'administration de système et du développement logiciel pourront collaborer pour détecter les problèmes dans les environnements de production et les corriger en amont, dans une future version distribuée du logiciel.*
- b. *La contribution aux projets de logiciels libres dont dépendent les infrastructures de CIP crée un cercle vertueux duquel naissent des projets plus sains et forts, ce qui profite non seulement aux utilisatrices et utilisateurs, mais aussi à l'ensemble de l'écosystème de recherche, nous y compris.*

¹⁵⁴ Crago, "McGill Response to NDRIO Call for White Papers on Canada's Future DRI Ecosystem", https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/mcgill_ndrio_driwhitepaper_20201214.pdf

¹⁵⁵ Taylor, "Software support for ARC infrastructure", <https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/software-support-for-arc-infrastructure.pdf>



- c. *En subventionnant les développeuses et développeurs de logiciels qui mettent leur code à la disposition des projets dont dépendent les infrastructures de CIP de la Fédération Calcul Canada, on cultivera des relations de travail productives au sein des communautés de code source libre, on s'assurera voix au chapitre dans le développement et la mise en œuvre de fonctionnalités potentiellement importantes pour le pays et ses priorités, et on facilitera la planification à long terme du déploiement des infrastructures nationales de CIP en conjonction avec des feuilles de route de développement logiciel.*

20. Steps to Success in Ensuring DRI Engages and Mobilizes Humanities and Social Science Research¹⁵⁶

- a. *Le Canada a besoin d'une infrastructure adaptée à la collaboration et au développement logiciel ainsi que d'une capacité de mobilisation des spécialistes en la matière, pas seulement au sein du HSS Commons, mais pour l'ensemble de la recherche en sciences humaines et de l'information et des projets d'IRN au pays.*

21. White Paper on Canada's Future DRI Ecosystem – Subatomic Physics in Canada¹⁵⁷

- a. *... encourager le développement de nouveaux logiciels de recherche et outils de gestion des données. Aucun organisme ne peut prédire les logiciels et les services qu'adopteront les chercheuses et chercheurs; aussi l'Alliance devrait-elle investir dans une multitude de projets pilotes plutôt que d'essayer de choisir un système ou un service universel. Le financement devrait par ailleurs être dirigé vers les projets prioritaires que les évaluations par les pairs estiment particulièrement efficaces à l'international.*
- b. *L'Alliance devrait envisager l'emploi de ressources infonuagiques commerciales, par exemple pour répondre aux pointes de demande qui dépassent les capacités actuelles.*

22. iReceptor – A case study in the challenges/opportunities in Canadian DRI¹⁵⁸

- a. *Tenir compte de l'ensemble du financement de l'IRN pour s'assurer que l'arrivée de l'Alliance n'écrase pas les volets actuels importants. Examiner soigneusement les options pour la continuité des programmes existants et des plateformes et projets qu'ils subventionnent.*
- b. *Établir une communauté de l'IRN au Canada. Axer le développement de services sur les projets susceptibles d'optimiser l'usage de l'écosystème de l'IRN tout*

¹⁵⁶ Siemens et coll., "Steps to Success in Ensuring DRI Engages and Mobilizes Humanities and Social Science Research", https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/inke_ndrio-whitepaper_12-14-20.1.pdf

¹⁵⁷ Gezerlis et coll., "White Paper on Canada's Future DRI Ecosystem Subatomic Physics in Canada", <https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/sap-white-paper.pdf>

¹⁵⁸ Breden et coll., "iReceptor – A case study in the challenges/opportunities in Canadian DRI", <https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/ireceptordriwhitepaper-final.pdf>



entier pour aider les chercheuses et chercheurs à combiner les bonnes ressources pour bâtir des solutions efficaces.

23. Livre blanc sur l'infrastructure de recherche numérique : perspective de la Faculté des sciences de l'UQAM¹⁵⁹

- a. *Afin de stimuler la recherche, il est nécessaire de favoriser l'utilisation des logiciels développés par les chercheuses et chercheurs académiques. L'accès à ces outils de recherche serait facilité par une plateforme qui permet l'utilisation directe (en ligne) des logiciels. Le portail Canarie est un premier pas dans cette direction, mais en tant que répertoire il n'assure pas lui-même l'hébergement des logiciels. Il importe aussi de documenter le développement de ces logiciels, de la même manière qu'il faut documenter les autres aspects de la recherche. Certaines équipes utilisent actuellement Github pour garder une trace des modifications/versions/problèmes et solutions.*

24. Digital Research Infrastructure for Canadian Astronomy¹⁶⁰

- a. *... l'Alliance doit investir dans le personnel de soutien. En plus d'être essentiel au bon déroulement des activités, celui-ci est un atout pour les projets de recherche. CANARIE offre des programmes visant à intégrer des développeuses et développeurs de logiciels aux groupes de recherche; l'Alliance devrait faire de même.*
- b. *Il est important de reconnaître l'importance des collaborations internationales. L'Alliance devrait travailler à établir des liens avec ses homologues étrangers.*

25. Towards Research Platform as a Service (RPaaS) initiatives¹⁶¹

- a. *Ce document propose un cadre pour aider l'Alliance à atteindre cet objectif, cadre qui devra reposer sur une infrastructure de CIP stable et fiable, des outils d'accès de niveau intermédiaire pour les systèmes de CHP, une équipe de soutien centrale pour les plateformes de recherche, une hausse du financement pour le développement et la maintenance de ces plateformes, et un appui à long terme aux grandes plateformes de recherche pour en faire des services officiels (RPaaS).*
- b. *Si l'Alliance reprend le mandat de CANARIE en matière de logiciels de recherche, il est crucial qu'elle poursuive son travail de soutien au développement des plateformes émergentes et existantes. Plusieurs améliorations pourront aussi être faites en chemin. Voici quelques suggestions en ce sens :*

¹⁵⁹ Bergeron, "Livre blanc sur l'infrastructure de recherche numérique : perspective de la Faculté des sciences de l'UQAM", https://alliancecan.ca/sites/default/files/2022-03/ugam_fds_livreblancnoirn_vfinale.pdf

¹⁶⁰ Lovekin et coll., "Digital Research Infrastructure for Canadian Astronomy", <https://alliancecan.ca/en/document/259>

¹⁶¹ Gauthier et coll., "Towards Research Platform as a Service (RPaaS) initiatives", <https://alliancecan.ca/en/document/203>



- i. *Organiser des appels pour financer les nouveaux projets de plateformes de recherche dirigés par des chercheuses et chercheurs, avec des cycles de développement d'une ou deux années suivis d'une période de maintenance pouvant servir à l'amélioration, comme le faisait CANARIE. Il s'agit d'un modèle productif et efficace qui a fait ses preuves au fil des ans.*
 - ii. *Organiser des appels pour financer les grandes améliorations de plateformes de recherche déjà utilisées et ainsi élargir leur clientèle, toujours sur le modèle de CANARIE.*
 - iii. *Augmenter le financement consacré à ces initiatives. Si cette recommandation est loin d'être surprenante, le besoin est bien réel; nous croyons fermement qu'une multitude de projets de qualité n'attendent qu'une subvention pour voir le jour.*
 - iv. *Veiller à ce que les équipes de développement comprennent des scientifiques de terrain, des professionnelles et professionnels des logiciels et des spécialistes de CHP (probablement employés dans les centres de données locaux existants) ayant une connaissance intime de l'IRN canadienne. Parallèlement, favoriser les synergies entre les spécialistes de CPH dans les centres de données existants et les équipes de recherche à la tête de ces initiatives.*
 - v. *Créer une équipe centrale de soutien aux logiciels de recherche pour suivre l'évolution des différentes plateformes dans l'objectif de promouvoir les pratiques exemplaires, d'encourager la collaboration et la réutilisation des composants logiciels, et finalement de faciliter les entreprises conjointes entre équipes de développement.*
- c. *Cette vision des choses implique que l'Alliance joue un rôle central dans la création de RPaaS pour le milieu de la recherche canadienne, en assurant un soutien à long terme à chaque RPaaS subventionnée. Il faudra donc établir un processus de sélection minutieux et complet ainsi qu'un système de surveillance efficace pour assurer le maintien du niveau de service des plateformes. L'Alliance pourrait notamment prendre les mesures suivantes pour faciliter cette transition :*
- i. *Organiser des appels de financement quinquennal pour aider les plateformes de recherche existantes à se convertir en RPaaS.*
 - ii. *Définir des critères de sélection réfléchis, par exemple en lien avec la quantité et le type d'utilisatrices et utilisateurs, l'usage de la plateforme (échanges, emplois, stockage, etc.), l'appréciation de la plateforme par la communauté, et l'existence d'autres outils ou plateformes remplissant des fonctions équivalentes.*
 - iii. *Réévaluer les RPaaS chaque année, avec la possibilité d'arrêter le financement à mi-chemin en cas de problème ou si la plateforme cesse de répondre aux critères.*



- iv. *Le financement des RPaaS ne devrait couvrir que les coûts nécessaires pour maintenir le niveau de service attendu (mises à jour mineures, petites améliorations continues); les grands projets d'amélioration relèveraient plutôt de subventions de développement.*
- v. *Toutes les équipes de RPaaS devraient compter des spécialistes sur le terrain pour fournir une assistance aux utilisatrices et utilisateurs.*
- vi. *L'exigence minimale de maintenance devrait être fixée à deux ou trois ETP afin d'assurer une redondance et un service suffisant (le nombre réel sera plus élevé pour certaines PaaS). Certains membres du personnel pourraient partager leur temps entre un projet de RPaaS et d'autres projets touchant l'IRN du Canada.*

26. HQP Pathways: Engaging the Canada's Different Disciplinary Models for HQP Training and Funding to Facilitate DRI Uptake in Canada¹⁶²

- a. *Maintenance et prestation collaboratives d'une IRN axée sur le service et les besoins de la recherche correspondant aux normes disciplinaires et aux modèles de financement dans tout le pays (en sciences humaines et en bibliothéconomie, il s'agira d'administration des systèmes et d'autres services de soutien ne pouvant actuellement pas être offerts par le CRSH ni, dans bien des cas, par la FCI ou les programmes de contrepartie provinciaux).*
- b. *IRN clé en main et soutien connexe pour les outils de développement et de communication universitaire communs, comme les grappes Kubernetes, les instances de GitLab ou les sites Web reposant sur un système de gestion de la relation client – pour éviter aux équipes de recherche les coûts et les lenteurs associés à l'installation et à la mise à jour des systèmes.*

27. Submission to NDRIO's Call for White Papers on Canada's Future DRI Ecosystem from the Compute Canada Federation Subatomic Physics National Team¹⁶³

- a. *Appuyer les environnements et les outils de collaboration interdisciplinaire : [...] Certains des outils employés par la Fédération Calcul Canada pour la collaboration interne (Slack, GitLab, wikis) séparent distinctement les utilisatrices et utilisateurs de la Fédération de ceux à l'externe, limitant la participation du deuxième groupe et créant des cloisonnements.*
- b. *Fournir des plateformes de développement et de mise à l'essai : Comme les intergiciels et les autres services de soutien évoluent constamment, il est important d'avoir des systèmes de développement et d'essai au sein de la Fédération pour vérifier les mises à jour et intégrer de nouvelles expériences sans interrompre la disponibilité continue des systèmes de production.*

¹⁶² Siemens et coll., "HQP Pathways: Engaging the Canada's Different Disciplinary Models for HQP Training and Funding to Facilitate DRI Uptake in Canada", <https://alliancecan.ca/en/document/244>

¹⁶³ Groer et coll., "Submission to NDRIO's Call for White Papers on Canada's Future DRI Ecosystem from the Compute Canada Federation Subatomic Physics National Team", <https://alliancecan.ca/en/document/211>



- c. *Encourager la création de nouveaux cadres d'analyse* : Les nouvelles expériences apportent de nouveaux outils et de nouvelles techniques pour l'analyse de données (projet en Python dans JupyterHub, projets de la HEP Software Foundation). Il n'est pas toujours facile d'adapter le cadre de la Fédération en conséquence pour assurer une expérience harmonisée entre les sites fédérés.
- d. *Offrir des mécanismes unifiés de gestion des changements, d'alerte et d'assistance technique* : Le modèle individualisé de gestion des changements, d'alerte et d'assistance technique est insuffisant et trop rigide pour les projets de l'équipe nationale de physique subatomique qui touchent plusieurs sites au pays et ailleurs. Il sera probablement nécessaire de créer un tableau de bord uniforme qui rassemble les alertes des changements système et autres pour tous les projets subatomiques et connexes. Un suivi de la performance et des fonctions des sites fédérés serait aussi utile pour les gros projets.

28. **Gaps and Opportunities for NDRIO Support of Research Data Management**¹⁶⁴

- a. *Élément 3 : Logiciels de recherche (LR) – Accès et utilisation des données*
 - i. *Nombre d'organisations et d'entités plaident pour une plus grande accessibilité des données* : portail fédéral Gouvernement ouvert, Conservation Ontario, initiative DataStream de la Gordon Foundation, DFDR. L'Alliance aurait avantage à renforcer son leadership sur ce plan, ainsi qu'à dresser l'inventaire des portails disponibles répertoriés dans le DFDR et à préparer des lignes directrices additionnelles sur les métadonnées. [...] Des outils logiciels supplémentaires pourraient être offerts aux chercheuses et chercheurs, comme MATLAB ou des outils géospatiaux. Le développement d'applications financées par l'Alliance devrait également faire l'objet d'une évaluation des usages potentiels dans le milieu de la recherche en général; les outils sont souvent conçus pour une discipline précise, ce qui peut limiter le rendement du capital investi, mais est parfois inévitable en raison des besoins pointus de certaines disciplines.
- b. *Élément de soutien 1 : Personnel hautement qualifié – Ressources humaines qualifiées pour encadrer le système d'IRN et aider les équipes de recherche à tirer pleinement parti des outils de pointe*
 - i. *Les organisations qui font désormais partie du réseau de l'Alliance sont une mine d'or d'expertise. Cependant, tel qu'expliqué, il est important d'offrir aux chercheuses et chercheurs un encadrement direct adapté à leur degré d'expertise. Il serait ici possible de simplifier les services et d'optimiser les ressources en mettant à profit l'expertise des personnes contribuant au système. [...] Les personnes choisies devront avoir une connaissance approfondie de l'offre de l'Alliance et pouvoir aider les*

¹⁶⁴ Dukacz et coll., "Gaps and Opportunities for NDRIO Support of Research Data Management", <https://alliancecan.ca/en/document/247>



équipes de recherche à trouver les ressources appropriées pour leurs besoins.

29. Digital Research Infrastructure in Astronomy¹⁶⁵

- a. *Pour être utiles, ces portails auront besoin de financement stable à long terme en plus du financement initial. Autrement, les chercheuses et chercheurs risquent de devenir dépendants de systèmes en changement perpétuel, ce qui nuirait considérablement à leur productivité.*
- b. *La nécessité d'accroître les capacités de calcul continue d'augmenter en raison des approches d'analyse de données qui émergent, notamment l'apprentissage machine reposant sur un réseau de neurones à convolution.*
- c. *Dans une communauté de recherche sur l'astronomie moderne, l'IRN devrait être axée sur les ressources propres au domaine et favoriser l'accès aux systèmes logiciels et aux outils conçus pour les besoins précis de la communauté.*
- d. *Le milieu canadien de l'astronomie a besoin d'une infrastructure de recherche numérique qui rassemble toutes les pièces du casse-tête : calcul, stockage, réseaux, bases de données, logiciels. Compte tenu du besoin exprimé de collections regroupant les sous-domaines connexes (p. ex. astronomie en rayons X, astronomie optique, astronomie infrarouge et radioastronomie), il serait pertinent d'établir un portail scientifique unique adapté à l'astronomie pour faciliter l'emploi de tous les types de données. Un tel système se devra d'être agile et capable de répondre rapidement [...] L'astronomie canadienne a besoin d'une IRN comportant une plateforme scientifique complète.*

30. “Good Things Come in Small Packets”: How (Inter)national Digital Research Infrastructure can support “Small Data” Humanities and Cultural Heritage research¹⁶⁶

- a. *La vision présentée s'appuie sur un système qui se conçoit comme une composante du processus de recherche en sciences humaines et du patrimoine culturel (de la recherche à la publication) et qui intègre harmonieusement l'infrastructure de données à un processus de publication fondé sur les identifiants pérennes.*
- b. *Accès en continu par API aux données des répertoires numériques – au-delà de la composition exacte, on insistera surtout sur le fait que l'IRN doit permettre la publication contextuelle de données de recherche en sciences humaines et du patrimoine culturel.*
- c. *La formation et les efforts communautaires seront toutefois essentiels à l'établissement d'un écosystème de l'IRN ouvert et conforme aux principes FAIR (et CARE, s'il y a lieu).*

¹⁶⁵ Kavelaars, “Digital Research Infrastructure in Astronomy”, <https://alliancecan.ca/en/document/257>

¹⁶⁶ O'Donnell, “Good Things Come in Small Packets”: How (Inter)national Digital Research Infrastructure can support “Small Data” Humanities and Cultural Heritage research”, <https://alliancecan.ca/en/document/195>



- d. *Au lieu de proposer des outils précis, nous estimons que l'Alliance devrait procéder à une analyse environnementale et examiner les différentes applications avec des spécialistes de la discipline pour déterminer lesquelles sont servies ou non par l'IRN existante. On s'étonnera de constater que la plupart des outils, services et ressources nécessaires existent déjà, mais sont répartis de façon inégale entre les systèmes.*
- e. *En tant qu'organisme national d'un pays où a) les trois principaux organismes de financement affichent une intégration et une collaboration satisfaisantes; b) la communauté s'intéresse à l'interdisciplinarité (p. ex. Frontières); et c) des subventions sont offertes pour l'ensemble du cycle de recherche, de l'idée à la publication (subventions à la découverte et au développement; aide aux revues savantes), l'Alliance est en bonne position sur la scène internationale pour appliquer l'approche interdisciplinaire recommandée.*

31. A Standards-Based Digital Infrastructure for Secure Sharing of Human Biomedical Research Data¹⁶⁷

- a. *... éliminer les obstacles au partage responsable des données de la recherche biomédicale sur des sujets humains en instaurant une infrastructure numérique nationale pour le stockage, le partage, l'intégration et l'analyse de vastes jeux de données biomédicales, sous un régime de gouvernance des données réactif et responsable qui équilibre le respect de la vie privée des sujets et l'impérative de diffuser les données recueillies aussi largement que possible dans le milieu de la recherche scientifique et les communautés cliniques.*
- b. *Nous proposons la création d'une suite logicielle ouverte permettant de soumettre, de stocker, de trouver, d'intégrer et de partager de façon responsable les résultats de la recherche biomédicale au Canada.*

32. Empowering Information Systems and Fostering Metadata Driven Data Management¹⁶⁸

- a. *L'amélioration des systèmes d'information sera toutefois essentielle à la modernisation et au renforcement de l'infrastructure et contribuera au progrès global. Les logiciels devront avoir accès aux mêmes informations que leurs homologues humains, ce qui requerra des architectures orientées services et des métadonnées complètes.*

33. Standardized, linkable, analysis-ready environmental data for understanding and preventing disease and building resilience to climate change¹⁶⁹

- a. *Pour compenser les lacunes révélées par le CANUE jusqu'ici, l'infrastructure (logiciels et systèmes) devra offrir les fonctions suivantes :*

¹⁶⁷ Stein et coll., "A Standards-Based Digital Infrastructure for Secure Sharing of Human Biomedical Research Data", <https://alliancecan.ca/en/document/286>

¹⁶⁸ Heus, "Empowering Information Systems and Fostering Metadata Driven Data Management", <https://alliancecan.ca/en/document/252>

¹⁶⁹ Brook et coll., "Standardized, linkable, analysis-ready environmental data for understanding and preventing disease and building resilience to climate change", <https://alliancecan.ca/en/document/217>



- i. Création automatisée de métadonnées numériques définissant des dictionnaires de variables structurés et assignant un identifiant pérenne unique à chaque jeu de données.*
 - ii. Interfaces permettant de lancer des interrogations complexes dans les données spatiales et les métadonnées pour faciliter l'exploration, l'interprétation et la découverte de variables et de jeux de données pertinents.*
 - iii. Logiciels recensant les nouveaux jeux de données non répertoriés dans le portail au moyen d'un sondage régulier et automatique programmé pour extraire les données environnementales des plateformes ouvertes.*
- b. L'infrastructure numérique est de toute évidence indispensable à la recherche. Néanmoins, elle doit être appuyée d'une expertise adéquate. Les informaticiennes et informaticiens et les scientifiques et gestionnaires de données sont essentiels, mais pour que la qualité et le partage des données soient optimaux, il est important que l'infrastructure soit gérée avec une certaine expertise interdisciplinaire du contenu. Cette expertise peut provenir en partie des chercheuses et chercheurs qui utilisent les données, mais l'idéal serait que les personnes responsables de l'infrastructure au quotidien aient une compréhension profonde du contenu de fond et des questions de recherche que les systèmes soutiennent. La concrétisation de cette expertise ne doit pas être prise à la légère.*



Annexe C : État actuel et souhaité

Le modèle d'ILR actuel envisage les catégories et les sous-catégories dans la perspective de l'Alliance (ses ressources et services, y compris ceux fournis par la Fédération et le Réseau d'experts) plutôt que dans celle de la communauté des logiciels de recherche au sens large. Cette approche n'est pas sans difficulté, car on ne peut pas toujours réconcilier ces deux perspectives aisément, particulièrement dans un contexte où la communauté a de l'avance sur l'Alliance. Par exemple, l'Alliance commence à peine à promouvoir l'emploi de normes dans le développement de logiciels de recherche, mais certaines plateformes ont déjà bien progressé en ce sens. L'objectif est ici de déterminer ce que l'Alliance a fait jusqu'à présent et ce qu'elle pourrait faire à l'avenir pour appuyer la communauté à travers les différents aspects du modèle. Il est aussi important de se rappeler que l'ILR vise à orienter les discussions et le développement des programmes de soutien pour la période de 2025-2030; elle n'est pas un examen ni un classement rigoureux des différents aspects de l'écosystème.

Ces aspects se classent selon les étapes du cycle de vie (conceptualisation; planification; développement et acquisition; utilisation; partage, réutilisation, conservation et abandon), elles-mêmes divisées en catégories et sous-catégories. Ce système s'inspire de la version 1.5 de la matrice de l'infrastructure de données de recherche du NIST. Il a été adapté aux réalités des logiciels de recherche, parfois avec des ajouts et parfois avec des suppressions, afin que les deux infrastructures soient complémentaires et non concurrentielles. Le modèle d'ILR prend en compte 50 sujets (présentés dans la table 2) et plus de 350 sous-sujets. Voici le processus utilisé :

1. Chaque sous-catégorie s'est vu attribuer un statut : dans la portée (pour le mandat 2025-2030), hors de la portée (pour le mandat 2025-2030) ou portée future (pour un mandat ultérieur).
2. La maturité de chaque sous-catégorie dans l'**état actuel** a ensuite été fixée sur une échelle de 0 à 5 (voir le CMMI plus bas dans la figure 9), avec une note expliquant la cote attribuée.
3. La maturité à atteindre dans l'**état souhaité** a aussi été fixée sur cette échelle, avec une note expliquant la cote attribuée et une description dudit état souhaité.
4. Une troisième cote, représentant le degré de **priorité** (0 à 5), a été attribuée aux grandes catégories selon leur importance et celle de leurs sous-catégories pour le mandat 2025-2030.
5. Une fois ces étapes terminées, un exemple d'approche pour atteindre l'état souhaité a été appliqué à chaque sous-catégorie, en fonction du type de soutien potentiel (déterminé selon les catégories de la section sur les approches possibles). À noter que plusieurs types de soutien pourraient fonctionner pour un même aspect; cet exercice ne visait qu'à donner un exemple d'approche possible.
6. La matrice comprend des champs supplémentaires, que le groupe de travail ou l'équipe interne de l'Alliance peuvent remplir pour enrichir la proposition de mandat 2025-2030 à l'intention d'ISDE : le modèle, pour préciser si les visées de la sous-catégorie sont



nationales, régionales, institutionnelles ou internationales; le niveau de financement, pour préciser les ressources nécessaires à l'atteinte de l'état souhaité (< 250 k\$, < 1 M\$, < 5 M\$, > 5 M\$); l'année de début, pour indiquer l'année du mandat à laquelle l'initiative pourrait commencer (1 à 5); et la durée, pour indiquer le nombre d'années du mandat sur lesquelles l'initiative pourrait s'étendre (1 à 5).



Figure 9. Modèle intégré d'évolution des capacités (CMMI)

Le tableau ci-dessous présente les 50 catégories de l'ILR, regroupées en étapes du cycle de vie des LR, ainsi que leur étiquette, leur état actuel et souhaité et leur degré de priorité. S'ensuit une série de graphiques illustrant le travail nécessaire pour atteindre l'état souhaité. Le graphique complet de l'ILR, non illustré dans ce document, indique aussi les justifications des diverses cotes, des descriptions détaillées des sujets, etc. À l'aide d'une évaluation des pratiques exemplaires internationales (section [Contexte des logiciels de recherche](#)) et de l'analyse à la section [Paysage des LR au Canada](#), et en tenant compte de l'ensemble des paramètres de l'ILR, nous avons préparé une liste de recommandations générales pour l'encadrement par l'Alliance de la communauté des LR pendant le mandat 2025-2030. Ces recommandations s'articulent autour des catégories ayant une cote de priorité de 4 ou 5 (en couleur dans le tableau).



Table 2. Sujets d'ILR avec leur état actuel et état souhaité.

Étape du cycle de vie	Étiquette	Catégorie	État actuel	État souhaité	Priorité
Conceptualisation	Gouvernance stratégique	Gouvernance stratégique et qualitative des LR	0,8	3,2	5
	Gouvernance juridique	Gouvernance juridique et conformité réglementaire des LR	1	2,9	5
	Culture	Culture entourant les LR et structure de récompenses	0,4	2,2	5
	Formation	Formation et perfectionnement	0,6	2,5	4
	Durabilité	Allocation et durabilité des ressources	0,7	4,0	5
	Communauté	Participation de la communauté	0,3	2,8	5
Planification	Contrôle	Chaîne de contrôle (possession des logiciels)	1,5	2,8	2
	Finances	Planification financière	0,1	4,0	5
	Planification	Planification des LR	1,3	4,0	4
	Formation	Soutien à la formation logicielle	1,5	3,0	5
	Principes FAIR	Principes FAIR	1,8	3,8	3
	Métadonnées	Métadonnées dans les logiciels	1,2	3,0	3
	Architecture	Architecture logicielle	1,5	3,5	2
	Normes	Normes	0,3	2,3	4
	Évaluation	Évaluation	0,5	4,0	5
	Rayonnement	Communication et rayonnement	0,6	3,0	3
Développement des LR	Couche	Couche logicielle	1,5	3,0	1
	Licence	Licence d'utilisation	0,0	3,0	1
	Distribution	Distribution des logiciels	1,5	4,5	1
	Visée	Visée des logiciels	0,1	2,4	2
	Approche de développement	Développement logiciel	2,0	3,5	4



	Processus de développement	Processus de développement logiciel	0,2	4,0	5
	Principes FAIR	Principes FAIR	0,0	3,0	5
	Normes	Normes communautaires	0,0	3,7	5
Utilisation des LR	Types de LR	Types de LR	0,0	2,5	4
	Découverte	Découverte de logiciels	0,2	4,1	4
	Gestion	Gestion des logiciels	1,7	4,0	5
	Préparation	Préparation et méthodes de prétraitement	0,0	1,0	1
	Analyse	Méthodes d'analyse	0,0	1,0	1
	Modélisation	Modélisation	1,3	3,3	2
	Processus	Processus et intergiciels	0,8	3,1	4
	Provenance	Provenance des logiciels	0,8	2,2	3
	Licence	Licence d'utilisation	3,0	4,0	3
	Exécution	Environnement d'exécution	1,3	3,8	1
Partage et réutilisation	Publication	Publication	0,7	2,5	5
	Diffusion	Modes de diffusion	0,4	2,6	5
	Attribution	Attribution	0,4	3,1	5
	Partage	Modes de partage	2,0	3,8	4
	Accès	Accès	0,0	1,7	3
	Aspects juridiques	Aspects juridiques et permis	0,0	2,3	3
	Protection	Niveaux de protection	0,8	2,8	4
	Architecture	Architectures pour l'application, l'utilisation et la réutilisation	0,0	2,5	2
Conservation et abandon	Conservation	Critères de conservation	0,0	2,3	4
	Durabilité	Durabilité	0,7	3,0	5
	Stockage	Stockage et conservation	0,8	2,8	3
	Mobilité	Migration de données entre les organismes	0,0	2,3	2
	Rétention	Temps de rétention	0,0	2,0	1



Les diagrammes ci-dessous (voir figures 10 à 15) présentent l'état actuel et souhaité pour chaque étape du cycle de vie des LR, par catégories clés de l'ILR. L'état actuel est représenté par la ligne bleue, et l'état souhaité, par la ligne rouge. Le travail requis pour atteindre l'objectif équivaut à la différence entre les deux lignes sur l'axe radial.

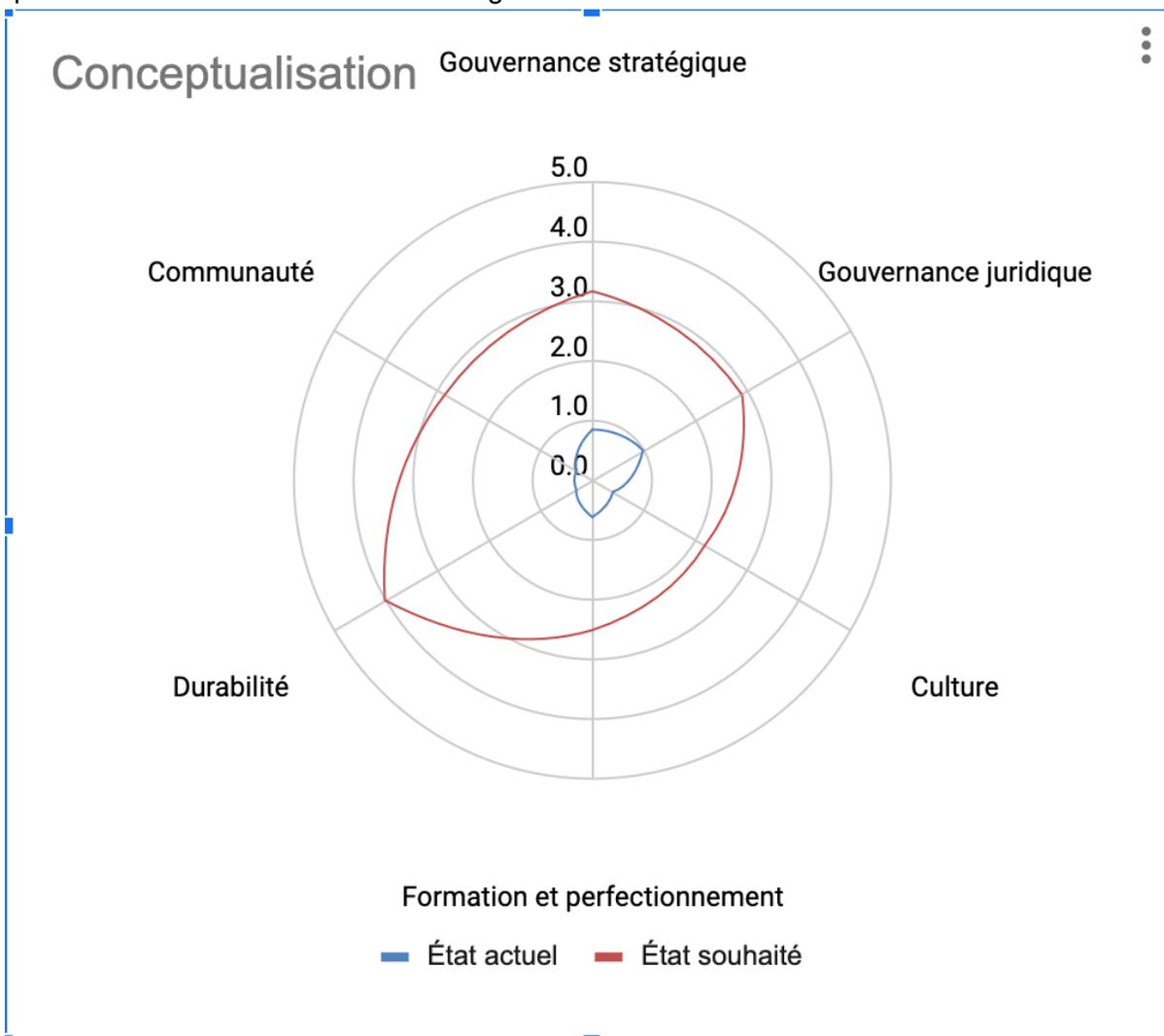


Figure 10. Résumé de haut niveau des sujets de l'ILR pour l'étape Conceptualisation du cycle de vie du logiciel de recherche.



Planification

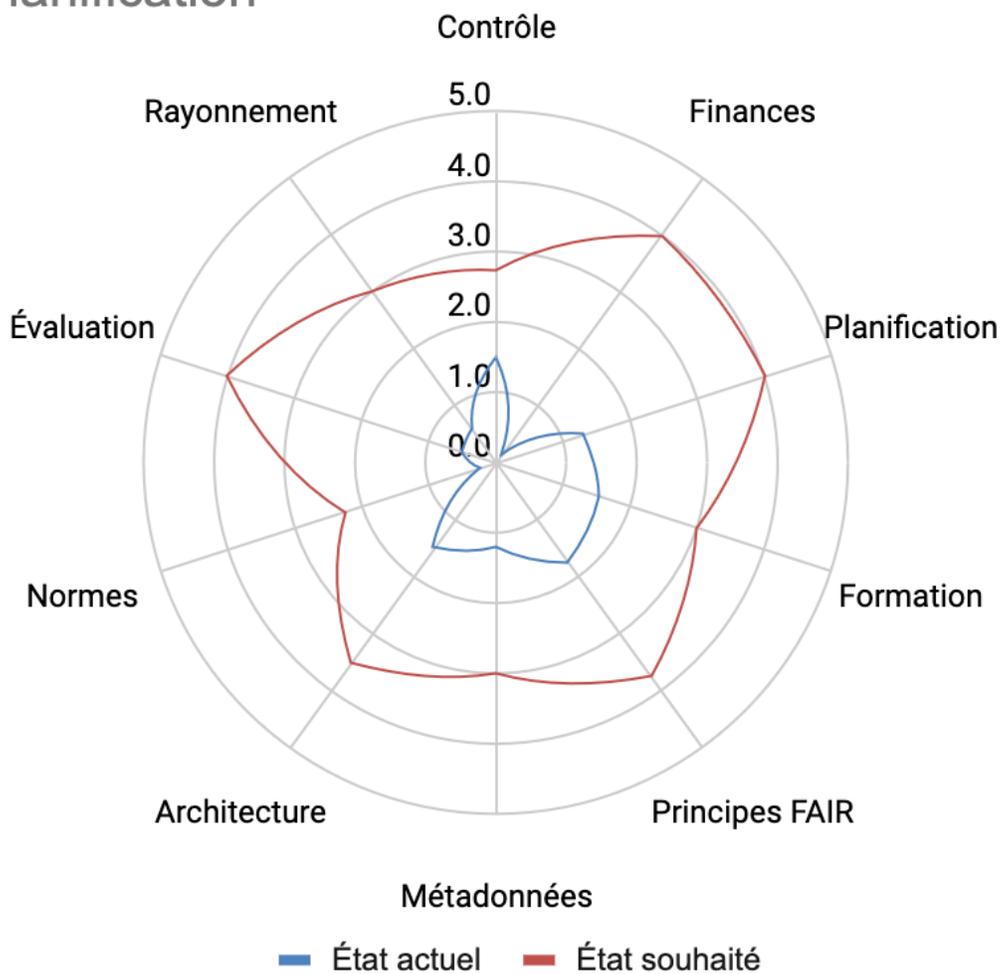


Figure 11. Résumé de haut niveau des sujets de l'ILR pour l'étape de Planification du cycle de vie du logiciel de recherche.



Développement

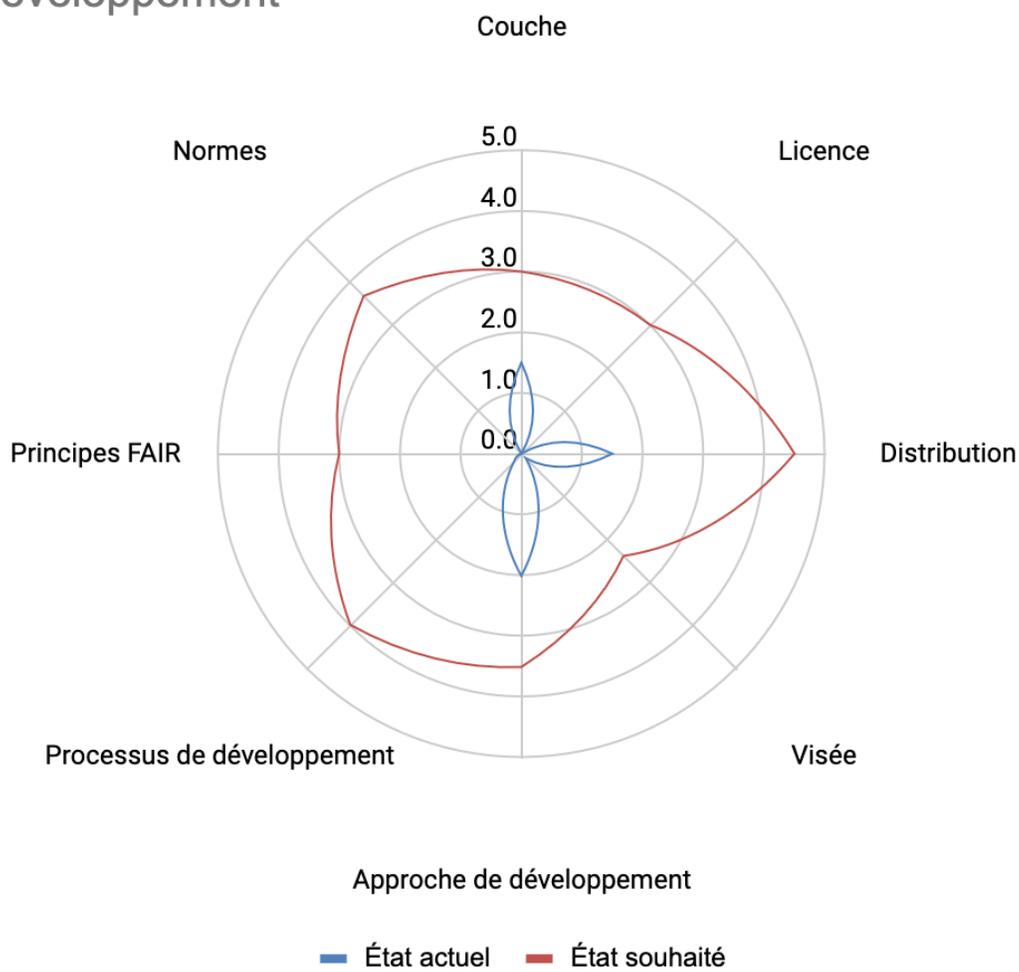


Figure 12. Résumé de haut niveau des sujets de l'ILR pour l'étape de Développement du cycle de vie des logiciels de recherche.



Utilisation

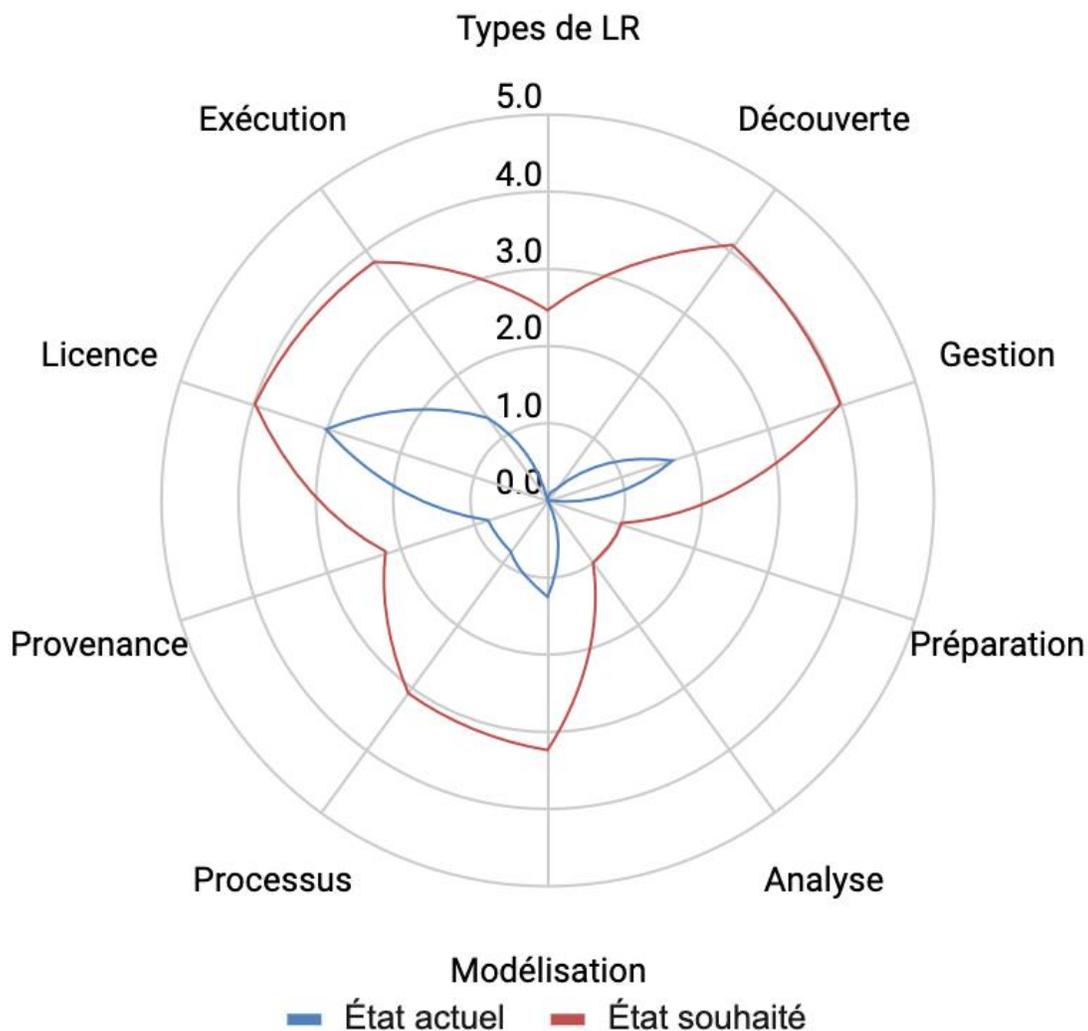


Figure 13. Résumé de haut niveau des sujets de l'ILR pour l'étape Utilisation du cycle de vie du logiciel de recherche.



Partage et réutilisation

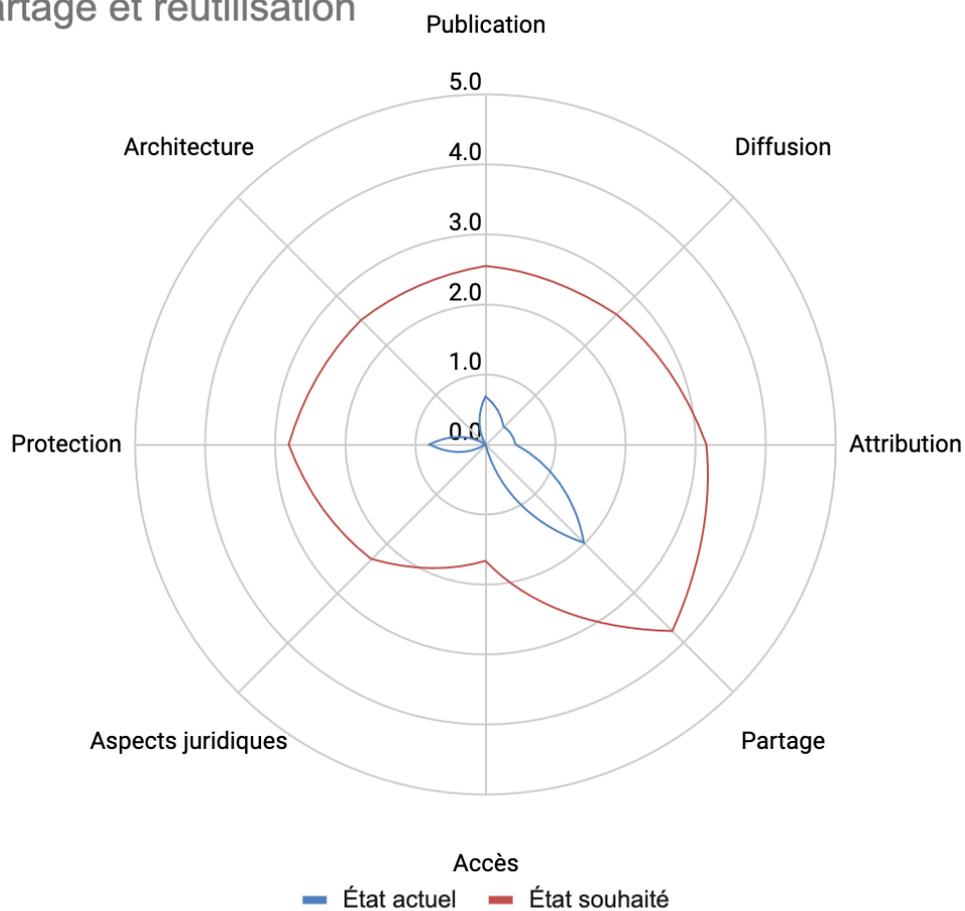


Figure 14. Résumé de haut niveau des sujets de l'ILR pour l'étape Partage et réutilisation du cycle de vie du logiciel de recherche.



Conservation

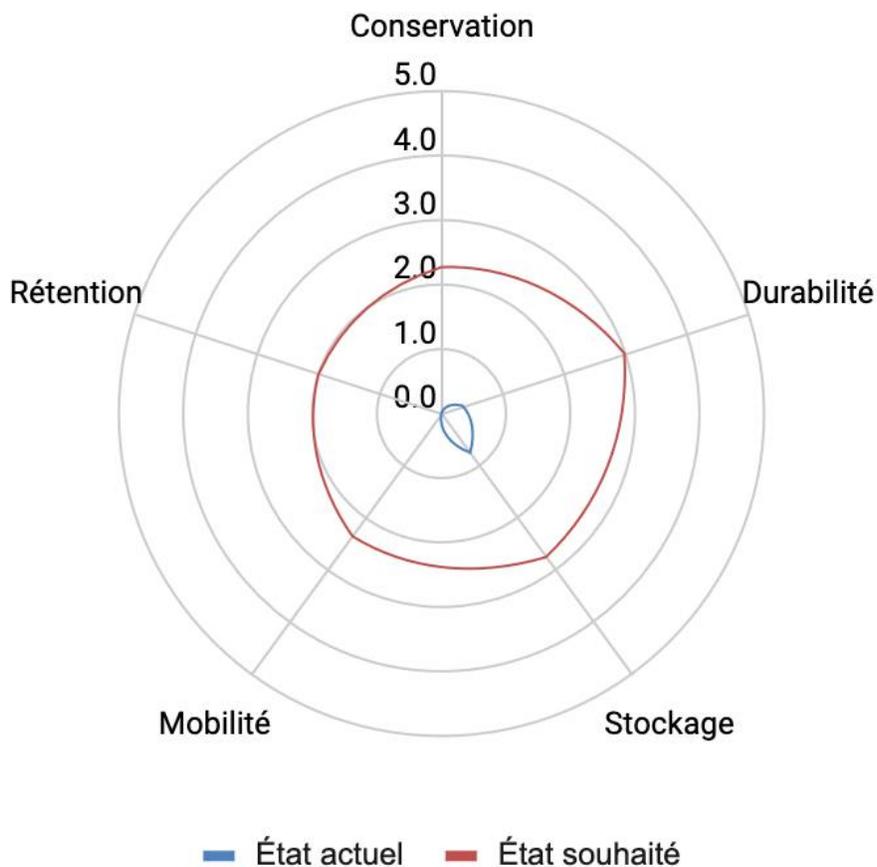


Figure 15. Résumé de haut niveau des sujets de l'ILR pour l'étape Conservation du cycle de vie du logiciel de recherche.



Annexe D : Indicateurs pour l'évaluation des plateformes de LR

Cette section résume différentes initiatives ayant servi à définir des indicateurs de réussite pour les plateformes de LR.

Indicateurs de CANARIE

Les projets financés par CANARIE devaient tous surveiller un ensemble d'indicateurs communs, utilisés pour mesurer le succès des plateformes de LR développées et rendre des comptes aux parties prenantes. Voici la liste de ces indicateurs :

- ▶ Nombre d'équipes de recherche canadiennes
- ▶ Nombre d'équipes de recherche internationales
- ▶ Nombre de bailleurs de fonds, d'éditeurs et d'agrégateurs recommandant la plateforme
- ▶ Nombre de plateformes et de répertoires intégrés
- ▶ Nombre de démonstrations, de présentations, d'articles et d'affiches en lien avec le projet
- ▶ Temps de fonctionnement du service
- ▶ Nombre d'utilisations du service

Indicateurs des NIH

En 2021, le groupe de travail sur le cycle de vie et les indicateurs des ressources de données ainsi que le sous-groupe sur les indicateurs des répertoires (MetRe) des National Institutes of Health (NIH) a publié un document intitulé *Metrics for Data Repositories and Knowledgebases: A Working Group Report*¹⁷⁰ dressant le portrait du paysage actuel des indicateurs pour les répertoires de données biomédicales. Voici les indicateurs examinés dans ce document :

- ▶ Comportement de la clientèle
 - Nombre d'utilisatrices et utilisateurs
 - Pages vues
 - Téléchargements
 - Emplacement (adresse IP)
 - Nouvelles visites vs visites répétées (sur une période définie, p. ex. 3 mois)

¹⁷⁰ Metrics for Data Repositories and Knowledgebases: Working Group Report, <https://datascience.nih.gov/news/metrics-for-data-repositories-and-knowledgebases-working-group-report>



- Soumissions de jeux de données
- Fréquence des visites (par jour, par mois)
- Demandes d'accès aux données (sur une période définie)
- ▶ Contribution scientifique
 - Nombre de projets et d'études
 - Nombre de cas et de sujets
 - Publications totales
- ▶ Fonctionnement
 - Coûts de stockage
 - Coûts par jeu de données (stockage)
 - Coûts totaux du matériel
 - Coûts totaux des téléchargements

Indicateurs d'ELIXIR

Dans la même veine, ELIXIR a établi un plan pour la collecte d'indicateurs et de données sur la qualité de l'ELIXIR Hub¹⁷¹ pour les ressources ELIXIR Core Data Resources. Selon ce plan, « le suivi des indicateurs pour ces ressources permet à ELIXIR de prouver l'importance d'un financement continu de l'infrastructure aux bailleurs de fonds et aux parties prenantes ainsi que de surveiller les progrès, les tendances et l'évolution de l'utilisation. »

ELIXIR recommande les indicateurs suivants :

- ▶ Activités et qualité scientifiques
 - Archive vs base de connaissances (case à cocher)
 - Énoncé de portée
 - Description de la dimension internationale
 - Personnel
 - Curatrices et curateurs
 - Bioinformaticiennes et bioinformaticiens
 - Personnel technique
- ▶ Communauté
 - Utilisation globale
 - Visites par session (par an)
 - Pages vues (par an)
 - Utilisatrices et utilisateurs uniques par adresse IP (par an)
 - Réponses par requête (par an)

¹⁷¹ Stockinger et coll., "Plan for collation of metrics and quality data at the ELIXIR Hub", Zenodo, March 8, 2018, <https://doi.org/10.5281/zenodo.1194122>



- Téléchargements (par an)
- Utilisation dans la littérature
 - Nombre de citations du nom de la ressource dans Europe PMC
 - Nombre de citations de numéros d'entrée dans Europe PMC
 - Nombre de citations d'articles décrivant la ressource
 - Dépendances d'autres ressources
- Qualité du service
 - Emploi d'identifiants (pérennes?) (champ libre)
 - Production de données
 - Saisies de données
 - Taille des données
 - Performance technique
 - Temps de fonctionnement
 - Temps de réponse
 - Application de normes (champ libre)
 - Références aux sources
 - Disponibilité des données
 - Service à la clientèle
- Aspects juridiques et financiers – gouvernance
 - Conseil consultatif scientifique
 - Science ouverte
 - Politique de respect de la vie privée
 - Politique de déontologie
 - Durabilité du soutien et du financement
- Répercussions et récits translationnels
 - Raisonnement contrefactuel (scénario où la ressource n'existe pas)
 - Accélération de la science
 - Données translationnelles



Annexe E : Examen des programmes nationaux et internationaux de financement des LR

La ReSA définit deux grandes catégories de logiciels de recherche¹⁷² :

1. **Catégorie A** : Sous-produit de la recherche développé dans le cadre d'un projet
 - La plupart des logiciels financés entrent dans cette catégorie. Il est difficile de quantifier l'investissement exact, mais le financement est assurément important : environ 20 % des projets subventionnés par la National Science Foundation (NSF) sur une période de 11 ans (total de 10 milliards de dollars américains) mentionnaient un logiciel dans leur résumé; la majorité des publications actuelles sont des projets axés sur le développement de logiciels (Nangia et Katz, 2017); et 33 % des projets de recherche génèrent du nouveau code (Bello et Galindo-Rueda, 2020; figure 3.4). Le financement général de la recherche ne considère habituellement pas les logiciels comme des résultats potentiels, bien que les données de recherche – et par conséquent les outils employés pour les analyser, parfois des logiciels de recherche – soient de plus en plus souvent comprises.
2. **Catégorie B** : Développement intentionnel d'un logiciel pour l'usage général des projets de recherche
 - Certains bailleurs de fonds offrent un financement ciblé pour les logiciels de recherche. Cependant, il peut être difficile de repérer les subventions de développement, car elles sont souvent comprises dans un cadre de financement plus large (infrastructure numérique, innovation technologique, science ouverte).

La suite de cette annexe porte sur les programmes se rapportant à la catégorie B.

La liste ci-dessous présente des exemples de programmes nationaux et internationaux de financement des LR ainsi que des modèles et des exemples d'approches que pourrait utiliser l'Alliance pour se rapprocher de l'état souhaité. Ces exemples pouvant servir de modèles aux programmes de l'Alliance, ils sont aussi répertoriés dans la section des recommandations.

¹⁷² Barker et coll., "Overview of Research Software Funding Landscape". Zenodo, February 24, 2022, <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6102487>.



Capacités

Nouveaux composants et nouvelles plateformes

Chaque approche de financement présentée ci-dessous s'accompagne d'une description et d'exemples de bailleurs de fonds internationaux. Les approches pertinentes de CANARIE sont aussi indiquées sous les exemples actuels et émergents, afin d'illustrer l'excellence des anciens programmes de financement des LR au Canada.

Appels à l'innovation

1. [Netherlands eScience Center – Open eScience Call 2023](#) (OEC 2023)
 - a. Ce programme encourage la recherche novatrice et de pointe appelant le développement et l'application de logiciels de recherche avancés. (Pays-Bas)
2. [SAGE Publishing – Sage Concept Grants](#)
 - a. Ce programme subventionne des solutions logicielles novatrices qui contribuent à la recherche en sciences sociales. Il est conçu pour appuyer les nouvelles solutions technologiques qui favorisent l'adoption, le développement et l'application de méthodes de recherche établies et émergentes (quantitatives, qualitatives, mixtes et computationnelles), par exemple des solutions pour :
 - i. faciliter la collecte et l'utilisation de nouveaux types de données en sciences sociales;
 - ii. faciliter l'emploi et l'application de nouvelles méthodes en sciences sociales;
 - iii. réduire le temps associé à la collecte, au nettoyage et au tri des données ainsi qu'à tout autre élément non publiable du processus de recherche;
 - iv. permettre l'analyse de données en sciences sociales à toutes les échelles sans connaissances en programmation;
 - v. réduire au minimum l'exigence de formation préalable à la recherche;
 - vi. améliorer les méthodes et les outils existants en sciences sociales.Un prototype remportera une subvention de développement de 15 000 £, et plusieurs idées se verront accorder 2 000 £ pour des tests de concept. (International)
3. [FCI – Premier défi de l'Initiative sur la cyberinfrastructure](#)
 - a. Le premier défi de l'Initiative sur la cyberinfrastructure comprenait deux concours visant à financer les projets d'infrastructure de données de recherche pour aider les chercheuses et chercheurs, les scientifiques de données, les analystes de données, les développeuses et développeurs de logiciels et d'autres spécialistes à optimiser l'organisation et l'utilisation des ressources de données afin d'augmenter les capacités de recherche de pointe.



Plateformes existantes

Développement

1. Amélioration

- a. [DFG – Amélioration de la convivialité des logiciels de recherche existants](#)
 - i. Cet appel de propositions interdisciplinaires comprend trois volets – la convivialité et les répercussions, l’assurance qualité, et la poursuite du développement – qui, ensemble, visent à faire murer les logiciels de recherche pour étendre leur utilité au-delà de l’équipe qui les développe. (Allemagne)
- b. [CANARIE – Appel de nouvelles équipes](#)
 - i. CANARIE a dévoilé les 13 projets retenus à la suite du dernier appel lancé dans le cadre de son programme « Logiciels de recherche ». En subventionnant ces projets, l’organisme permettra aux équipes de recherche d’adapter leurs plateformes pour que d’autres équipes puissent les réutiliser, y compris dans d’autres disciplines. Ainsi, des équipes de partout au pays pourront recourir aux logiciels précédemment financés pour accélérer leurs découvertes.

2. Continuité

- a. [Netherlands eScience Center – Call for Sustainable Software 2023](#) (SS 2023)
 - i. Cette initiative d’amélioration des logiciels de recherche efficaces aide les chercheuses et chercheurs à adapter leurs logiciels à des normes de qualité plus élevées pour assurer la continuité et l’avancement de leur recherche à long terme. Y sont admissibles les personnes titulaires d’un doctorat qui occupent un poste permanent auprès d’une organisation néerlandaise et travailleront sur le projet en moyenne une demi-journée par semaine. (Pays-Bas)
- b. [Département de l’Énergie – Nouvelles collaborations pour la durabilité des logiciels](#)
 - i. Le programme Advanced Scientific Computing Research (ASCR) vise à créer de nouvelles collaborations axées sur la durabilité des logiciels. Les demandes doivent présenter une vision à long terme pour soutenir une part importante de l’écosystème de logiciels pour le calcul scientifique et de haute performance et expliquer comment le projet pourra rapidement être déployé à plus grande échelle. (États-Unis)
- c. Global Biodata Coalition – [Premier](#) et [deuxième](#) appels
 - i. La Global Biodata Coalition a lancé deux appels pour recenser les principales ressources de biodonnées mondiales, dans l’optique de définir des approches plus efficaces pour le financement des améliorations et de la continuité. Il s’agit d’une étape cruciale dans l’établissement d’un cadre pour la définition et le financement des plateformes et des ressources essentielles.



Intégration et interopérabilité à l'échelle nationale

1. CANARIE – [Premier](#) et [deuxième](#) programmes de GDR
 - a. Avant que ses programmes de LR et de GDR soient confiés à l'Alliance, CANARIE gérait deux appels de financement axés sur le développement de logiciels et de plateformes de GDR facilitant l'adoption de pratiques exemplaires internationales et favorisant l'interopérabilité mondiale. Parmi les plateformes retenues figurent des plateformes et des outils de LR canadiens de premier plan. Le deuxième appel visait particulièrement à « [rendre] les données de recherche canadiennes plus interopérables avec les systèmes nationaux et mondiaux ».

Approche thématique

Par domaine

1. [ICZ – Enseignements des données en biologie unicellulaire](#)
 - a. L'initiative Chan Zuckerberg lance l'appel pour le deuxième de ses trois cycles de financement de 18 mois visant l'avancement des outils et des ressources d'analyse. L'objectif : tirer des enseignements sur la santé et les maladies des jeux de données en biologie unicellulaire. (International)
2. [IRSC/UE H2020 – Collaboration phare Canada-Commission européenne pour le stockage, l'intégration et la mise en commun de données humaines](#) (approches de médecine personnalisée)
 - a. Cette collaboration entre les parties prenantes de l'Europe et du Canada dans le domaine du stockage et du partage de données humaines en science omique jettera les bases d'une coopération à long terme. Dans cette optique, le programme vise à améliorer et à normaliser les procédures de dépôt, de curation et d'échange de données pour augmenter la réutilisation et maximiser les retombées dans les communautés scientifiques du monde entier. Les projets retenus devront développer les indicateurs de qualité, les normes et les politiques d'accès créés pour encadrer les données dans le contexte d'initiatives internationales majeures (p. ex. IHEC, [ICGC](#), [IHMS](#), [MME](#)).

Axée sur les difficultés

1. Savoir accessible
 - a. [NASA – High Priority Open-Source Science](#) (HPOSS)
 - i. Ce programme a pour objectif de rendre la science plus accessible, inclusive et reproductible. Les propositions doivent porter sur le développement de nouvelles technologies qui faciliteront la science ouverte, comme le développement de nouveaux formats, logiciels, cadres ou bibliothèques de données. Le financement sera accordé sous forme de subventions de 100 000 \$ sur un an. (États-Unis)
 - b. [CHIST-ERA – Open & Re-usable Research Data & Software](#)



Recherche facilitée par l'intelligence artificielle, l'apprentissage profond et l'apprentissage machine

1. [Département de l'énergie – Des données FAIR pour une intelligence artificielle adaptée au monde de la science](#)
 - a. Cet appel de financement de 2020 visait à « créer des modèles et des données d'intelligence artificielle (IA) plus accessibles et réutilisables pour accélérer la recherche et le développement en IA. » Les projets financés couvrent un large éventail de domaines (calcul de haute performance, science des matériaux, physique des hautes énergies, microbiologie), mais ont tous des composantes du développement de LR.

Communauté

Événements

1. Conférences
 - a. [CANARIE – Colloque canadien sur les logiciels de recherche](#)
 - i. Cet événement annuel (abandonné en 2022) rassemblait des équipes de logiciels de recherche subventionnées par CANARIE. Y participaient aussi des développeuses et développeurs de logiciels retenus lors des appels de GDR. S'étendant sur deux jours, l'événement connaissait un succès unanime. Jusqu'à ce que le pilier des LR soit transféré à l'Alliance, il s'agissait du seul rassemblement en son genre au Canada.
 - b. [RSE Conference](#)
 - i. Depuis 2016, la RSE Conference est un carrefour de l'ingénierie des logiciels de recherche. Elle rassemble les spécialistes du domaine et encourage la création de mouvements semblables à travers le monde (Allemagne, Pays-Bas, pays nordiques, Australie et Nouvelle-Zélande, États-Unis, etc.). L'événement gagne en popularité chaque année. L'édition 2023 se tiendra à l'Université de Swansea, du 5 au 7 septembre.
2. Événements de l'Alliance
 - a. [Rencontre printanière sur l'infrastructure de recherche numérique](#)
 - i. La rencontre printanière sur l'infrastructure de recherche numérique remplace l'événement TECC de Calcul Canada, qui avait généralement lieu deux fois par année. Elle a été conçue pour rassembler les membres de la vaste communauté de Calcul Canada, et bien qu'elle ne porte pas expressément sur les LR, certaines séances s'articulent autour de ce thème.
3. Ateliers et marathons de programmation
 - a. [ReSA – Ateliers du Funders Forum](#)



- a. [Horizon Europe: Development of community-based approaches for ensuring and improving the quality of scientific software and code](#)
 - i. Ce programme vise à promouvoir la qualité des logiciels et du code dans différentes disciplines. Il soutient les activités d'harmonisation avec les initiatives existantes (incitatifs à la cohérence, lignes directrices) ainsi que les activités d'intégration de l'infrastructure, des outils et des services. (International – Au moins une personne morale ou physique indépendante établie dans un État membre de l'UE)
4. Groupes communautaires d'ingénierie des logiciels de recherche
 - a. En 2023, l'US-RSE a reçu une subvention de l'Alfred P. Sloan Foundation pour « apporter un soutien sur trois plans vitaux : le recrutement de personnel spécialisé, l'élaboration d'activités et d'initiatives, et l'amélioration des outils organisationnels et du bien-être collectif. » Le financement de groupes semblables à l'international gagne en importance, soulignant la nécessité de développer l'aspect communautaire de l'écosystème des LR.

Coordination

Accès à l'ingénierie des LR

1. Court terme (3 à 6 mois)
 - a. [New Zealand eScience Infrastructure \(NeSI\) – Services-conseils en recherche](#)
 - i. Les chercheuses et chercheurs des établissements partenaires de la NeSI (Université d'Auckland, NIWA, Université d'Otago et Manaaki Whenua – Landcare Research) ainsi que les projets méritants peuvent normalement obtenir des services-conseils gratuitement, en fonction de l'investissement consenti par leur établissement ou le ministère des Affaires, de l'Innovation et de l'Emploi. Autrement, voir la page Partners & Pricing du site Web pour connaître les coûts associés. L'équipe de la NeSI offre ses services à toutes les étapes du développement de logiciels de recherche, de la conception et de l'élaboration de toutes pièces à l'amélioration de produits existants.
2. Moyen terme (6 à 12 mois)
 - a. [Netherlands eScience Center – Call for Sustainable Software](#)
 - i. Le Netherlands eScience Center organise une série d'appels (de trois mois à trois ans) pour distribuer des ressources en ingénierie des LR. L'exemple ci-dessus « aide les chercheuses et chercheurs à adapter leurs logiciels à des normes de qualité plus élevées pour assurer la continuité et l'avancement de leur recherche à long terme. »
3. Long terme (1 à 2 ans)
 - a. [Schmidt Futures – Virtual Institute for Scientific Software \(VISS\)](#)



- i. Le VISS aspire à accélérer les découvertes scientifiques au moyen de logiciels plus durables et de meilleure qualité. Avec un réseau initial de quatre centres inauguraux (Université de Cambridge, Georgia Institute of Technology, Université Johns-Hopkins et Université de Washington), le VISS espère répondre à la demande croissante de spécialistes hautement qualifiés en génie logiciel pour développer des logiciels libres dynamiques et flexibles qui favoriseront des découvertes rapides dans différents domaines scientifiques. Ces centres ont pour objectif d'accroître la qualité de la recherche et d'accélérer les percées, de même que d'appuyer à plus long terme les plateformes et les systèmes qui contribuent aux pratiques exemplaires de la science ouverte. Dans cette optique, ils mettent à la disposition des scientifiques une équipe d'ingénieures et ingénieurs à temps plein ainsi que diverses technologies et techniques de pointe (équipement de calcul haut de gamme, bases de données massives, apprentissage machine, etc.).

Personnel hautement qualifié

- ▶ Équipes institutionnelles
 - a. [Schmidt Futures – Programme VISS](#)
 - i. Voir la section précédente; accès à long terme à des ingénieures et ingénieurs de LR.
 - b. [CANARIE – Équipes locales de développement de logiciels de recherche](#)
 - i. Ce programme servira à financer une équipe de trois développeuses et développeurs à temps plein dans chaque établissement sélectionné. Ces équipes viendront en aide aux chercheuses et chercheurs de leur établissement, toutes disciplines confondues, et leur procureront des conseils, de la formation, de l'expertise et des logiciels spéciaux qui feront progresser leurs projets. Le programme s'est avéré fructueux et a mené à la création d'équipes locales de LR appuyées par les établissements une fois le financement de CANARIE épuisé.
- ▶ Équipes régionales
 - a. Soutien de l'Alliance au personnel de la Fédération
 - i. L'Alliance et les programmes de la FCI précédemment offerts à Calcul Canada apportent un soutien diversifié, par exemple un appui au personnel des organisations de calcul régionales. La proposition de mandat 2023-2025 de l'Alliance rehausse ce soutien.
- ▶ Équipes thématiques
 - a. [DFG/NFDI – Soutien aux consortiums des domaines](#)
 - i. Représentant 26 domaines de recherche, le consortium de la NFDI s'axe sur les données, avec des éléments centraux pertinents aux LR et



au développement logiciel. Par exemple, le consortium NFDI4Health a pour mission « d'ouvrir systématiquement des bases de données scientifiques et de recherche, de les sécuriser à long terme, de les rendre accessibles et de les faire connaître au pays et à l'étranger. » Son soutien prend plusieurs formes :

1. Favoriser la découverte et l'utilisation des données de santé structurées.
2. Établir un cadre fédéral pour le stockage des données reçues par les organisations.
3. Faciliter les échanges et les associations de données personnelles sans en compromettre la sécurité.
4. Offrir des services automatiques (p. ex. repérage, outils d'analyse).
5. Favoriser et améliorer l'interopérabilité et la réutilisation des données.
6. Promouvoir des collaborations de recherche interdisciplinaire axées sur des applications précises.

► Bourses, prix et formations en lien avec les LR

a. [eScience Center Fellowship Programme](#)

- i. Ce programme s'adresse aux membres de la communauté universitaire néerlandaise qui souhaitent se faire l'apôtre des logiciels de recherche. Y sont admissibles les scientifiques qui travaillent à l'application des LR, les développeuses et développeurs qui mettent au point des outils de recherche, les spécialistes du génie logiciel qui soutiennent des travaux de recherche, les personnes qui font la promotion des pratiques exemplaires en matière de LR dans leur domaine de recherche, et les personnes qui occupent un rôle de leadership.

b. [Simons Foundation – Scientific Software Research Faculty Award \(SSRF\)](#)

- i. Ce prix récompense l'ouverture de postes de recherche professoraux axés sur les logiciels dans les départements universitaires existants. Il reconnaît les chercheuses et chercheurs qui ont un solide bagage de leadership en développement de logiciels scientifiques afin de stimuler le développement et la maintenance de l'infrastructure essentielle dans les environnements universitaires, en offrant un nouveau cheminement de carrière professoral à long terme.
- ii. Les établissements reçoivent une subvention équivalant à 50 % du salaire de la personne titulaire sur cinq ans, ainsi qu'un soutien pour d'autres coûts indirects. La personne titulaire reçoit une allocation de recherche annuelle de 50 000 \$. L'université hôte doit couvrir le reste du salaire d'enseignement par ses canaux de financement existants. La subvention peut être renouvelée.

c. [Australian Research Data Commons \(ARDC\) – Prix Eureka de l'Australian Museum pour l'excellence en matière de LR \(renseignements supplémentaires\)](#)



- iii. Ce prix reconnaît le développement, la maintenance ou l'expansion d'un logiciel qui a permis des percées importantes dans la recherche scientifique. D'une valeur de 10 000 \$, le prix Eureka pour l'excellence en matière de LR est remis à des personnes ou des équipes travaillant avec des spécialistes du développement ou de la maintenance en Australie. Les candidatures peuvent être soumises par les personnes intéressées ou par une personne tierce. (Australie)
- d. [European Master For High Performance Computing](#)

Optique d'EDI

- 1. Accès à la cyberinfrastructure
 - a. [National Science Foundation \(NSF\) – Strengthening the Cyberinfrastructure Professionals Ecosystem](#)
 - i. Ce programme vise à démocratiser l'accès à la cyberinfrastructure sophistiquée de la NSF; à assurer un accès juste et équitable aux ressources, aux services et à l'expertise; et à renforcer le travail des spécialistes de la cyberinfrastructure dans l'écosystème.
- 2. Retombées
 - a. [rOpenSci Champions Program](#) (projet pilote)
 - i. Ce programme vise à cibler, à reconnaître et à récompenser les membres actifs de la communauté de l'écosystème R, y compris les membres de groupes historiquement et systématiquement exclus. Il s'agit d'un programme de 12 mois. (International)



Annexe F : Lexique des sigles et abréviations

Table 3. Lexique des sigles et abréviations

Sigle/abréviation	Nom complet	Sigle/abréviation	Nom complet
CLIRN	Conseil du leadership sur l'infrastructure de recherche numérique	DFDR	Dépôt fédéré de données de recherche
GD	gestion de données	ARDC	Australian Research Data Commons
CIP	calcul informatique de pointe	BD2K	Big Data to Knowledge
LRA	logiciels de recherche avancés	NWO	Conseil néerlandais de la recherche
LR	logiciels de recherche	NeIC	Nordic e-Infrastructure Collaboration
GDR	gestion des données de recherche	UKRI	UK Research and Innovation
la stratégie sur les LR	la stratégie de l'Alliance en matière de LR pour 2025 à 2030	NIH	National Institutes of Health
SLR	spécialiste en logiciels de recherche	CSSI	Cyberinfrastructure for Sustained Scientific Innovation
PHQ	personnel hautement qualifié	NLeSC	Netherlands eScience Center
GTSLR	groupe de travail sur la stratégie en matière de LR	ICZ	initiative Chan Zuckerberg
ReSA	Research Software Alliance	DFG	Fondation allemande pour la recherche



EDIA	équité, diversité, inclusion et accessibilité	NSF	National Science Foundation
ERV	environnements de recherche virtuels	FEI	fonds d'exploitation des infrastructures
DOE	Département de l'Énergie américain	ACLR	Atelier canadien sur les logiciels de recherche (maintenant le Colloque canadien sur les logiciels de recherche)
Fédération	Fédération de l'Alliance (jadis appelée Fédération Calcul Canada)	TECC	rencontre des experts techniques de Calcul Canada
HPCS	High Performance Computing Symposium	SocRSE	Society of Research Software Engineers
VISS	Virtual Institute for Scientific Software	SLLR	Soutien local aux logiciels de recherche
FCI	Fondation canadienne pour l'innovation	APECA	Agence de promotion économique du Canada atlantique
FIA	Fonds d'innovation de l'Atlantique	CEO	Centres de l'excellence de l'Ontario
CRSNG	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada	CRSH	Conseil de recherches en sciences humaines
IRSC	Instituts de recherche en santé du Canada	OSPO	Open Source Program Office
SSI	Software Sustainability Institute	CANFAR	Canadian Advanced Network for Astronomical Research – réseau de pointe canadien



			pour la recherche en astronomie
CCDA	Centre canadien de données astronomiques	CNRC	Conseil national de recherches Canada
ONC	Ocean Networks Canada	EDI	équité, diversité et inclusion
PI	propriété intellectuelle	GPU	processeurs graphiques
ILR	infrastructure de logiciels de recherche	EA	état actuel
ES	état souhaité	TI	technologies de l'information
ETP	employé(e) à temps plein	IC/DC	intégration continue et déploiement continu
IRN	infrastructure de recherche numérique	CHP	calcul de haute performance
AM	apprentissage machine	IA	intelligence artificielle
CAR	Concours pour l'allocation de ressources	PaaS	plateforme-service
CP	chercheuse principale ou chercheur principal	AAS	architecture axée sur le service
MCIN	McGill Centre for Integrative Neuroscience	SH	sciences humaines
IaaS	infrastructure-service	SaaS	logiciels-service
sysadmin	administratrice ou administrateur systèmes	RAID	Research activity identifier
RPaaS	plateforme de recherche-service	CNN	réseau neuronal convolutif
IPDD	indicateurs pour dépôts de données	IP	identifiants pérennes



RSECon	Research Software Engineering Conference	SSRF	Scientific Software Research Faculty Award
OEC	Open eScience Call	LD	logiciels durables
ASCR	Advanced Scientific Computing Research	ICGC	Consortium international de génomique du cancer
IHMS	International Human Microbiome Standards	MME	Matchmaker exchange
IHEC	International Human Epigenome Consortium	HPOSS	High Priority Open-Source Science
R et D	recherche et développement	NIWA	National Institute of Water and Atmospheric Research