

Mémoire de Stage - Package ManagHAL

Martin AMIENS

2024-06-16

En 2017, AgroParisTech a signé l'Appel de Jussieu, visant à promouvoir la bibliodiversité, c'est-à-dire la diversité éditoriale pour éviter la domination des grands groupes. En 2020, l'institution a adopté une politique de 'science ouverte' pour faciliter la libre diffusion des résultats de la recherche scientifique et la transparence des processus de recherche. En réponse à ses engagements, le 2 janvier 2023, AgroParisTech crée une cellule HAL pour accompagner ses chercheurs dans l'utilisation de l'archive ouverte HAL. Cependant, un package R pour l'extraction et l'analyse des données HAL n'existait pas, ce qui a conduit à la mission de Théodore Vanrengterghem de développer le package 'ManagHAL'. Par la suite, j'ai eu l'opportunité de reprendre le projet "ManagHAL" durant mon stage financé par la Direction de la Recherche et de l'Innovation d'AgroParisTech. Ainsi, j'ai pu travailler sur la mise en place de réseaux à partir des données, l'adaptation et l'intégration d'outils d'analyse statistique de réseaux tel que la modélisation en blocs stochastiques dans le package 'ManagHAL'.

Table of contents

1	MANAGHAL, DONNEES BIBLIOMETRIQUES, RESEAUX ET ANALYSES STATISTIQUES DE RESEAUX	4
1.1	Introduction	4
1.1.1	Sciences Ouvertes	4
1.1.2	ManagHAL, package R d'extraction de données bibliométrique HAL et d'analyse de réseaux	4
1.2	METHODES	6
1.2.1	sbm	6
1.2.2	méthodes informatiques	6
1.3	RESULTATS	8
1.3.1	Accessibilité et généricité de ManagHAL	8
1.3.2	Ajout de fonctionnalité à ManagHAL	12
1.3.3	Conclusion des Résultats	12
1.4	Discussion	13
1.5	ANNEXES	14
1.5.1	load_team_table_url	14
1.5.2	load_team_table_csv	15
1.5.3	load_team_table	16
1.5.4	Exemple d'une documentation classique avec Roxygen2	17
1.5.5	HAL_query	17
1.5.6	Script_R_reseau_co-auteur	20
1.5.7	exemple_reseau_unipartite_bipartite	25
1.5.8	Tableau des résultats détaillés	26
	BIBLIOGRAPHIE	26

1 MANAGHAL, DONNEES BIBLIOMETRIQUES, RESEAUX ET ANALYSES STATISTIQUES DE RESEAUX

1.1 Introduction

1.1.1 Sciences Ouvertes

En 2017, AgroParisTech signe l'Appel de Jussieu pour promouvoir la bibliodiversité, visant à maintenir la diversité éditoriale et éviter la domination des grands groupes éditeurs. En partenariat avec l'INRAE, AgroParisTech, en partenariat avec INRAE, adopte en 2020 une politique de science ouverte ([@science-ouverte](#), voir: La science ouverte à AgroParisTech – Politique d'établissement janvier 2020), facilitant la libre diffusion et la transparence des recherches scientifiques. Un exemple concret des principes appliqués suite à l'adoption de cette politique sont les principes FAIR pour la gestion des données de recherche : Findable (facilement trouvable), Accessible (accès clairement défini), Interoperable (intégrable avec d'autres outils), et Reusable (réutilisable avec toutes les informations nécessaires).

Pour atteindre ces objectifs, AgroParisTech crée le 2 janvier 2023 une cellule HAL, dirigée par la Direction de la Recherche, de l'Innovation et du Transfert Technologique, et par la Direction de la Documentation et du Patrimoine Culturel. Cette cellule facilite l'intégration de l'archive ouverte HAL dans la communauté de recherche d'AgroParisTech et veille à la qualité des métadonnées. HAL, l'archive nationale pour la diffusion ouverte des résultats de recherche, dispose d'un API permettant l'extraction et l'analyse des données via des outils comme Rstudio. Une explication plus détaillée de cet API et d'une requête HAL sera faite dans la section méthode.

1.1.2 ManagHAL, package R d'extraction de données bibliométrique HAL et d'analyse de réseaux

Les outils pour réaliser des analyses bibliométriques se répartissent en trois catégories, "general bibliometric and performance analysis, science mapping analysis, and libraries" ([@Moral-Muñoz2020](#)) ou analyse générale bibliométrique et de performances, analyses par cartographie scientifique et librairies / packages. Le package managHAL se trouve dans les troisième et

deuxième catégories. Il existe à ce jour d'autres outils d'analyses bibliométriques mais la majorité ne permettent pas de travailler via l'api HAL et se concentrent sur webofscience, scopus, google scholar,... Il existe des outils d'extraction de publications HAL, cependant aucun package R ne permet actuellement d'extraire ces données pour des analyses statistiques. Pour répondre à ce besoin, Théodore Vanrenghem a commencé à développer le package R "ManagHAL". le package permet l'extraction de données HAL et la création de bilans bibliographiques. En cours de développement, ce package ne permet pas actuellement la réalisation d'analyses bibliométriques.

Ainsi, durant mes 2 mois et 17 jours de stage au sein de l'unité de recherche Mathématiques et Informatiques Appliquées (MIA) d'AgroParisTech Palaiseau, j'ai travaillé sur la généralité du package managHAL, ainsi que sur la programmation et l'intégration d'outils d'analyse statistique de réseau au sein du package ManagHAL. Encadré par deux tuteurs, Julie Albert et Pierre Barbillon, j'ai contribué à la mise en forme du package et à la création de fonctions spécifiques.

Pour comprendre les choix réalisés lors du développement du package, il est nécessaire de réaliser une introduction au contexte statistique des réseaux. Un réseau d'interaction est constitué de nœuds (les entités) et d'arêtes (les liens entre ces entités). Toute entité peut être modélisée comme un nœud, et leurs interactions comme des arêtes. Par exemple, les réseaux de gènes à partir de données de co-expression. Les réseaux se divisent en deux catégories principales : les réseaux Unipartites où tous les nœuds sont du même type et les réseaux Bipartites où il y a deux types distincts de nœuds, et les liens ne se forment qu'entre des nœuds de types différents.(Aubert et al. 2022) Les interactions dans un réseau peuvent être binaires ou pondérées. Un réseau peut être représenté par une matrice d'adjacence Y où :

$$\begin{aligned} Y_{ij} &\neq 0 && \text{si un lien existe entre les nœuds } i \text{ et } j, \\ Y_{ij} &= 0 && \text{si aucun lien n'existe entre les nœuds } i \text{ et } j. \end{aligned}$$

Nous décrivons les nœuds d'un réseau comme : $V = 1, \dots, N$, (N correspond à la taille du réseau). Les arêtes peuvent être décrites comme $E = \{(i, j) | i, j \in V\}$ représentant les paires de nœuds entre lesquels il existe une interaction. Chaque arête (i, j) indique une connexion entre les nœuds i et j .

Il existe plusieurs approches différentes pour analyser la structure d'un réseau. Dans ce mémoire, une seule approche sera considérée. Elle suppose l'existence de groupe fonctionnels partageant un même patron de connexion. Nous nous baserons par la suite sur une méthode possible pour cette approche: les modèles probabilistes génératifs. Cette approche sera détaillée dans la section méthode.

Ce package s'adresse donc à un public souhaitant réaliser des analyses bibliométriques approfondies à partir de HAL. Nous verrons cependant dans la section discussion qu'il est possible d'élargir les usages du packages.

1.2 METHODES

1.2.1 sbm

Cette partie est principalement basée sur la publication “Using Latent Block Models to Detect Structure in Ecological Networks” Aubert et al. (2022)

Les Modèles en Bloc Stochastiques (aussi appelé SBM) sont des modèles probabilistes. Ils supposent que les nœuds d’un même réseau sont divisés en blocs (groupe, clusters) latents regroupant les entités ayant des modèles de connectivité similaires. Latents signifie qu’il n’y a pas d’a priori sur le type de structure recherchée. Ces modèles sont utiles pour détecter les communautés, les clusters aux sein d’un réseau complexe. Pour réaliser un modèle en bloc stochastique, il est nécessaire de supposer que le réseau obtenu à partir de mes données est une réalisation de mon modèle.

Les noeuds sont partitionnés en K groupes latents. On définit un vecteur Z où $Z_i = k$, k est le bloc auquel appartient le noeud i . Dans le cas d’un réseau unipartite, on définit :

- $P(Z_i = k) = \pi_k$, comme la probabilité d’appartenance au groupe k .
- $P(Y_{ij} = 1 | Z_i = k, Z_j = k') = \gamma_{kk'}$, comme la probabilité pour une paire de noeuds appartenant à un bloc k et à un bloc k' d’être en interaction (dans le cas binaire).

Nous avons donc comme paramètres du modèle $\theta = (\gamma, \pi)$. A partir du réseau connu, il est possible d’inférer les paramètres du modèle. Par nécessité d’écourter le rapport, une explication détaillée ne sera pas réalisée. Je vous conseille cependant d’aller voir la publication “Using Latent Block Models to Detect Structure in Ecological Networks” Aubert et al. (2022) où les explications à ce propos sont claires et précises.

1.2.2 méthodes informatiques

Comme précisé dans l’introduction, l’entièreté des méthodes informatiques développées ont été réalisées sur RStudio en utilisant le langage R version 4.4.1 sous windows 11 x64. Les packages utilisés sont les suivants :

Le package dplyr (Wickham et al. 2023) est utilisé pour la manipulation et la transformation des données grâce à une syntaxe claire et cohérente. Ce package facilite les opérations courantes telles que la sélection, le filtrage, le regroupement et le résumé des données. Le package mailR (Premraj 2021) est utilisé pour l’envoi d’emails avec des pièces jointes directement depuis R, ce qui est utile pour automatiser l’envoi de rapports. Le package askpass (Ooms 2023) est utilisé pour gérer les mots de passe de manière sécurisée. Le package furr (Vaughan and Dancho 2022) est utilisé pour paralléliser les tâches en combinaison avec le package future (Bengtsson 2021). Le package future (Bengtsson 2021) permet l’exécution de code en parallèle, ce qui réduit le temps de traitement des tâches lourdes. Le package ggplot2 (Wickham 2016)

est utilisé pour la création de visualisations graphiques sophistiquées. Le package `matgritr` (Bache and Wickham 2022) fournit des opérateurs pour améliorer la lisibilité du code, en particulier l’opérateur `%>%` (pipe). Le package `purrr` (Wickham and Henry 2023) est utilisé pour les opérations fonctionnelles sur les listes et autres structures de données. Le package `quarto` (Allaire and Dervieux 2024) est utilisé pour la création de documents dynamiques et de rapports. Le package `readxl` (Wickham and Bryan 2023) permet la lecture de fichiers Excel. Le package `rvest` (Wickham 2024) est utilisé pour le web scraping, c’est-à-dire l’extraction de données à partir de pages web. Le package `SnowballC` (Bouchet-Valat 2023) est utilisé pour le traitement de la langue naturelle, en particulier pour la lemmatisation. Le package `stringr` (Wickham 2023) fournit des fonctions pour la manipulation des chaînes de caractères. Le package `tictoc` (Izrailev 2024) est utilisé pour mesurer le temps d’exécution des morceaux de code. Le package `tm` (Feinerer and Hornik 2024) est utilisé pour le text mining (extraction de connaissances à partir de textes). Le package `wordcloud` (Fellows 2018) est utilisé pour la création de nuages de mots. Le package `Visnetwork` [la citation ne fonctionne pas] est utilisé pour la visualisation de réseaux dynamiques. Le package `Sbm` (Chiquet, Donnet, and Barbillon 2024) est utilisé pour réaliser les analyses statistiques de réseaux.

Afin de pouvoir construire une requête HAL pour récupérer des données bibliographiques de publications d’auteurs, il est nécessaire de comprendre comment construire une requête. Pour construire une requête HAL, il faut au moins un paramètre `q` qui contient la requête de recherche. Ce paramètre doit spécifier le champ de recherche suivi de la valeur. Par exemple, pour rechercher le terme “test” : `http://api.archives-ouvertes.fr/search/?q=test&wt=xml` . Si le champ n’est pas spécifié, la recherche s’effectue par défaut dans l’index texte. Pour rechercher dans un champ particulier, il faut utiliser `champ:terme` : `http://api.archives-ouvertes.fr/search/?q=title_t:japon&wt=xml` . Pour échapper certains caractères spéciaux utilisés par Apache Solr, utilisez `\`. Par exemple, `(1+1):2` devient `\(1\+1\)\:2`. (voir “Documentation API-HAL” (n.d.)). Il est possible d’indiquer le format de la réponse (sous-entendant le format des données récupérées) via le paramètre `wt` . Pour finir il est possible de spécifier les champs à retourner dans la réponse via le paramètre `fl` et de faire un filtre des données via le paramètre `fq` . Tous les possibilités de l’API HAL n’ont pas été abordé dans ce court résumé. Il est pourtant compréhensible que l’API HAL est très diverse et permet une grande liberté à l’utilisateur pour l’extraction des données. De plus, il existe un nombre de champs considérables. Certains seront abordés par la suite dans la section résultats.

Pour finir, l’entièreté du stage s’est inscrit dans une dynamique de développement et d’intégration continue via la forge gitlab d’AgroParisTech. La forge gitLab MIA, du partenariat INRAE et AgroParisTech, est un logiciel DevOps passant par le langage Git. Git est un système de contrôle, de versionnage du code des développeurs gratuit et open source. Il permet à plusieurs développeurs de travailler sur un code sur un même dépôt et d’avancer ensemble par le biais de “merge”. “Merge” signifie que la personne modifiant un fichier contenant du code pousse en ligne sur le dépôt partagé, les modifications réalisées.

1.3 RESULTATS

Cette section présente les résultats obtenus au cours de mon stage. Elle est divisée en deux parties principales: les fonctions et algorithmes développés, modifiés ainsi que les résultats obtenus via un exemple. Cet exemple consistera en des données provenant des Ressources Humaines du Laboratoire MIA d'AgroPariTech. Chaque fonction est expliquée en détail, suivie des raisons justifiant son développement. Il est important de noter que mon stage se terminant le 26 juillet, Le package est donc encore en développement. Les fonctions présentées fonctionnent dans le cadre de l'exemple. Dans cette section, les noms de *fonctions* seront en italique et les noms des **scripts R** contenant les fonctions seront en gras.

1.3.1 Accessibilité et généricité de ManagHAL

Lors de mon stage, j'ai d'abord décidé de rendre le package plus accessible et générique. Pour ce faire, il m'était nécessaire de réorganiser et modifier certaines fonctions déjà présentes codées par Théodore Vanrengterghem.

1.3.1.1 Modifications de la fonction *load_mia_table*

J'ai commencé par modifier dans le fichier **mia_table.R** la fonction *load_mia_table*. A l'origine, cette fonction permettait le chargement d'un csv en ligne depuis une adresse spécifique vers un fichier contenant des informations tel que le nom, le prenom, l'idhal, l'équipe, etc, des personnes appartenant au labo. J'ai fait le choix de renommer le fichier **load_table.R**. J'ai remplacé la fonction *load_mia_table* par trois fonctions *load_team_table_csv*, *load_team_table_url*, et *load_team_table*. *load_team_table_csv* permet de charger un csv dans Rstudio depuis un fichier local de la machine de l'utilisateur. *load_team_table_url* permet de charger un csv dans Rstudio depuis un fichier en ligne. *load_team_table* fait appel aux deux fonctions précédentes et permet par le biais d'argument de fonctions de spécifier la provenance du fichier et de charger le csv soit depuis un url soit depuis un fichier local. J'ai aussi modifier la majorité des fonctions déjà présentes dans le package faisant appel à *load_mia_table*. Les paramètres en entrée des trois fonctions sont les même que la fonction *load_mia_table* d'origine avec l'ajout d'un paramètre permettant à l'utilisateur de rentrer l'adresse du fichier. J'ai ensuite crée une documentation via le package "Roxygène2" conforme aux critères requis pour un package mis en ligne (veuillez vous referez à l'annexe : [Exemple d'une documentation classique avec Roxygen2](#)) pour chacune des trois fonctions.

La fonction originelle *load_mia_table* ne permettait que de charger de manière spécifique le csv fourni par les Ressources Humaines depuis un url seafile. Cette fonction n'était pas générique. Ainsi, il était nécessaire de la modifier. J'ai décidé de diviser en trois fonctions différentes afin de permettre à l'utilisateur de choisir de charger des tables de provenance locale ou depuis internet. J'ai décidé pour *load_team_table_url* de garder en majeure partie le code

d'origine et de simplement le réadapter par soucis de temps. J'y ai ajouté des conditions de présence de colonnes obligatoires afin d'obliger l'utilisateur à fournir des colonnes sous un format spécifique. (Pour voir le corps de la fonction, veuillez vous référer à l'annexe : [load_team_table_url](#))

`load_team_table_csv` est basé sur la construction de `load_team_table_url`. Je l'ai adapté pour pouvoir charger depuis un fichier local en utilisant `read.csv`. De même que dans `load_team_table_url`, j'y ai ajouté des conditions de présence de colonnes obligatoires afin d'obliger l'utilisateur à fournir des colonnes sous un format spécifique. (Pour voir le corps de la fonction, veuillez vous référer à l'annexe : [load_team_table_csv](#))

Enfin, `load_team_table` appelle l'une des deux fonctions en fonction du type d'adresse fourni : URL ou chemin de fichier local. Le type de l'adresse est déterminé en utilisant `grepl`, qui utilise une expression régulière. (Pour voir le corps de la fonction, veuillez vous référer à l'annexe : [load_team_table](#))

1.3.1.2 Résultat de l'Application de `load_team_table`

```
data_RH_csv_Example <- load_team_table(filter_id = TRUE,
  date_cols = c(6, 7), filepath_or_url = "./data/Data_RH_Example.csv")
# afin de ne garder que les lignes avec un idhal
# correct
data_RH_csv_Example <- data_RH_csv_Example[which(!is.na(data_RH_csv_Example$idhal)),
  ]
head(data_RH_csv_Example)
```

	civilite	nom	prenom	statut	rattachement	debut_contrat	fin_contrat
1	M.	ADJAKOSSA	Éric	CEC	AgroParisTech		
6	Mme	AUBERT	Julie	IR	INRAE		
8	M.	BARBILLON	Pierre	PR	AgroParisTech		
	financement	equipe	unite		orcid	idhal	
1		SOLsTIS	MIA	PS	0000-0002-5280-0347	749339	
6		SOLsTIS	MIA	PS	0000-0001-5203-5748	15356	
8		SOLsTIS	MIA	PS	0000-0002-7766-7693	16750	
	adresse_mail						
1	eric-houngla.adjakossa@inrae.fr						
6	julie.aubert@inrae.fr						
8	Pierre.Barbillon@Agroparistech.fr						

Lors de l'application de la fonction `load_team_table` ci-dessus en utilisant le jeu de données test `Data_RH_Example`, on observe le chargement d'un csv contenant les colonnes d'origines

du csv fournie en entrée. Les valeurs manquantes ou mal renseignées des idhals numériques ont été remplacées par des NAs. Les dates présentes dans les colonnes de dates spécifiées par l'utilisateur ont été nettoyées et ont le bon format.

1.3.1.3 Modifications des fonctions régissant la requête HAL

Dans le package managHAL originel, il y avait deux fichiers contenant les fonctions nécessaires à la construction d'une requête HAL. Ces deux fichiers se nomment **HAL_reports.R** et **HAL_queries.R**. La fonction principale de construction d'une requête HAL est *HAL_query*. Elle prend en entrée différents paramètres et construit une url correspondant à une requête HAL. Ces différents paramètres définissent les différents champs, filtres, sorties demandées de la requête. Les champs de sortie ne convenant pas et manquait d'information pour la construction d'un réseau. Ainsi, après réflexion et discussion avec mes tuteurs Julie Aubert et Pierre Barbillon, j'ai modifié les différents champs de sorties afin d'obtenir les données nécessaires et essentielles à la construction d'un réseau. Par exemple, le champ 'authFullNamePersonIDIDHal_fs' permet de spécifier à *HAL_query* de récupérer les noms et les identifiants HAL numériques des auteurs d'une même publication. Le paramètre *add_output* ajouté par Théodore Vanrengterghem dans la fonction d'origine permet à l'utilisateur de rentrer des champs de sortie spécifiques en plus. Ce paramètre a été beaucoup utilisé au cours de ce stage dans la création de fonction permettant la création de réseau.

La fonction d'origine ne crée pas d'url d'une page permettant de récupérer les publications autres qu'à partir d'identifiants numériques d'auteurs, j'ai modifié les paramètres d'entrée et le corps de la fonction afin que l'utilisateur puissent spécifier si les identifiants fournis sont des identifiants de structures ou des identifiants de personnes. La nouvelle fonction *HAL_query* crée donc un url qui peut donc récupérer au choix de l'utilisateur une liste de publications associés à une structure via son identifiant ou une liste de publications associés à un identifiant numérique. (Pour voir le corps de la fonction, veuillez vous référer à l'annexe : [HAL_query](#))

Plusieurs fonctions présentes avant mes modifications faisaient appel à *HAL_query*. Ces dernières comme *HAL_extract_csv* ont donc été modifiées afin de correspondre à la nouvelle version de *HAL_query*. De même Les fonctions auxquelles fait appel *HAL_query* ont elles aussi été modifiées pour correspondre à *HAL_query*. *HAL_extract_csv* est une fonction récupérant l'url via *HAL_query*. Pour montrer les résultats obtenus avec *HAL_query*, des exemples ci-dessous seront réalisés avec *HAL_extract_csv* pour une liste d'identifiants numérique d'auteurs et pour un identifiant d'une unité/laboratoire. Il sera ajouté des sorties via le paramètres *add_outputs* :

```
date_min = "01/01/2022"
date_max = "01/01/2023"

# Publications à partir d'un id de laboratoire.
HAL_publis_Labo <- managHAL::HAL_extract_csv(id = 1002311,
```

```

    date_min, date_max, type_id = "struct_id", add_output = c("structAcronym_s",
    "structId_i", "structHasAlphaAuthIdHalPersonid_fs"))
HAL_publis_Labo[1, ]

```

```

    docid      halId_s version_i docType_s
1 4440523 hal-04440523      1      COMM

```

```

1 Isabelle Lebert, Maxime Rates, Julien Pradel, Laure Mathews-Martin, Aurore Latour, et al..
citationRef_s

```

```

1 Colloque final de restitution du projet Biodiversa-Bioroddi, Nov 2023, Lyon (Sciences Po),
publicationDate_tdate
1 2023-01-01T00:00:00Z

```

```

1 Isabelle Lebert_FacetSep_184610_FacetSep_isabelle-lebert,Maxime Rates_FacetSep_749136_FacetSep_

```

```

1 UMR EPIA,VAS,INRAE,UMR CBGP,Cirad,IRD [France-Sud],INRAE,Institut Agro,UM,LRFSN,ANSES,MIA I

```

```

1 1002382,301767,577435,1100832,11574,451860,577435,1096330,1042499,1100589,561191,301715,100

```

```

1 L_AlphaSep_1002382_FacetSep_Unité Mixte de Recherche d'Épidémiologie des maladies Animales

```

```

# Publications à partir d'ids auteurs
HAL_publis_auteurs <- managHAL::HAL_extract_csv(id = data_RH_csv_Example[,
12], date_min, date_max, type_id = "person_id")
HAL_publis_auteurs[1, ]

```

```

    docid      halId_s version_i docType_s
1 4311126 hal-04157375      1      ART

```

```

1 Joanna Moro, Gaëtan Roisné-Hamelin, Nadezda Khodorova, Douglas Rutledge, Jean-Charles Mart.
citationRef_s

```

```

1 Journal of Nutrition, 2023, 153 (9), pp 2571-2584. 10.1016/j.tjnut.2023.06.039
publicationDate_tdate
1 2023-01-01T00:00:00Z

```

```

1 Joanna Moro_FacetSep_0_FacetSep_,Gaëtan Roisné-Hamelin_FacetSep_0_FacetSep_,Nadezda Khodor

```

1.3.2 Ajout de fonctionnalité à ManagHAL

1.3.2.1 Création d'un réseau de co-auteurs avec Visnetwork

Afin d'obtenir les informations sous-jacentes des informations bibliographiques, j'ai commencé à travailler à la création d'un réseau de co-auteur. Pour l'instant, la fonctionnalité n'existe qu'au format de script R sur un document quarto. Au cours des semaines restantes, l'objectif est de continuer à travailler dessus et créer des fonctions simples et claires permettant à l'utilisateur de créer son propre réseau à partir de ses données. Le script de création de fonction est inspiré d'un script fournie au préalable par ma tutrice Julie Aubert. Des modifications et des ajouts ont été apportés pour améliorer l'extraction, le nettoyage, la construction, et la visualisation des données. Suite à mes modifications et mes ajouts, le script se divise en plusieurs parties ((Pour voir le script R, veuillez vous référer à l'annexe : [Script_R_reseau_co-auteur](#)) :

La première partie correspond à l'extraction et au nettoyage des données. Les données brutes ont été organisées et nettoyées pour être adaptées à la construction du réseau. Les années de publication ont été extraites et les identifiants des auteurs ont été nettoyés. Les auteurs ont été associés aux structures pertinentes, et les incohérences de noms ou d'identifiants HAL ont été corrigées. Des identifiants fictifs ont été créés pour les auteurs sans identifiant.

La deuxième partie concerne la construction et la visualisation du graphe. À partir des données nettoyées, des matrices de contingence ont été créées. Ces matrices ont été converties en listes de nœuds (auteurs) et en listes d'arêtes (collaborations). Les nœuds ont été colorés et groupés en fonction des années de publication, et des légendes ont été ajoutées pour faciliter la compréhension du graphe. Des descriptions supplémentaires ont été intégrées pour enrichir les légendes, et la visualisation finale du réseau a été réalisée via visnetwork.

Il est possible de voir via l'exemple suivant (obtenu avec le code de l'annexe : [Script_R_reseau_co-auteur](#)) qu'un réseau de co-auteurs permet une visualisation claire des collaborations et des périodes d'activité des différents auteurs.

Parler du quarto avec la construction d'un réseau et la création d'un réseau sur un sous groupe puis parler du premier sbm réalisé;

1.3.3 Conclusion des Résultats

Exemple via chatGPT

Les méthodes développées au cours de ce stage ont permis d'améliorer significativement les performances des algorithmes existants. L'optimisation de l'algorithme X a réduit le temps de traitement de 40%, tandis que les ajustements apportés au modèle Y ont augmenté la précision de 5%. Ces résultats démontrent l'efficacité des approches choisies pour répondre aux limitations des méthodes précédentes.

1.4 Discussion

Au cours de cette partie, plusieurs sujets seront abordés. Les limitations actuelles du package ManagHAL et les possibles améliorations seront discutées. Les résultats obtenus seront replacés dans un contexte scientifique plus large. Enfin, les utilisations potentielles du package ManagHAL seront examinées.

Premièrement, il est important de parler des limitations rencontrées au cours de ce projet. Un des défis a été l'intégration de l'API HAL. Malgré mes efforts, l'API HAL s'est révélée complexe et souvent peu intuitive. En effet, il existe des centaines de champs pour récupérer des données sur l'API HAL. Cela m'a freiné dans la compréhension de l'API et dans la modification des fonctions utilisant cette dernière. Les erreurs rencontrées étaient souvent dues à une mauvaise récupération des données ou à une confusion de ma part par rapport au formatage de ces dernières. J'ai donc eu besoin de nombreuses heures de recherches, de débogage et de tests pour obtenir les résultats attendus.

De plus, bien que le code développé ait montré une certaine efficacité, il reste des marges d'amélioration. Par exemple, certaines parties du code pourraient être optimisées pour améliorer les performances des fonctions et réduire le temps de traitement. Remplacer les boucles `for` par `apply`, qui est optimisée et plus rapide, pourrait être une solution. De même, pour la création de réseaux et l'utilisation de modélisation en bloc stochastique, il est encore possible d'améliorer le temps de traitement en recherchant et modifiant les options des fonctions utilisées ou en créant des sous-groupes comme présenté dans les résultats.

Une des ambitions de ce projet est de s'inscrire dans une dynamique de science ouverte. Le mémoire écrit et produit avec Quarto illustre cette démarche en rendant le mémoire et les résultats accessibles et reproductibles sur un répertoire GitHub ([repositoryMémoire](#)). S'il était possible de lier les résultats obtenus à des résultats provenant d'autres bases de données telles que WebOfScience, la valeur scientifique des recherches effectuées via le package ManagHAL pourrait être considérablement enrichie. Avant la fin du stage, je prévois de travailler sur la documentation et les tests. L'objectif est d'améliorer la documentation du code pour faciliter son utilisation par d'autres développeurs, de documenter les fonctions pour en faciliter l'utilisation par d'autres personnes, et d'ajouter des tests pour garantir la bonne fonctionnalité du package. Je prévois aussi d'ajouter de nouvelles fonctionnalités. Dans un premier temps, je souhaite coder les fonctions et sous-fonctions permettant de construire un réseau de co-auteurs plutôt que d'avoir un simple script R sur un document quarto. Puis, je souhaite coder les fonctions permettant d'obtenir un modèle en bloc stochastique via le package 'sbm'. Cela permettrait de simplifier l'utilisation du package et de le rendre plus générique. Dans un second temps, je prévois de nettoyer le package entièrement et de vérifier qu'il est bien aux normes pour qu'il puisse être publié à la fin de mon stage.

En ce qui concerne les utilisations potentielles du package développé, en premier lieu, ManagHAL est destiné à être utilisé par les personnes voulant réaliser des rapports sur les dynamiques sous-jacentes des publications au sein d'un laboratoire. Ensuite, il est possible qu'il

soit utilisé par les personnes souhaitant faire un rapport bibliographique ou réaliser des vérifications quant aux erreurs d'ajout de publications des chercheurs sur HAL. Enfin, il y a des parallèles intéressants à explorer avec d'autres domaines scientifiques, comme la biologie. Par exemple, il serait peut-être possible d'utiliser ce package afin de construire des réseaux autrement qu'à partir de données bibliographiques, en utilisant des données écologiques.

En conclusion, ce stage a permis de réaliser des avancées significatives dans le développement de l'outil qu'est le package ManagHAL malgré les défis rencontrés. Les prochaines étapes incluront des optimisations et des développements supplémentaires pour renforcer l'impact et la portée du travail réalisé, tout en restant alignées avec les principes de la science ouverte. Cette démarche, combinée à une réflexion continue sur les objectifs et les résultats, permettra non seulement d'améliorer la qualité du travail actuel, mais aussi de poser les bases pour l'entretien du package par les futurs développeurs.

1.5 ANNEXES

1.5.1 load_team_table_url

```
load_team_table_url <- function(filter_id = TRUE, date_cols,
  url) {
  idhal <- NULL
  tmp_file <- paste0(tempfile(), ".xlsx")
  download.file(url = url, destfile = tmp_file, mode = "wb")
  nbcol <- ncol(readxl::read_xlsx(tmp_file, sheet = "Membres"))
  col_types <- rep("text", nbcol)
  col_types[date_cols] <- "date"

  table <- readxl::read_xlsx(tmp_file, sheet = "Membres",
    col_types = col_types) %>%
    dplyr::rename_with(clean_names) %>%
    dplyr::mutate_if(function(x) {
      "POSIXt" %in% class(x)
    }, ~format(.x, "%d/%m/%Y"))

  if (filter_id) {
    table <- suppressWarnings(table %>%
      dplyr::filter(!is.na(as.numeric(idhal))) %>%
      dplyr::mutate(idhal = as.numeric(idhal)))
  }

  # Test if there is a column named 'id'
```

```

# Possibility to add mandatory columns in the
# future Just add 'OR'
if (!("idhal" %in% names(table)) | !("nom" %in%
    names(table)) | !("prenom" %in% names(table))) {
  stop("one of the following columns are missing : 'idhal' ; 'nom' ; 'prenom' ")
}

return(table)
}

```

1.5.2 load_team_table_csv

```

load_team_table_csv <- function(filter_id = TRUE,
                                date_cols,
                                filepath){

  idhal <- NULL

  # read the csv table  TODO : Add message error to guide user
  # if sep is different than ";"
  # and if header = false
  nbcol <- ncol(read.csv(filepath, header = TRUE, sep = ";", encoding = "UTF-8"))

  # define column types (dates or text if not dates)
  col_types <- rep("character", nbcol)
  col_types[date_cols] <- 'character'

  table <- read.csv(filepath,
                    header = TRUE,
                    sep = ";",
                    encoding = "UTF-8",
                    colClasses = col_types
  ) %>% dplyr::rename_with( # clean the columns names
    clean_names
  ) %>%
  dplyr::mutate_if(function(x) { # Convert specified column to dates
    "POSIXt" %in% class(x)
  }, ~ format(.x, "%d/%m/%Y"))

  # Filter out rows without IDHAL
  if (filter_id) {

```

```

    idhal <- table$idhal
    table <- table[which(!is.na(idhal)),]
    table$idhal <- as.numeric(idhal)
    table$idhal[table$idhal == 0] <- NA
    table <- table[which(!is.na(idhal)),]
  }

  # Test if there is a column named "id"
  # Possibility to add mandatory columns in the future
  # Just add "OR"
  if ( !("idhal" %in% names(table)) | !("nom" %in% names(table)) | !("prenom" %in% names(table)) ) {
    return(table)
  }
}

```

1.5.3 load_team_table

```

load_team_table <- function(filter_id = TRUE, date_cols = c(7,
  8), filepath_or_url) {

  # If the parameter is a URL
  if (grepl("^https?://", filepath_or_url)) {

    # Call the load_team_table_url function
    # with the URL
    return(load_team_table_url(filter_id = filter_id,
      date_cols = date_cols, url = filepath_or_url))
  } else {

    # Otherwise, it's a local file path; call
    # the load_team_table_csv function with
    # the local file path
    return(load_team_table_csv(filter_id = filter_id,
      date_cols = date_cols, filepath = filepath_or_url))
  }
}

```


1.5.4 Exemple d'une documentation classique avec Roxygen2

```
# load_team_table_csv
#
# This function loads a team table from a CSV file, allowing optional filtering
# based on the presence of an IDHAL and specifying which columns contain dates.
#
# @param filter_id erase person without IDHAL (default = TRUE)
# @param date_cols positions of dates columns, others will be read as text
# @param filepath the file path of the CSV table
#
# @export
#
# @importFrom magrittr %>%
# @importFrom utils read.csv
#
# @return a data.frame containing information from team
#
# @examples
#
# \dontrun{
# load_team_table_csv(filter_id = TRUE,
#                      date_cols = c(7,8),
#                      'C:/users/.../.../Classeur.csv')
# }
```

1.5.5 HAL_query

```
HAL_query <- function(id,
  date_min = NULL,
  date_max = NULL,
  format = c("csv", "bibtex", "json", "xml", "online"),
  grouped = FALSE,
  type_id = c("person_id", "struct_id"),
  maxrows = 1000,
  add_filters = list(),
  add_exclusions = list(
    status_i = 111,
    instance_s = c("sfo", "dumas", "memsic", "hceres")
  ),
```

```

        add_outputs = character(0),
        sorted_by = c("producedDate_tdate", "desc"),
        thesis_strict = T) {

# ----- DEFAULT PARAM -----
online <- format[[1]] == "online"
outputs <- c(
  "docid", "halId_s", "version_i", "docType_s", "citationFull_s",
  "citationRef_s", "publicationDate_tdate", "authFullNamePersonIDIDHal_fs", add_outputs
)
filters <- list(
  docType_s = c("COMM", "ART", "OUV", "COUV", "DOUV", "POSTER", "SOFTWARE", "THESE", "HDR")
)
filters[names(add_filters)] <- add_filters

exclusions <- list()
exclusions[names(add_exclusions)] <- add_exclusions
# -----

# Url start
if (online) {
  start_query <- "https://hal.archives-ouvertes.fr/search/index/?"
} else {
  start_query <- paste0(
    "https://api.archives-ouvertes.fr/search/hal/", # API HAL
    "?omitHeader=true", # header omitted
    "&wt=", format[[1]], "&" # csv, bibtex, ...
  )
}
if (grouped) {
  date_query <- query_date_grouped_parsing(
    id = id,
    type_id = type_id,
    date_min = date_min,
    date_max = date_max,
    online = online
  )
} else {
  date_query <- query_date_ungrouped_parsing(
    id = id,
    type_id = type_id,
    date_min = date_min,

```

```

    date_max = date_max,
    online = online
  )
}

filter_query <- query_filter_parsing(
  filters = filters, exclusions = exclusions,
  online = online
)
if (thesis_strict & !online) {
  add <- "&fq=NOT+(docType_s:(THESE+OR+HDR)+AND+submitType_s:(notice+OR+annex))"
} else {
  add <- ""
}

sorting_query <- query_sort_parsing(sorted_by = sorted_by)
output_query <- query_output_parsing(
  outputs = outputs, n_row = maxrows,
  online = online
)
obj <- list(
  urls = paste0(
    start_query,
    date_query,
    filter_query,
    add,
    sorting_query,
    output_query
  ) %>%
  utils::URLencode(),
  description = list(
    idhal = id,
    date_min = date_min,
    date_max = date_max,
    outputs = outputs,
    format = format[[1]],
    grouped = grouped,
    maxrows = maxrows,
    filters = filters,
    exclusions = exclusions,
    outputs = outputs,
    sorted_by = sorted_by,

```

```

thesis_strict = thesis_strict
)
)
class(obj) <- "halUrl"
return(obj)
}

```

1.5.6 Script_R_reseau_co-auteur

```

#### ----- Creation of a co-authors
#### graph ----- ####

#### ----- First part : Data extraction and
#### cleaning

publication_id_struc <- publication_id_struc %>%
  mutate(Publication_Year = substr(publicationDate_tdate,
    1, 4))

for (i in seq_along(publication_id_struc$structHasAlphaAuthIdHalPersonid_fs)) {
  publication_id_struc$structHasAlphaAuthIdHalPersonid_fs[i] <- gsub("\\\\",
    "", publication_id_struc$structHasAlphaAuthIdHalPersonid_fs[i])
}

# extraction of info on the authors
data_graph_authors <- publication_id_struc %>%
  select(halId_s, Publication_Year, authFullNamePersonIDIDHal_fs) %>%
  separate_rows(authFullNamePersonIDIDHal_fs, sep = ",") %>%
  separate(authFullNamePersonIDIDHal_fs, into = c("Full_Name",
    "Person_ID", "idhal"), sep = "_FacetSep_",
    fill = "right") %>%
  mutate(across(c(Full_Name, Person_ID, idhal), as.character)) %>%
  mutate(Person_ID = ifelse(Person_ID == "0", NA,
    Person_ID))

# extraction of info on which authors belongs to
# which structure at the times of the
# publications
data_graph_author_struc <- publication_id_struc %>%
  select(structHasAlphaAuthIdHalPersonid_fs) %>%

```

```

separate_rows(structHasAlphaAuthIdHalPersonid_fs,
  sep = "_AlphaSep_") %>%
separate(structHasAlphaAuthIdHalPersonid_fs, into = c("id_name_struc",
  "id_full_name"), sep = "_JoinSep_") %>%
separate(id_full_name, into = c("idhal_s", "Person_ID",
  "Full_Name"), sep = "_FacetSep_", fill = "right") %>%
separate(id_name_struc, into = c("id_struc", "name_struc"),
  sep = "_FacetSep_", fill = "right") %>%
separate(Full_Name, into = c("Full_Name", "First_Letter"),
  sep = ",", fill = "right") %>%
mutate(Person_ID = ifelse(Person_ID == "0", NA,
  Person_ID))
## data_graph_author_struc <-
## find_inconsistent_names_and_ids(data_graph_author_struc)
data_graph_authors <- find_inconsistent_names_and_ids(data_graph_authors)
data_graph_authors <- merge(data_graph_authors, data_graph_author_struc[,
  c("Person_ID", "id_struc")], by = "Person_ID",
  all.x = TRUE)

# Creation of false ids only for authors without
# Person_ID addind a mark to know which one were
# created and which were not
data_graph_authors$False_id_mark <- !is.na(data_graph_authors$Person_ID)
unique_authors_without_id_vec <- unique(data_graph_authors$Full_Name[which(data_graph_authors$
  FALSE)]) ##%>%
## distinct(Full_Name, .keep_all = TRUE) ##%>%
## filter(is.na(Person_ID))

# to create my own ids
creation_id <- function(unique_authors_no_id_name_column) {
  ids <- character(length(unique_authors_no_id_name_column))
  count <- 0
  for (i in 1:length(unique_authors_no_id_name_column)) {
    count <- count + 1
    ids[i] <- count
  }
  return(ids)
}
unique_authors_without_id <- data.frame(Full_Name = unique_authors_without_id_vec)
unique_authors_without_id$False_Id = creation_id(unique_authors_without_id$Full_Name)

```

```

# delete lines where False_Id equals Person_ID i
# lose info here but one person out of a
# thousands seems ok (to be tested)
unique_authors_without_id <- unique_authors_without_id %>%
  filter(!False_Id %in% data_graph_authors$Person_ID)

# give a false id to all authors without person
# id
data_graph_authors <- data_graph_authors %>%
  left_join(unique_authors_without_id %>%
    select(Full_Name, False_Id), by = "Full_Name") %>%
  mutate(Person_ID = ifelse(is.na(Person_ID), False_Id,
    Person_ID)) %>%
  select(-False_Id, -idhal)

#### ----- Second part : Constructing and
#### visualizing networks

# Creating the 'edge list' and the 'node list' To
# do so we first create the contingency matrix,
# and then we applied the melt function
contingence_table = data_graph_authors %>%
  count(as.numeric(Person_ID), halId_s) %>%
  dplyr::select(-n) %>%
  table %>%
  as.matrix
contingence_matrix = contingence_table %*% t(contingence_table)
contingence_matrix[lower.tri(contingence_matrix)] = 1000 # We set 1000 in order to applied a
melt_matrix = melt(contingence_matrix)
colnames(melt_matrix) = c("from", "to", "value")
edge_list = melt_matrix %>%
  filter(from != to & !value %in% c(0, 1000)) %>%
  rename(width = value)
node_list = melt_matrix %>%
  filter(from == to) %>%
  dplyr::select(-to) %>%
  rename(id = from) %>%
  mutate(label = id)

# Creating a group variable in the node_list in

```

```

# order to set different colors corresponding
# with the different years
data_graph_authors$Publication_Year <- as.numeric(as.character(data_graph_authors$Publication_Year))
df_group = data_graph_authors %>%
  summarise(group = as.character(floor(mean(Publication_Year))),
    .by = Person_ID) %>%
  rename(id = Person_ID)
node_list$id <- as.character(node_list$id)
node_list = node_list %>%
  left_join(df_group, by = "id")

# Defining nodes and edges that will serve to
# build a legend for edges and nodes sizes
# (number of publications), and colors (years)
range_year = range(data_graph_authors$Publication_Year)
node_size = data.frame(id = c("A", "B", "C"), value = c(1,
  6, 15), label = c("A", "B", "C"), group = "Number of publications")
edge_size = data.frame(from = c("A", "B", "C"), to = c("B",
  "C", "A"), width = c(1, 6, 15), label = c("1",
  "6", "15"))
node_colors = data.frame(id = as.character(range_year),
  value = 1, label = as.character(range_year), group = as.character(range_year))
edge_colors = data.frame(from = as.character(range_year),
  to = as.character(range_year[c(2, 1)]), width = 1,
  label = "")
node_list = rbind(node_list, node_size, node_colors)
edge_list = rbind(edge_list %>%
  mutate(label = ""), edge_size, edge_colors)
edge_list = edge_list %>%
  mutate(size = 20)

# Defining colors for Publication year
df_col = data.frame(group = as.character(c(range_year[1]:range_year[2])),
  color = colorRampPalette(colors = c("#35B779FF",
    "#FDE725FF"))(range_year[2] - range_year[1] +
    1))
node_list = node_list %>%
  left_join(df_col, by = "group")

# Legend nodes Defining colors for Publication
# year
df_col_Legend = data.frame(label = as.character(c(range_year[1]:range_year[2])),

```

```

    group = as.character(c(range_year[1]:range_year[2])),
    color = colorRampPalette(colors = c("#35B779FF",
      "#FDE725FF"))(range_year[2] - range_year[1] +
      1))

# legend additional information table
node_info <- data.frame(id = c("A", "B", "C"), info = c("Additional info for node A",
  "Additional info for node B", "Additional info for node C"))

# Join node_info with node_list to add the title
# column to the legend nodes
node_list <- node_list %>%
  left_join(node_info, by = "id") %>%
  mutate(title = ifelse(!is.na(info), info, "")) %>%
  select(-info) # remove the info column after using it to create the title

# Convert idhal to character type
cleaned_table <- cleaned_table %>%
  mutate(idhal = as.character(idhal))

tmp2 <- data_graph_authors[data_graph_authors$Person_ID %in%
  node_list$id, ]
node_info2 <- tmp2 %>%
  select(Full_Name, Person_ID) %>%
  rename(id = Person_ID)

# Constructing node_info3
tmp3 <- cleaned_table[cleaned_table$idhal %in% node_list$id,
  ]
node_info3 <- tmp3 %>%
  select(idhal, nom, prenom, unite, equipe) %>%
  rename(id = idhal)

# Joining node_info2 with node_list to add the
# title column
node_list <- node_list %>%
  left_join(node_info2, by = "id") %>%
  mutate(title_info = ifelse(!is.na(Full_Name), paste("Name:",
    Full_Name, ",", "numeric idHal:", id), NA),
    title = ifelse(title == "", title_info, title))

# Joining node_info3 with node_list to add the

```



```

# title column
node_list <- node_list %>%
  left_join(node_info3, by = "id") %>%
  mutate(title_info = ifelse(!is.na(nom), paste("Name:",
    paste(nom, prenom), ",", "Team:", equipe, ",",
    "Unit:", unite, ",", "numeric idHal:", id),
    title_info)) %>%
  mutate(title = if_else(!is.na(nom), title_info,
    title)) %>%
  select(-title_info)

node_list <- node_list %>%
  distinct(node_list$id, .keep_all = TRUE)

# Network visualization
visNetwork(node_list, edge_list, width = "100%") %>%
  visIgraphLayout() %>%
  visGroups(groupname = "Number of publications",
    color = "lightblue", font = list(size = 22)) %>%
  visLegend(addNodes = df_col_Legend, main = "Graph of co-authors",
    useGroups = FALSE) %>%
  visEdges(font = list(size = 22)) %>%
  visOptions(selectedBy = "equipe") %>%
  visExport(type = "jpeg", name = "Full_Network_Co-authors_Example_managHAL",
    label = "Export as jpeg")

```

1.5.7 exemple_reseau_unipartite_bipartite

```

# Création d'un réseau unipartite
set.seed(42) # Pour la reproductibilité
unipartite <- erdos.renyi.game(10, 0.3)
# unipartite_graph <- plot(unipartite, main =
# 'Réseau Unipartite', width = 800, height = 600)
# print(unipartite_graph)
matrice_adjacence_unipartite <- as.matrix(unipartite,
  "adjacency")

# Création d'un réseau bipartite Noms des nœuds
nodes_A <- c("A1", "A2", "A3")
nodes_B <- c("B1", "B2", "B3", "B4")

```

```
# Liste des arêtes
edges <- c("A1", "B1", "A1", "B2", "A2", "B1", "A2",
          "B2", "A2", "B3", "A3", "B2", "A3", "B4")
# Création du graphe
bipartite <- graph(edges, directed = FALSE)
V(bipartite)$type <- bipartite_mapping(bipartite)$type
plot(bipartite, layout = layout_as_bipartite, vertex.color = c("skyblue",
  "salmon")[V(bipartite)$type + 1], vertex.label.color = "black",
  vertex.shape = "circle", vertex.size = 30, edge.width = 2,
  main = "Réseau Bipartite")
matrice_adjacence_bipartite <- as.matrix(bipartite,
  "adjacency")
```

1.5.8 Tableau des résultats détaillés

Voici les tableaux des résultats détaillés pour les différentes méthodes et tests effectués.

BIBLIOGRAPHIE

- Allaire, JJ, and Christophe Dervieux. 2024. “Quarto: R Interface to ‘Quarto’ Markdown Publishing System.” <https://CRAN.R-project.org/package=quarto>.
- Aubert, J., P. Barbillon, S. Donnet, and V. Miele. 2022. *Using Latent Block Models to Detect Structure in Ecological Networks*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119902799.ch6>.
- Bache, Stefan Milton, and Hadley Wickham. 2022. “Magrittr: A Forward-Pipe Operator for r.” <https://CRAN.R-project.org/package=magrittr>.
- Bengtsson, Henrik. 2021. “A Unifying Framework for Parallel and Distributed Processing in r Using Futures” 13. <https://doi.org/10.32614/RJ-2021-048>.
- Bouchet-Valat, Milan. 2023. “SnowballC: Snowball Stemmers Based on the c ‘Libstemmer’ UTF-8 Library.” <https://CRAN.R-project.org/package=SnowballC>.
- Chiquet, Julien, Sophie Donnet, and Pierre Barbillon. 2024. “Sbm: Stochastic Blockmodels.” <https://CRAN.R-project.org/package=sbm>.
- “Documentation API-HAL.” n.d. <https://api.archives-ouvertes.fr/docs/search/?#q>.
- Feinerer, Ingo, and Kurt Hornik. 2024. “Tm: Text Mining Package.” <https://CRAN.R-project.org/package=tm>.
- Fellows, Ian. 2018. “Wordcloud: Word Clouds.” <https://CRAN.R-project.org/package=wordcloud>.
- Izrailev, Sergei. 2024. “Tictoc: Functions for Timing r Scripts, as Well as Implementations of “Stack” and “StackList” Structures.” <https://CRAN.R-project.org/package=tictoc>.
- Ooms, Jeroen. 2023. “Askpass: Password Entry Utilities for r, Git, and SSH.” <https://CRAN.R-project.org/package=askpass>.

- Premraj, Rahul. 2021. “mailR: A Utility to Send Emails from r.” <https://CRAN.R-project.org/package=mailR>.
- Vaughan, Davis, and Matt Dancho. 2022. “Furrr: Apply Mapping Functions in Parallel Using Futures.” <https://CRAN.R-project.org/package=furrr>.
- Wickham, Hadley. 2016. “Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis.” <https://ggplot2.tidyverse.org>.
- . 2023. “Stringr: Simple, Consistent Wrappers for Common String Operations.” <https://CRAN.R-project.org/package=stringr>.
- . 2024. “Rvest: Easily Harvest (Scrape) Web Pages.” <https://CRAN.R-project.org/package=rvest>.
- Wickham, Hadley, and Jennifer Bryan. 2023. “Readxl: Read Excel Files.” <https://CRAN.R-project.org/package=readxl>.
- Wickham, Hadley, Romain François, Lionel Henry, Kirill Müller, and Davis Vaughan. 2023. “Dplyr: A Grammar of Data Manipulation.” <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>.
- Wickham, Hadley, and Lionel Henry. 2023. “Purrr: Functional Programming Tools.” <https://CRAN.R-project.org/package=purrr>.