

Les principes FAIR

Esther Dzalé Yeumo¹

Résumé. L'ouverture des données scientifiques, en particulier les données financées sur fonds publics, présente un enjeu majeur pour une science ouverte « *plus cumulative, étayée par les données, transparente, plus rapide et d'accès universel* »². Pour que les données ouvertes jouent leur rôle de levier pour la science et l'innovation, il est indispensable qu'elles soient accessibles et réutilisables de manière effective. Les principes dits FAIR (acronyme de Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) définissent les fondements d'un partage de données faciles à trouver, accessibles, interopérables et réutilisables. Ils laissent cependant le soin aux communautés de préciser les actions nécessaires pour leur réalisation et de définir des métriques adaptées. Le but de cet article est d'introduire les principes FAIR et de présenter des pistes pour leur mise en œuvre concrète.

Mots clés : principes FAIR, données ouvertes, science ouverte

Introduction

Dans un contexte où les enjeux liés à la réutilisation des données sont de plus en plus importants (reproductibilité et transparence de la science, Big Data science et innovation, etc.), les principes FAIR ont pour objectif de guider le partage et la publication des données, en explicitant les caractéristiques qu'elles doivent présenter pour être faciles à trouver et utiliser, aussi bien par les humains que par les machines.

FAIR est l'acronyme de Findable, Accessible, Interoperable, Reusable utilisé pour désigner un ensemble de principes initialement énoncés par le groupe de travail FORCE 11 et publiés en 2016 dans un article de référence (Wilkinson et al., 2016). Les principes FAIR sont de plus en plus adoptés par les organismes de financement de la

¹ UAR DIST Délégation Information Scientifique et Technique, Versailles, Inra, France
esther.dzale-yeumo@inra.fr

² <http://m.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid132529/le-plan-national-pour-la-science-ouverte-les-resultats-de-la-recherche-scientifique-ouverts-a-tous-sans-entrave-sans-delai-sans-paiement.html>

recherche scientifique tels que la Commission Européenne³ ou le NIH⁴, les organisations politiques (G7⁵, G20⁶), et la communauté scientifique (EOSC⁷, Elixir⁸).

Le but de cet article est de présenter les principes FAIR (ce qu'ils sont et ce qu'ils ne sont pas) et de fournir quelques pistes pratiques pour leur implémentation. En effet, si les principes FAIR décrivent les caractéristiques que doivent présenter les données pour faciliter leur découverte et leur utilisation, ils ne disent pas comment mettre en œuvre ces caractéristiques.

L'article est structuré de la manière suivante : un premier paragraphe introduit les principes FAIR et les caractéristiques auxquels renvoie chaque principe, suivi d'un paragraphe pratique sur l'implémentation des principes FAIR (quand, comment implémenter les principes FAIR), d'une discussion et d'une conclusion. Dans la suite du document, nous utiliserons (méta)-données pour désigner conjointement données et métadonnées.

Présentation des principes FAIR

Chacun des quatre principes FAIR Findable, Accessible, Interoperable, Reusable est traduit en un ensemble de caractéristiques⁹ résumées dans la **Figure 1** ci-dessous. Ces caractéristiques sont celles que devraient présenter les (méta)-données pour faciliter leur découverte et leur utilisation (Wilkinson et al., 2016) à la fois par les humains et les machines. Certaines de ces caractéristiques sont objectives et mesurables (utilisation d'un identifiant global pérenne, accessibilité via un protocole ouvert standard, présence d'une licence), d'autres sont plutôt subjectives et difficiles à mesurer (richesse des métadonnées, utilisation de vocabulaires FAIR, conformité des métadonnées avec les standards disciplinaires). De même, certaines caractéristiques sont d'ordre technique (utilisation d'un identifiant global pérenne, accessibilité via un protocole ouvert standard), tandis que d'autres relèvent de la gouvernance des données (persistance des métadonnées même en cas d'inaccessibilité des données).

La possibilité d'accéder et d'utiliser les données de manière autonome par les machines est un point clef des principes FAIR (on parle de données actionnables par les machines).

Comme rappelé dans l'article de Mons et al., (2017) et résumé dans la **Figure 2** ci-dessous, les principes FAIR ne sont ni un standard, ni une technologie.

³ European Commission, Directorate-General for Research, H2020 program guidelines on FAIR data management in horizon 2020, 2016 Jul.

⁴ <https://commonfund.nih.gov/bd2k/commons>

⁵ G7 Science and Tsukuba Communiqué, G7 Science and Technology Ministers' Meeting, 2016 May

⁶ G, G20 Leaders' Communique Hangzhou Summit [Internet], 6 September, 2016. Available at http://www.consilium.europa.eu/en/meetings/international-summit/2016/09/Leaders-CommuniqueHangzhouSummit-final_pdf/

⁷ <https://ec.europa.eu/research/openscience/index.cfm?pg=open-science-cloud>

⁸ <https://www.elixir-europe.org/news/position-paper-fair-data-management>

⁹ <https://www.force11.org/group/fairgroup/fairprinciples>

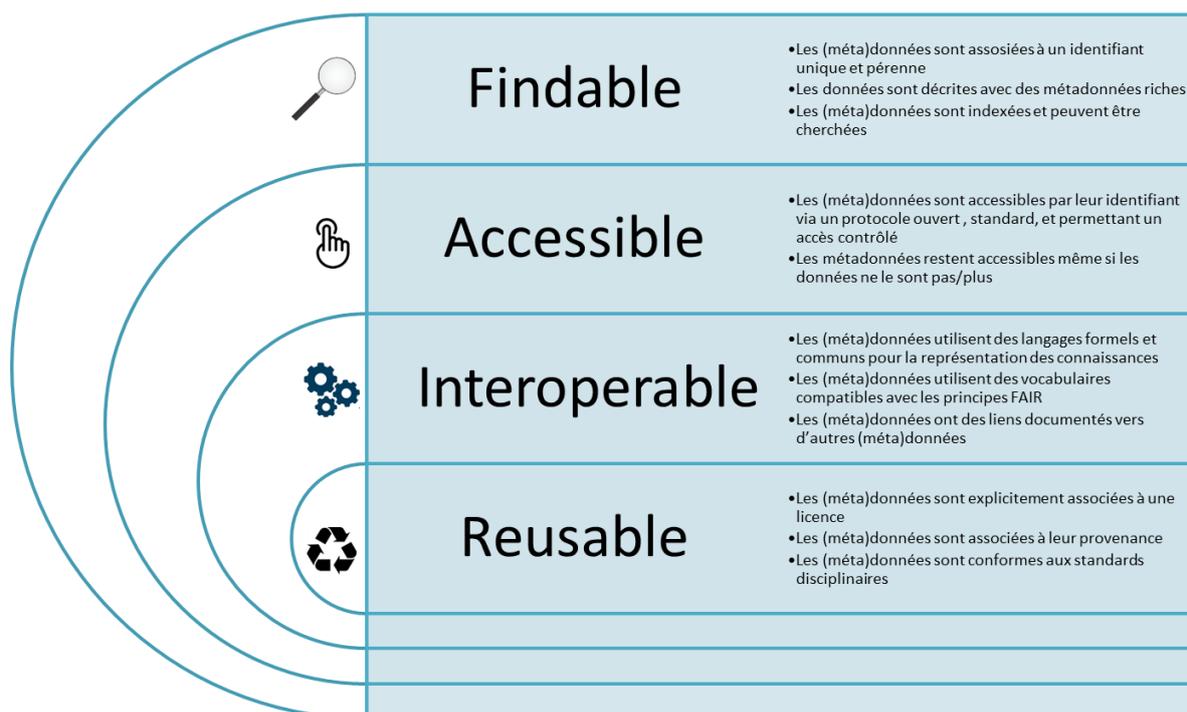


Figure 1. Caractéristiques associées aux principes FAIR.

 Standards, spécifications	Contrairement aux standards qui sont prescriptifs, les principes FAIR ont pour but de guider les gestionnaires et les publiants de données vers des choix d'implémentation qui facilitent la découverte et l'utilisation de ces données.
 Linked Data, Web sémantique, RDF	Les principes FAIR sont indépendants de toute technologie. Néanmoins, l'utilisation conjointe de RDF et des ontologies formelles est une manière d'implémenter les principes FAIR.
 Open Data	Le principe d'accessibilité implique (1) de bien définir les conditions d'accès aux données, (2) de décrire ouvertement le processus (automatisé ou manuel) pour accéder aux données une fois découvertes, et (3) de fournir suffisamment d'informations sur le contexte d'obtention des données pour faciliter l'estimation de leur utilité. Le choix du niveau de disponibilité de la donnée FAIR est laissée à la discrétion du publiant.

Figure 2. Faux amis des principes FAIR.

Présentation des principes FAIR

Comment rendre les données FAIR ?

Les principes FAIR proposent un ensemble de caractéristiques que les (méta)-données devraient avoir pour être considérées comme FAIR, mais ne disent pas comment faire pour que les (méta)-données aient ces caractéristiques.

D'une manière générale, rendre les données FAIR implique à la fois la prise en compte de questions juridiques et éthiques (quelles données communiquer et comment), l'adoption de bonnes pratiques de gestion des données (utilisation de formats ouverts, de vocabulaires consistants et de standards de métadonnées communs), et l'utilisation d'outils et de technologies adéquats (ex : entrepôts compatibles avec les principes FAIR, Linked Data). Comment ces trois aspects se traduisent-ils concrètement au niveau des principes FAIR ?

Findable : ce principe a pour objectif de faciliter la découverte des données par les humains et les systèmes informatiques et requiert une description et une indexation des données et des métadonnées. Une manière d'implémenter ce principe consiste à déposer les données dans un entrepôt qui leur attribue un identifiant pérenne (DOI, URI, Handle, etc.) et permet de les décrire. En plus des métadonnées bibliographiques (auteurs, titre, résumé, etc.), il est important de fournir des métadonnées sur le contexte et la provenance des données. L'entrepôt choisi doit indexer les données et permettre leur recherche par les humains et les machines. Avant de déposer des données dans un entrepôt, il est indispensable de s'assurer auparavant qu'elles sont communicables, en s'aidant par exemple du guide juridique et de l'outil d'aide à la décision pour la diffusion des données proposés par l'Inra¹⁰

Accessible : ce principe encourage à stocker durablement les données et les métadonnées et à faciliter leur accès et/ou leur téléchargement, en spécifiant les conditions d'accès (accès ouvert ou restreint) et d'utilisation (licence). Une manière concrète de répondre à ce principe consiste à déposer les données dans un entrepôt qui assure leur stockage sur le long terme et les rend accessibles via un protocole ouvert (HTTP par exemple), aussi bien aux humains qu'aux machines. Afin de garantir que les métadonnées restent accessibles même si les données ne le sont pas/plus (autre recommandation de ce principe), il est par exemple utile d'utiliser un identifiant pérenne qui pointe vers une page descriptive contenant les métadonnées plutôt que vers les données elles-mêmes et d'assurer la pérennité de cette page descriptive. Si les données, pour des raisons quelconques, ne peuvent être accédées de manière immédiate, il est conseillé d'indiquer clairement dans la page descriptive comment un utilisateur (humain ou machine) peut obtenir les données (mail ou procédure particulière).

Interoperable : principe le plus difficile à mettre en œuvre, il peut se décomposer en : téléchargeable, utilisable, intelligible, et combinable avec d'autres données, par des humains et des machines. Une implémentation courante de ce principe consiste à utiliser les technologies du Web sémantique (RDF, OWL, SKOS) pour représenter et lier les données et les métadonnées, comme le montrent plusieurs exemples existant dans la littérature (Da Silva Santos et al., 2016 ; Wilkinson et al., 2017 ; Olavo Bonino et al ; 2018). Cependant, les principes FAIR ne sont pas

¹⁰ <https://www6.inra.fr/datapartage/Partager-Publier/Cadre-juridique>

liés à ces technologies, et d'autres approches existent (Mons et al., 2018). Par exemple, dans le cas d'un partage de données tabulaires, l'implémentation de ce principe peut consister à :

- ✓ mettre les données dans un entrepôt qui permet leur identification de manière unique et pérenne, leur accès et téléchargement par les humains et les machines ;
- ✓ utiliser un format ouvert et indépendant (exemple CSV plutôt que Excel), et suivre les bonnes pratiques pour la publication de fichiers tabulés (exemple : une information unique par cellule), voir¹¹ ;
- ✓ contextualiser les données : indiquer les liens vers d'autres données (versions antérieures ou plus récentes, données complémentaires, etc.) et les liens vers des publications (articles citant les données, data papers), et fournir tout document permettant de les interpréter convenablement ;
- ✓ augmenter leur capacité à être combinées avec d'autres données en utilisant un vocabulaire standard pour nommer les colonnes du fichier (exemple : utiliser la Crop Ontology pour nommer les colonnes si elles correspondent à des noms de traits de phénotypes végétaux) et des vocabulaires contrôlés (exemple : ontologie INSEE pour des noms de commune).

Reusable : ce principe met en avant les caractéristiques qui rendent les données utilisables pour de futures recherches ou d'autres finalités (enseignement, innovation, reproduction/transparence de la science). Pour que les données soient réutilisables par d'autres, leur partage doit avant tout être accompagné d'une licence qui précise les conditions de leur utilisation. Ensuite, il est utile de décrire leur provenance et de fournir toute information permettant de les contextualiser. En effet, les utilisateurs potentiels ont également besoin de savoir d'où proviennent les données, dans quelles conditions elles ont été obtenues, et quels traitements éventuels leur ont été appliqués (nettoyage, regroupement, anonymisation, etc.). Enfin, les modifications effectuées au niveau des métadonnées et des données doivent être tracées, notamment à travers une gestion des versions.

Les principes FAIR peuvent être implémentés uniquement au niveau des métadonnées. L'utilisation des entrepôts de données scientifiques tels que Data Inra¹² permet de mettre en œuvre les principes FAIR d'office au niveau des métadonnées, et dans une certaine mesure au niveau des données. En effet, Data Inra promeut les bonnes pratiques de représentation et de description des données, et l'adoption de ces pratiques par les scientifiques est essentielle pour la mise en œuvre effective de leur interopérabilité et de leur réutilisabilité.

Quand rendre les données FAIR ?

En termes de planning, il est préférable d'anticiper la compatibilité des données avec les principes FAIR, idéalement dans le cadre d'un Plan de Gestion des Données (PGD) élaboré en amont de la production des données. La trame de PGD proposée par la Commission européenne pour les projets H2020 (European Commission and Directorate

¹¹ <https://www.w3.org/TR/2016/NOTE-tabular-data-primer-20160225/>

¹² <https://data.inra.fr>

Esther Dzalé Yeumo

General for Research and Information, 2016) ainsi que celle proposée par l'Inra¹³ prévoient une liste de questions permettant d'anticiper la compatibilité des données avec les principes FAIR. Par ailleurs, l'élaboration d'un PGD permet d'anticiper les coûts de la *FAIRification* des données qui sont assimilables aux coûts de gestion des données, et de ce fait intégrables dans le financement des projets H2020.

En termes d'opportunité, les principes FAIR ne sont pas applicables à toutes les données. En effet, au-delà des considérations techniques, il est important de questionner la nature communicable ou non des données. Cela peut être le cas notamment de certaines données présentant des enjeux éthiques, de sécurité ou de compétitivité.

Évaluer la qualité ou le niveau de maturité du partage des données grâce aux principes FAIR

Trois niveaux sont à vérifier pour estimer la qualité des jeux de données (rapport de 2008 du Research Information Network¹⁴) :

- ✓ la création des données (méthode de collecte des données, outils utilisés, étalonnage des instruments ...)
- ✓ la gestion des données (description fine des données, garantie d'accès pérenne aux données ...)
- ✓ l'évaluation de la qualité des jeux de données via un processus de Peer Review.

Il existe plusieurs systèmes d'évaluation et/ou des modèles de maturité pour le partage et la publication des données¹⁵. Ces systèmes et/ou modèles de maturité permettent d'évaluer non pas la qualité intrinsèque des données (pertinence, précision, exactitude) qui nécessiterait un processus de Peer Review, mais plutôt la qualité vue sous l'angle de la gestion et du partage (niveaux 1 et 2 ci-dessus décrits). Les principes FAIR fournissent un cadre pour l'évaluation de la qualité des données vue sous l'angle de la gestion et du partage.

Plusieurs outils basés sur une interprétation particulière des principes FAIR permettent d'autoévaluer, et éventuellement d'améliorer, le degré de compatibilité des données avec les principes FAIR. Par exemple :

- ✓ le DANS (Data Archiving and Networked Services) a développé un prototype [FAIRdat tool prototype](#)¹⁶ basé sur le postulat que chacun des principes FAIR peut être satisfait à différents degrés (entre 1 et 5). Ainsi, on peut déterminer le profil FAIR de chaque jeu de données en fonction des caractéristiques qu'il possède au regard de chacun des principes FAIR (**Figure 3**). Dans l'exemple de la **Figure 4**, le jeu de données évalué présente un profil F4 A3 I2 R3, qui signifie que les données sont faciles à trouver, accessibles sous certaines conditions, présentent un niveau d'interopérabilité relativement bas, et sont moyennement réutilisables ;

¹³ <https://www6.inra.fr/datapartage/Generer/Plan-de-gestion>

¹⁴ <http://www.rin.ac.uk/our-work/data-management-and-curation/share-or-not-share-research-data-outputs>

¹⁵ <https://confluence.csiro.au/display/OZNOME/Rating+systems+and+maturity+models+for+data+publication+and+sharing>

¹⁶ <https://www.surveymonkey.com/r/airdat>

- ✓ l'ARDC (Australian Research Data Commons) a également développé un outil d'évaluation du niveau de compatibilité des données avec les principes FAIR basé sur une interprétation des principes FAIR¹⁷ ;
- ✓ le CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Organisation) propose un outil d'autoévaluation [5 ★ DATA RATING TOOL](http://oznome.csiro.au/5star/)¹⁸ qui ne s'appuie pas strictement sur les principes FAIR mais en est compatible puisque les critères pris en compte incluent l'ensemble des caractéristiques associées aux principes FAIR ;
- ✓ le groupe de travail « Go FAIR Metrics¹⁹» créé en 2017 développe un cadre permettant à chaque communauté scientifique de définir ses propres critères d'évaluation en rapport avec son interprétation des principes FAIR. Cette initiative part du principe que l'interprétation des principes FAIR peut varier selon les communautés. Le cadre mis en place (**Figure 6**) inclut un ensemble de métriques exemples que chaque communauté peut adapter et/ou compléter. Chaque critère est associé à une interface de programmation applicative ou API permettant de tester si une ressource le satisfait ou non.

	Findable	Accessible	Interoperable	Reusable
*	No PID and no documentation	No user license / unclear conditions of reuse / metadata nor data are accessible	Proprietary, non-open format data	Clear provenance of data (to facilitate both replication and reuse)
**	PID without or with insufficient metadata	Metadata are accessible (even when the data are not or no longer available)	Proprietary format, accepted by Certified Trusted Data Repository	Data is in a TDR – unsustained data will not remain usable
***	Metadata without PID	User restrictions apply (of any kind, including privacy, commercial interests, embargo period, etc.)	Non-proprietary, open format (= “archival format”)	Explication on how data was or can be used is available
****	PID with limited metadata, just enough to understand the data	Public access (after registration)	Data is additionally harmonized/standardized, using standard vocabulary	Data automatically usable by machines
*****	PID, extensive metadata and rich additional documentation available	Open Access (unrestricted)	Data is additionally linked to other data to provide context	Data is reliable (replicable)

Figure 3. Système métrique du DANS.

¹⁷ <https://www.andis-nectar-rds.org.au/fair-tool>

¹⁸ <http://oznome.csiro.au/5star/>

¹⁹ <http://www.fairmetrics.org/>

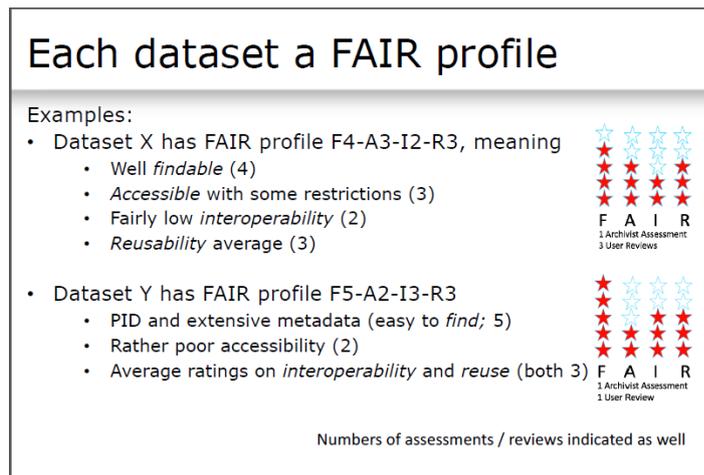


Figure 4. Extrait de Dumontier (2017) : exemple de profil de dataset établi à partir du système de métriques du DANS.

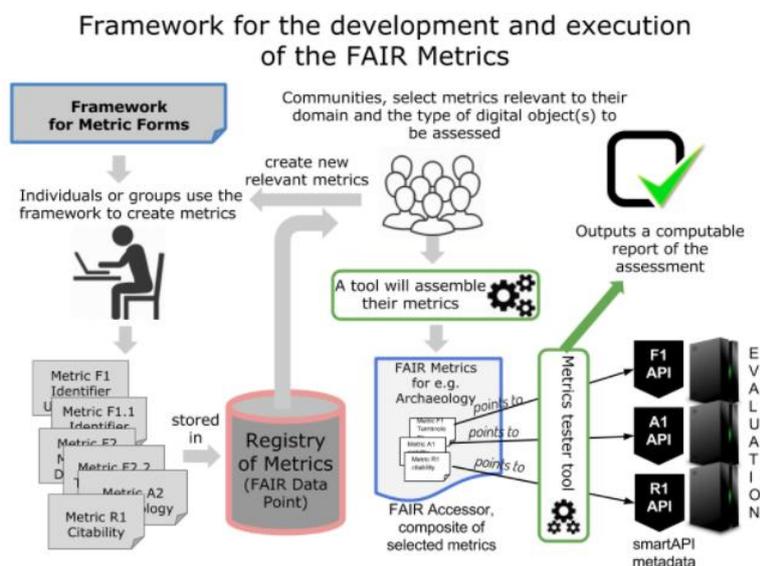


Figure 5. Framework pour le développement et l'évaluation de critères FAIR, extrait de²⁰.

Trouver un entrepôt de données compatible avec les principes FAIR

L'utilisation d'un entrepôt compatible avec les principes FAIR est un moyen de partager ou de trouver des données compatibles avec les principes FAIR. De manière générale, les entrepôts disposant d'une certification telle que Data Seal of Approval (DSA)²¹ ou CoreTrustSeal²² permettent de garantir un certain niveau de compatibilité des données avec les principes FAIR. En effet, les principes DSA sont compatibles avec les principes FAIR (Figure 6).

²⁰ <http://www.fairmetrics.org/>

²¹ <https://www.datasealofapproval.org/en/>

²² <https://www.coretrustseal.org/>

Pour les entrepôts ne disposant pas de certification, les questions ci-dessous permettent d'évaluer leur niveau de compatibilité avec les principes FAIR.

- ✓ Des identifiants uniques et pérennes (par exemple DOI) sont-ils attribués aux jeux de données et/ou aux fichiers composant les jeux de données ?
- ✓ L'entrepôt permet-il de documenter les données avec des métadonnées (auteurs, description du contenu du jeu de données, publications associées, etc.) et des informations permettant de mieux comprendre et utiliser les données (définition des variables, logiciels associés, provenance, etc.) ? Les métadonnées (et idéalement les données) sont-elles indexées pour permettre leur recherche ?
- ✓ L'entrepôt permet-il de mentionner clairement la licence (licence ouverte, CC BY, etc.) ou les conditions spécifiques sous lesquelles les données seront utilisables ?
- ✓ L'entrepôt rend-il accessibles publiquement les citations et les métadonnées sont-elles toujours accessibles, même dans le cas de jeux de données dont les fichiers associés sont à accès restreint ?
- ✓ L'entrepôt utilise-t-il des métadonnées compatibles avec des standards de métadonnées reconnus ?
- ✓ L'entrepôt dispose-t-il d'un plan de préservation à long terme des données ?

Resemblance DSA – FAIR principes

DSA Principles (for data repositories)	FAIR Principles (for data sets)
data can be found on the internet	Findable
data are accessible	Accessible
data are in a usable format	Interoperable
data are reliable	Reusable
data can be referred to	(citable)

The resemblance is not perfect:

- usable format (DSA) is an aspect of interoperability (FAIR)
- reliability (DSA) is a condition for reuse (FAIR)
- FAIR explicitly addresses machine readability
- citability is in FAIR an aspect of findability

Data Archiving and Networked Services


Figure 6. Principes DSA vs principes FAIR.

Coûts et bénéfices des principes FAIR

Rendre les données FAIR présente plusieurs avantages pour les chercheurs, la communauté scientifique, les organismes de recherche, les infrastructures de recherche. Parmi les avantages des données FAIR, on peut citer²³ : meilleure visibilité et citation de la recherche, optimisation du potentiel des données, amélioration de la reproductibilité et de fiabilité de la recherche, compatibilité avec les standards et approches internationales, etc. Par ailleurs, des enquêtes récentes montrent que le temps passé à découvrir et prétraiter des données (*data*

²³ <https://www.ands.org.au/working-with-data/the-fair-data-principles>

munging) représente environ 80% du temps dans les projets centrés sur les données²⁴. Des données et des métadonnées conformes aux principes FAIR et “actionnables” par les machines permettraient de réduire ce temps, ce qui constituerait un retour concret sur l’investissement dans la bonne gestion des données.

Cependant, rendre ses données FAIR a un coût qu’il faut savoir évaluer²⁵. Le template de plan de gestion des données (DMP) des projets Horizon 2020 inclut l’estimation des coûts de la *FAIRification* des données. Ces coûts associés à l’ouverture des données de la recherche sont éligibles pour tout projet Horizon 2020.

Discussion

Les principes FAIR définissent un ensemble de caractéristiques que doivent avoir les données et les métadonnées pour être découvertes, accessibles, interopérables et réutilisables par les humains et les machines. Ils ne préjugent pas du caractère ouvert ou restreint des données. Ils sont indépendants de toute technologie, bien que les technologies du Web sémantique permettent de les implémenter. Les principes FAIR ne disent pas non plus comment mettre en œuvre ces caractéristiques attendus des (méta)-données, ni comment mesurer la compatibilité des (méta)-données avec ces caractéristiques.

Une critique faite aux principes FAIR concerne leur caractère vague qui laisse une grande place à l’interprétation. Une conséquence de cette liberté d’interprétation est que certains entrepôts, au lieu d’opérer des changements utiles, préfèrent privilégier une interprétation des principes FAIR qui leur permet de maintenir le statu quo (Mons et al., 2017).

Des systèmes se mettent en place pour traduire les principes FAIR en actions concrètes que peuvent réaliser les producteurs et gestionnaires de données pour rendre les (méta)-données FAIR, et/ou pour mesurer leur compatibilité avec les principes FAIR. Une des difficultés rencontrées par ces systèmes est que la compatibilité avec les principes FAIR n’est pas binaire. En effet, si une partie des caractéristiques associées aux principes FAIR sont mesurables de manière binaire (oui / non, utilisation d’un identifiant unique pérenne, accès via un protocole ouvert standard, utilisation d’une licence), d’autres ne le sont pas. L’utilisation de métadonnées riches, ou de vocabulaires FAIR, ainsi que la conformité des métadonnées aux standards disciplinaires, s’inscrivent en effet dans un continuum. En d’autres termes, les données et les métadonnées peuvent répondre partiellement et progressivement à ces objectifs (de plus en plus de métadonnées, de vocabulaires et de formats standards).

²⁴ http://www.nessi-europe.eu/Files/Private/EuropeanBigDataValuePartnership_SRIA_v099%20v4.pdf

²⁵ Exemple de guide pour estimer le coût de la fairification des données : https://www.slideshare.net/EUDAT/the-costs-of-making-data-fair-marjan-grootveld-eudat-summer-school-wwweudateu?from_action=save

Conclusion

Pour conclure, les principes FAIR constituent un guide et s'inscrivent dans un processus d'amélioration continue de la gestion et du partage des données. Les actions concrètes à entreprendre pour rendre les données FAIR peuvent être différentes suivant les communautés. En particulier, les standards et les informations minimales favorisant l'interopérabilité et la réutilisation diffèrent d'une communauté à l'autre. Cette diversité montre l'importance d'initiatives telles que celle du groupe de travail international Wheat Data Interoperability working group qui proposent des guidelines pour harmoniser les pratiques de gestion et de partage de données à l'échelle d'une communauté (Dzale Yeumo et al., 2017). En Europe, l'initiative Go FAIR²⁶ offre l'opportunité aux différentes communautés de construire l'infrastructure technique et sociale adaptée pour rendre leurs données plus compatibles avec les principes FAIR.

Références bibliographiques

da Silva Santos LOB, Wilkinson MD, Kuzniar A, Kaliyaperumal R, Thompson M, Dumontier M (2016) FAIR data points supporting big data interoperability. Enterprise Interoperability in the Digitized and Networked Factory of the Future. I-ESA 16 Proceedings, ISTE Press, pp.270-279.

Dumontier M ((2017) FAIR principles and metrics for evaluation <https://training.incf.org/learn/fair-principles-and-metrics-for-evaluation> consulté en août 2018.

Dzale Yeumo E et al. (2017) Developing data interoperability using standards: A wheat community use case <https://f1000research.com/articles/6-1843/v2> consulté en août 2018.

European Commission and Directorate-General for Research & Innovation, "Guidelines on FAIR Data Management in Horizon 2020." 26-Jul-2016.

Knight G (2015) Preparing data for sharing ; The FAIR Principles <https://fr.slideshare.net/lshtm/preparing-data-for-sharing-the-fair-principles> consulté en août 2018.

Mons B, Neylon C, Velterop J, Dumontier M, da Silva Santos LOB, Wilkinson MD (2017) Cloudy, increasingly FAIR; revisiting the FAIR Data guiding principles for the European Open Science Cloud. *Inf Serv Use* 37: 1, 49-56. doi: 10.3233/ISU-170824

Olavo Bonino L, Gavai A, Kuzniar A, Kaliyaperumal R, Burger K. FAIR data point software specification <https://dtl-fair.atlassian.net/wiki/spaces/FDP/pages/6127622/FAIR+Data+Point+Software+Specification> consulté en août 2018.

Wilkinson MD et al. (2016) The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Sci. Data* 3:160018. doi: 10.1038/sdata.2016.18

²⁶ <https://www.go-fair.org/>

Wilkinson MD, Verborgh R, Da Silva Santos LB, Clark T, Swertz MA, Kelpin FD (2017) Interoperability and FAIRness through a novel combination of web technologies <https://peerj.com/articles/cs-110/> consulté en août 2018.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-SA).



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Le Cahier des Techniques de l'INRA », la date de sa publication et son URL).