

# Logiciel R

---

Laurent Rouvière  
avril 2024

# Introduction

---

# **Introduction**

---

## **Présentation du cours**

# Présentation

- **Enseignant** : Laurent Rouvière, [laurent.rouviere@univ-rennes2.fr](mailto:laurent.rouviere@univ-rennes2.fr)
  - **Recherche** : statistique non paramétrique, apprentissage statistique.
  - **Enseignement** : statistique et probabilités (Université, école d'ingénieur, formation continue).
  - **Consulting** : énergie (ERDF), finance, marketing, sport.

# Présentation

- **Enseignant** : Laurent Rouvière, [laurent.rouviere@univ-rennes2.fr](mailto:laurent.rouviere@univ-rennes2.fr)
  - **Recherche** : statistique non paramétrique, apprentissage statistique.
  - **Enseignement** : statistique et probabilités (Université, école d'ingénieur, formation continue).
  - **Consulting** : énergie (ERDF), finance, marketing, sport.
- **Prérequis** : bases en programmation, probabilités et statistique.

# Présentation

- **Enseignant** : Laurent Rouvière, [laurent.rouviere@univ-rennes2.fr](mailto:laurent.rouviere@univ-rennes2.fr)
  - **Recherche** : statistique non paramétrique, apprentissage statistique.
  - **Enseignement** : statistique et probabilités (Université, école d'ingénieur, formation continue).
  - **Consulting** : énergie (ERDF), finance, marketing, sport.
- **Prérequis** : bases en programmation, probabilités et statistique.
- **Objectifs** : comprendre et utiliser les outils R classiques en datascience, plus particulièrement en visualisation :
  - importer et assembler des tables, manipuler des individus et des variables.
  - calculer des indicateurs statistiques
  - visualiser des données

## Documents de cours

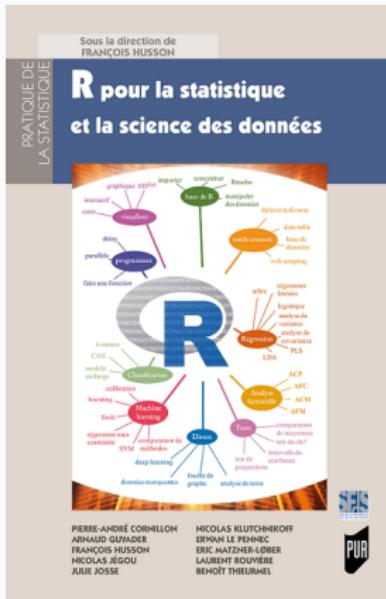
- Slides disponibles à l'url  
[https://lrouviere.github.io/page\\_perso/cours/visualisationR.html](https://lrouviere.github.io/page_perso/cours/visualisationR.html)

## Documents de cours

- **Slides** disponibles à l'url  
[https://lrouviere.github.io/page\\_perso/cours/visualisationR.html](https://lrouviere.github.io/page_perso/cours/visualisationR.html)
- **Tutoriel** : compléments de cours et exercices disponibles à l'url  
[https://lrouviere.github.io/TUTO\\_VISU\\_R/](https://lrouviere.github.io/TUTO_VISU_R/)

# Ressources

- Le **net** : de nombreux tutoriels
- Livre : **R pour la statistique et la science des données**, PUR



## Pourquoi R ?

- De plus en plus de **données**, dans de plus en plus de **domaines** (énergie, santé, sport, économie....)
- La **science des données** contient tous les outils qui permettent d'**extraire de l'information** à partir de données. Elle comprend :

# Pourquoi R ?

- De plus en plus de **données**, dans de plus en plus de **domaines** (énergie, santé, sport, économie....)
- La **science des données** contient tous les outils qui permettent d'**extraire de l'information** à partir de données. Elle comprend :
  - l'importation de données
  - la manipulation
  - la visualisation
  - le choix et l'entraînement de modèles
  - la visualisation de modèles (ils sont de plus en plus complexes...)
  - la restitution et la visualisation des résultats (applications web)

# Pourquoi R ?

- De plus en plus de **données**, dans de plus en plus de **domaines** (énergie, santé, sport, économie....)
- La **science des données** contient tous les outils qui permettent d'**extraire de l'information** à partir de données. Elle comprend :
  - l'importation de données
  - la manipulation
  - la visualisation
  - le choix et l'entraînement de modèles
  - la visualisation de modèles (ils sont de plus en plus complexes...)
  - la restitution et la visualisation des résultats (applications web)

## Remarque importante

- Toutes ces notions peuvent être réalisées avec **R**.
- **R** (data scientits) et **Python** (informaticiens) font partie des outils les plus utilisés en sciences des données.

## Quelques mots sur R

- R est un logiciel libre et gratuit.

## Quelques mots sur R

- R est un logiciel libre et gratuit.
- Il est distribué par le CRAN (Comprehensive R Archive Network) à l'url suivante : <https://www.r-project.org>.

## Quelques mots sur R

- R est un logiciel libre et gratuit.
- Il est distribué par le CRAN (Comprehensive R Archive Network) à l'url suivante : <https://www.r-project.org>.
- Tous les statisticiens (notamment) peuvent contribuer en créant des fonctions et en les distribuant à la communauté (packages).

## Quelques mots sur R

- R est un logiciel libre et gratuit.
- Il est distribué par le CRAN (Comprehensive R Archive Network) à l'url suivante : <https://www.r-project.org>.
- Tous les statisticiens (notamment) peuvent contribuer en créant des fonctions et en les distribuant à la communauté (packages).

### Conséquence

- Le logiciel est toujours à jour.
- Une des principales raisons de son succès.

## Exemple : Les Iris de Fisher

```
> data(iris)
> summary(iris)

  Sepal.Length      Sepal.Width       Petal.Length      Petal.Width      
Min.   :4.300   Min.   :2.000   Min.   :1.000   Min.   :0.100  
1st Qu.:5.100  1st Qu.:2.800  1st Qu.:1.600  1st Qu.:0.300  
Median :5.800  Median :3.000  Median :4.350  Median :1.300  
Mean   :5.843  Mean   :3.057  Mean   :3.758  Mean   :1.199  
3rd Qu.:6.400  3rd Qu.:3.300  3rd Qu.:5.100  3rd Qu.:1.800  
Max.   :7.900  Max.   :4.400  Max.   :6.900  Max.   :2.500 

  Species    
setosa    :50  
versicolor:50  
virginica :50  
```

# Objectifs

## Le problème

Expliquer **Species** par les autres variables.

- **Species** est **variable qualitative**.
- Confronté à un problème de **classification supervisée**.

# Manipulation des données

```
> apply(iris[,1:4],2,mean)
Sepal.Length  Sepal.Width Petal.Length  Petal.Width
      5.843333     3.057333     3.758000     1.199333
> apply(iris[,1:4],2,var)
Sepal.Length  Sepal.Width Petal.Length  Petal.Width
      0.6856935    0.1899794    3.1162779    0.5810063
```

# Manipulation des données

```
> apply(iris[,1:4],2,mean)
Sepal.Length  Sepal.Width  Petal.Length  Petal.Width
      5.843333     3.057333     3.758000     1.199333
> apply(iris[,1:4],2,var)
Sepal.Length  Sepal.Width  Petal.Length  Petal.Width
      0.6856935    0.1899794    3.1162779    0.5810063
```

## Remarque

Non informatif pour le problème (expliquer Species).

# Manipulation avec dplyr

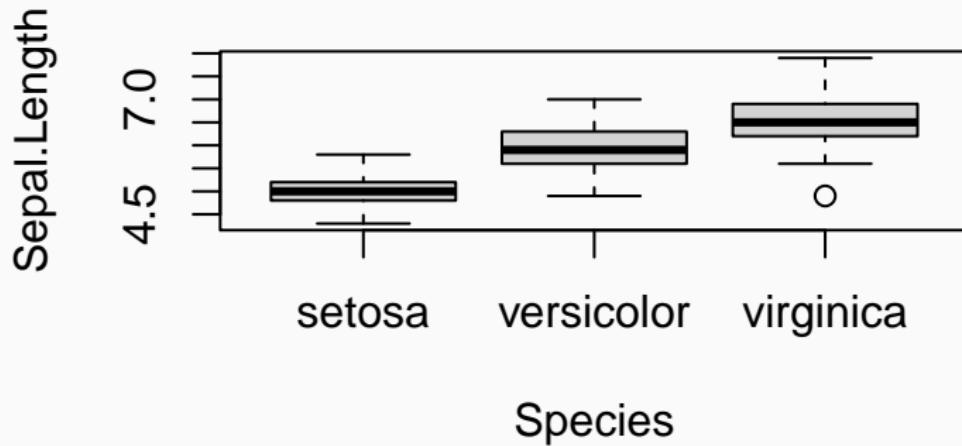
- dplyr est un package de tidyverse qui permet de faciliter la manipulation des données, notamment en terme de syntaxe.

```
> library(dplyr)
> iris |> group_by(Species) |> summarise_all(mean)
# A tibble: 3 x 5
  Species     Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width
  <fct>          <dbl>       <dbl>        <dbl>       <dbl>
1 setosa         5.01        3.43        1.46        0.246
2 versicolor     5.94        2.77        4.26        1.33 
3 virginica      6.59        2.97        5.55        2.03
```

- Plus intéressant : nous obtenons les moyennes pour chaque espèce.

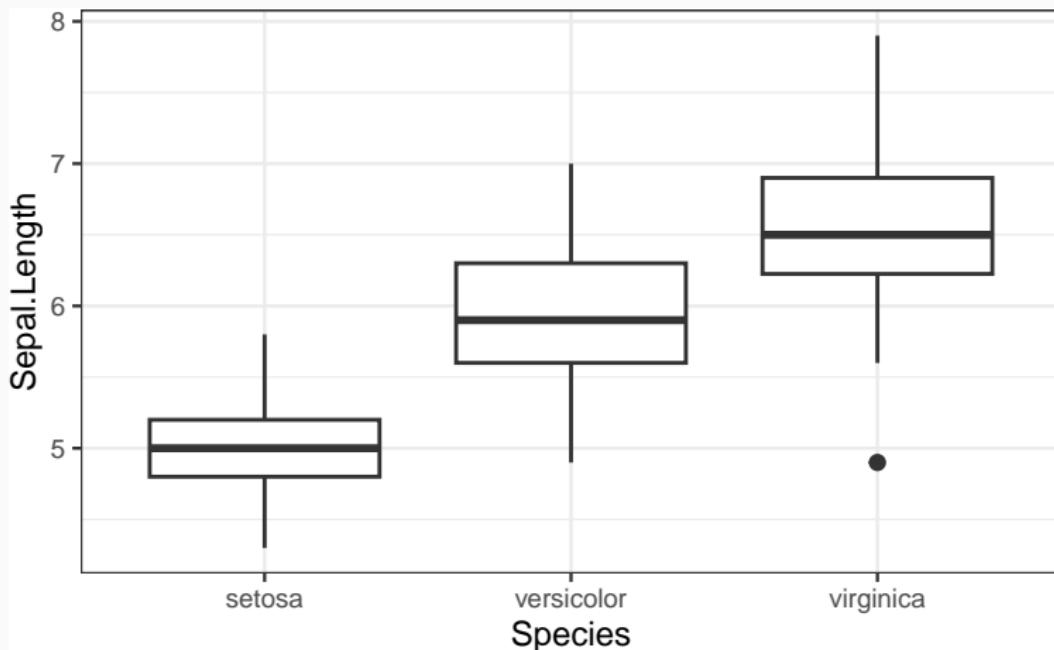
# Visualisation

```
> boxplot(Sepal.Length~Species,data=iris)
```



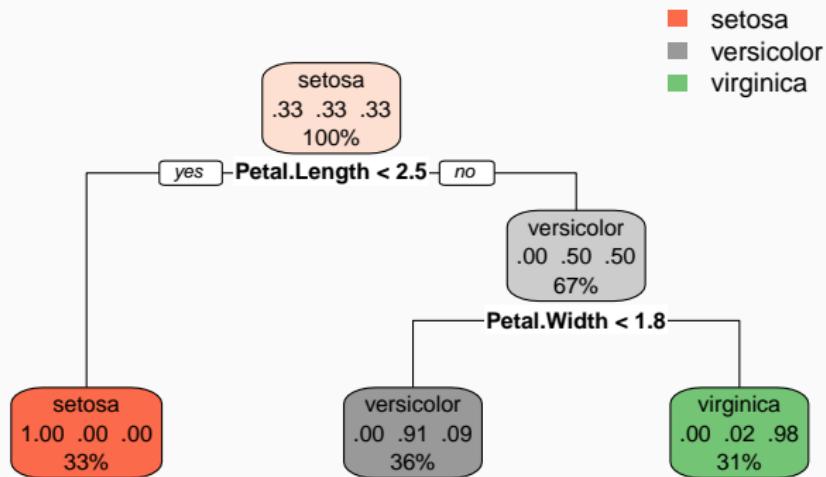
# Visualisation avec ggplot2

```
> library(ggplot2)  
> ggplot(iris)+aes(x=Species,y=Sepal.Length)+geom_boxplot()
```



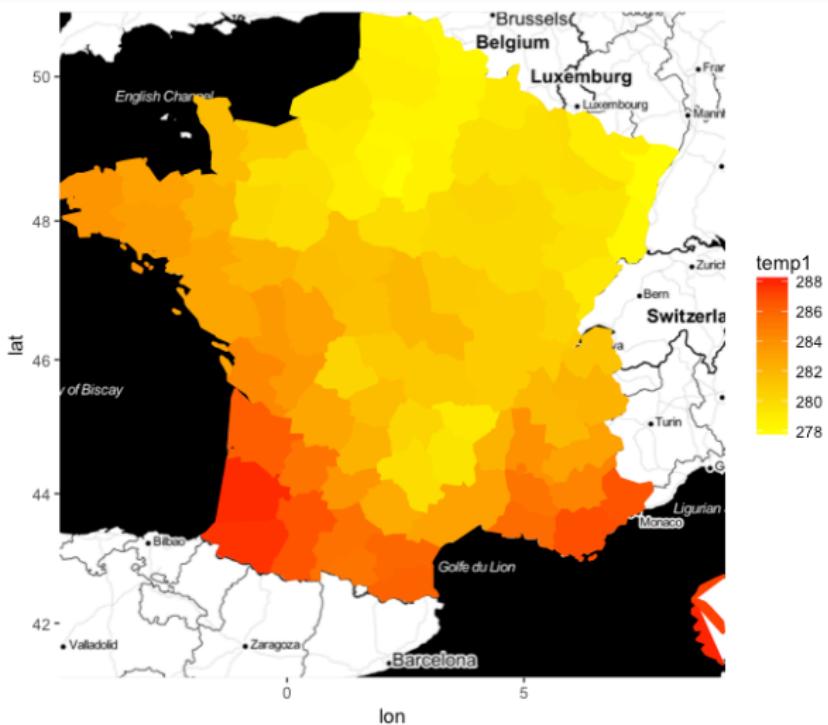
# Un modèle d'arbre

```
> library(rpart)
> tree <- rpart(Species~., data=iris)
> library(rpart.plot)
> rpart.plot(tree)
```



# Carte avec ggmap

- **Objectif** : visualiser les températures en france pour une date donnée.

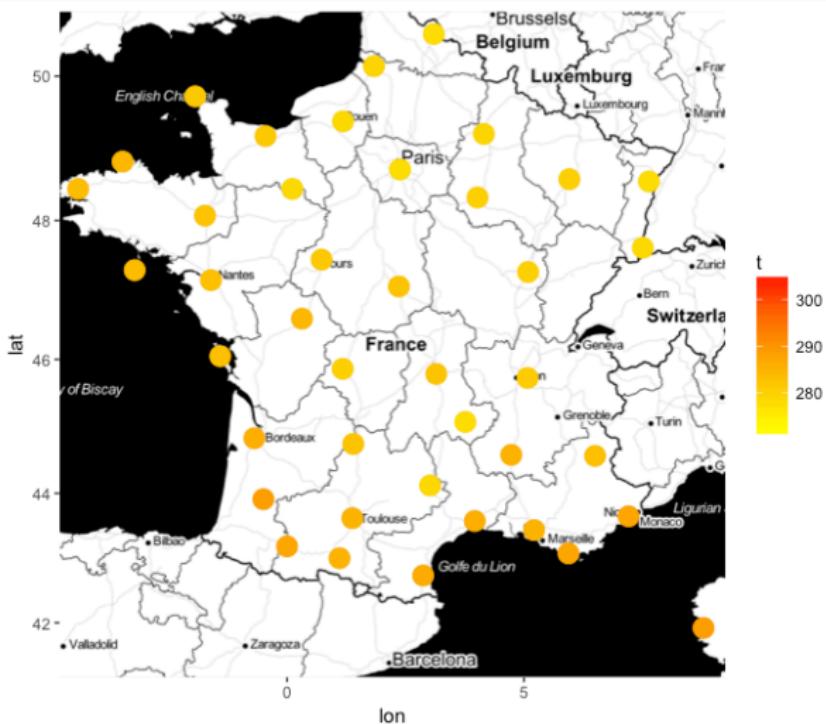


## Chargement des données + fond de carte

- Données téléchargées sur le site de meteofrance (températures d'à peu près 60 stations).

```
> donnees <- fread("https://donneespubliques.meteofrance.fr/  
+                      donnees_libres/Txt/Synop/synop.2017082815.csv")  
> station <- fread("https://donneespubliques.meteofrance.fr/  
+                      donnees_libres/Txt/Synop/postesSynop.csv")  
> fond <- get_map("France",maptype="toner",zoom=6)  
> ggmap(fond)+geom_point(data=D,  
+    aes(y=Latitude,x=Longitude,color=t),size=5)+  
+    scale_color_continuous(low="yellow",high="red")
```

## Une première carte



# Modèle de prévision

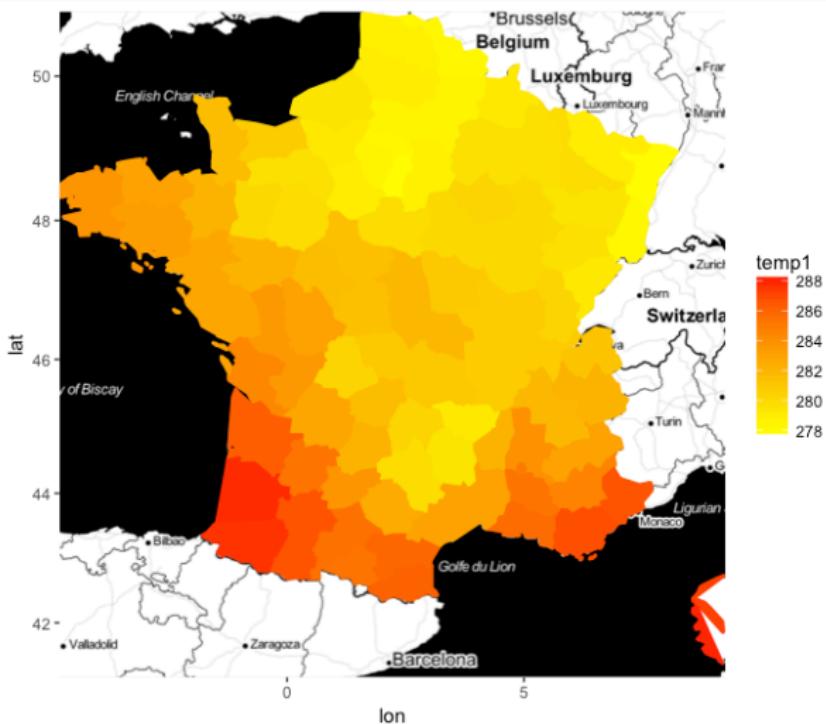
- **Algorithme** de **plus proche voisins** pour estimer la température sur toutes les longitudes et latitudes du territoires.

```
> library(FNN)
> mod <- knn.reg(train=D[,.Latitude,Longitude],y=D[,t],
+                  test=Test1[,.Latitude,Longitude]),k=1)$pred
```

- Visualisation avec **ggmap**.

```
> library(ggmap)
> ggmap(fond)+geom_polygon(data=Test5,
+   aes(y=Latitude,x=Longitude,
+   fill=temp1,color=temp1,group=dept),size=1)+
+   scale_fill_continuous(low="yellow",high="red")+
+   scale_color_continuous(low="yellow",high="red")
```

# La carte finale



# Application web avec shiny

- Shiny est un package R qui permet la création de pages web interactives.
- Exemples :
  - Graphiques descriptifs pour un jeu de données :  
[https://lrouviere.shinyapps.io/DESC\\_APP/](https://lrouviere.shinyapps.io/DESC_APP/)
  - Visualisation des stations velib à Rennes :  
<https://lrouviere.shinyapps.io/velib/>

# Dans ce cours

- Logiciel R
  - Environnement Rstudio et reporting **quarto**
  - Objets R
  - Manipuler des données (**dplyr**)
- Visualisation
  - Graphe statique avec **ggplot2**
  - Cartographie
    - **statique** avec **ggmap** et **sf**
    - **dynamique** avec **leaflet**
  - **Visualisation dynamique**
    - **graphes standards** avec **rAmCharts** et **plotly**
    - **réseaux** avec **visNetwork**
    - **tableaux de bord** avec **flexdashboard**
  - Application web avec **shiny**

# Introduction

---

## Rstudio, quarto et packages R

## Rstudio

- **RStudio** est une interface facilitant l'utilisation de R.
- Également libre et gratuit : <https://www.rstudio.com>.

# Rstudio

- **RStudio** est une interface facilitant l'utilisation de R.
- Également libre et gratuit : <https://www.rstudio.com>.

L'écran est divisé en 4 parties :

- **Console** : pour entrer les commandes et visualiser les sorties.
- **Workspace and History** : visualiser l'historique des objets créés.
- **Files Plots...** : voir les répertoires et fichiers dans l'environnement de travail, les graphes de sortie, installer les packages...
- **Script** : éditeur pour entrer les commandes R et les commentaires.

Penser à régulièrement sauvegarder ce fichier !

## Fichier Quarto

- Successeur de Rmarkdown
- Un fichier Quarto (.qmd) permet de produire un document de travail.
- Il contient le code, les sorties et des commentaires sur le travail réalisé.
- Il produit des rapports de très bonne qualité sous différents formats (documents, diaporama, etc...).
- Ce diaporama est réalisé avec quarto.

## Fichier Quarto

- Successeur de Rmarkdown
  - Un fichier Quarto (.qmd) permet de produire un document de travail.
  - Il contient le code, les sorties et des commentaires sur le travail réalisé.
  - Il produit des rapports de très bonne qualité sous différents formats (documents, diaporama, etc...).
  - Ce diaporama est réalisé avec quarto.
- 
- Recherche Reproductible : en cliquant sur un bouton, on peut ré-exécuter tout le code du fichier et exporter les résultats sous un format rapport.
  - Documents dynamiques : possibilité d'exporter le rapport final dans différents formats : html, pdf, rtf, slides, notebook...

# Packages

- Ensemble de programmes R qui complètent et améliorent les fonctions de R.
- Un package est généralement dédié à des méthodes ou domaines d'application spécifiques.
- Plus de 19 000 packages actuellement.
- Contribue au succès de R (toujours à jour).

# Packages

- Ensemble de programmes R qui complètent et améliorent les fonctions de R.
- Un package est généralement dédié à des méthodes ou domaines d'application spécifiques.
- Plus de 19 000 packages actuellement.
- Contribue au succès de R (toujours à jour).

## 2 phases

- Installation: `install.packages(package.name)` (une seule fois).
- Chargement: `library(package.name)` (chaque fois).

# Packages

- Ensemble de programmes R qui complètent et améliorent les fonctions de R.
- Un package est généralement dédié à des méthodes ou domaines d'application spécifiques.
- Plus de 19 000 packages actuellement.
- Contribue au succès de R (toujours à jour).

## 2 phases

- Installation: `install.packages(package.name)` (une seule fois).
- Chargement: `library(package.name)` (chaque fois).
- On peut aussi utiliser le bouton package dans Rstudio.

# L'approche tidyverse

- Meta package dont les packages partagent la même philosophie, grammaire et structures de données :
  - `readr` : lire les données
  - `dplyr`, `tidyr` : manipuler les données
  - `stringr` : chaînes de caractères
  - `forcats` : facteurs (variables qualitatives)
  - `ggplot2` : visualiser les données
  - `purrr` : programmer
  - ...
- Doc : <https://www.tidyverse.org>

# L'approche tidyverse

- Meta package dont les packages partagent la même philosophie, grammaire et structures de données :
  - `readr` : lire les données
  - `dplyr`, `tidyverse` : manipuler les données
  - `stringr` : chaînes de caractères
  - `forcats` : facteurs (variables qualitatives)
  - `ggplot2` : visualiser les données
  - `purrr` : programmer
  - ...
- Doc : <https://www.tidyverse.org>
- Livre : R for data science, Wickham et Grolemund, 2017.  
<https://r4ds.had.co.nz/index.html>

# L'approche tidyverse

- Meta package dont les packages partagent la même philosophie, grammaire et structures de données :
  - `readr` : lire les données
  - `dplyr`, `tidyverse` : manipuler les données
  - `stringr` : chaînes de caractères
  - `forcats` : facteurs (variables qualitatives)
  - `ggplot2` : visualiser les données
  - `purrr` : programmer
  - ...
- Doc : <https://www.tidyverse.org>
- Livre : R for data science, Wickham et Grolemund, 2017.  
<https://r4ds.had.co.nz/index.html>
- La part d'utilisateurs qui utilise ces outils ne cesse de croître.

## Objets R

---

# Numérique et caractères

- Numérique (facile)

```
> x <- pi  
> x  
[1] 3.141593  
> is.numeric(x)  
[1] TRUE  
> exp(x)  
[1] 23.14069
```

# Vecteurs

- **Création:** `c`, `seq`, `rep`

```
> x1 <- c(1,3,4)
> x2 <- 1:5
> x3 <- seq(0,10,by=2)
> x4 <- rep(x1,3)
> x5 <- rep(x1,3,each=3)
```

- **Extraction:** `[]`

```
> x3[c(1,3,4)] # pareil que x3[x1]
[1] 0 4 6
```

# Caractères

- Avec des guillemets

```
> b <- "X"  
> bb <- c("X", "Y", "Z")  
> bb[c(1,3)]  
[1] "X" "Z"
```

- Quelques fonctions utiles

```
> paste(b, 1:5, sep = "")  
[1] "X1" "X2" "X3" "X4" "X5"  
> substr("livre", 2, 5)  
[1] "ivre"
```

## Caractères avec **stringr**

- Combiner plusieurs chaînes :

```
> str_c(b,1:5,sep="-") # proche de paste  
[1] "X-1" "X-2" "X-3" "X-4" "X-5"
```

## Caractères avec `stringr`

- Combiner plusieurs chaînes :

```
> str_c(b,1:5,sep="-") # proche de paste  
[1] "X-1" "X-2" "X-3" "X-4" "X-5"
```

- Autres fonctions :

```
> nom <- c("Marie","Pierre","Paul")  
> str_length(nom)  
[1] 5 6 4  
> str_sub(nom,1,2) # proche de substr  
[1] "Ma" "Pi" "Pa"  
> str_detect(nom,"Mr")  
[1] FALSE FALSE FALSE  
> str_detect(nom,"[Mr]")  
[1] TRUE TRUE FALSE  
> str_replace(nom,"[Mr]","?")  
[1] "?arie" "Pie?re" "Paul"
```

# Logique

- Vrai ou Faux

```
> 1<2  
[1] TRUE  
> 1==2  
[1] FALSE  
> 1!=2  
[1] TRUE
```

# Logique

- Vrai ou Faux

```
> 1<2  
[1] TRUE  
> 1==2  
[1] FALSE  
> 1!=2  
[1] TRUE
```

- Souvent utile pour sélectionner des composantes d'un vecteur

```
> x <- 1:3  
> test <- c(TRUE, FALSE, TRUE)  
> x[test]  
[1] 1 3
```

```
> size <- runif(5,150,190) #5 tailles générées aléatoirement entre 150 and 190
> size
[1] 178.8362 185.0309 180.4393 185.4450 168.2592
```

## Problème

Sélectionner les tailles plus grandes que 174.

```
> size <- runif(5,150,190) #5 tailles générées aléatoirement entre 150 and 190
> size
[1] 178.8362 185.0309 180.4393 185.4450 168.2592
```

## Problème

Sélectionner les tailles plus grandes que 174.

```
> size>174
[1] TRUE TRUE TRUE TRUE FALSE
> size[size>174]
[1] 178.8362 185.0309 180.4393 185.4450
```

# Facteurs

- Pour représenter les variables qualitatives :

```
> x1 <- factor(c("a", "b", "b", "a", "a"))
> x1
[1] a b b a a
Levels: a b
> levels(x1)
[1] "a" "b"
```

## Variable mal définie

- On suppose que les données sont codées : 0=homme, 1=femme

```
> X <- c(1,1,0,0,1)
> summary(X)
  Min. 1st Qu. Median      Mean 3rd Qu.      Max.
  0.0    0.0    1.0    0.6    1.0    1.0
```

## Variable mal définie

- On suppose que les données sont **codées** : 0=homme, 1=femme

```
> X <- c(1,1,0,0,1)
```

```
> summary(X)
```

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0.0	0.0	1.0	0.6	1.0	1.0

- **Problème** : R interprète X comme un vecteur **continu**  $\Rightarrow$  cela peut générer des **problèmes** dans l'étude statistique.

## Variable mal définie

- On suppose que les données sont **codées** : 0=homme, 1=femme

```
> X <- c(1,1,0,0,1)
> summary(X)
  Min. 1st Qu. Median      Mean 3rd Qu.      Max.
  0.0     0.0     1.0     0.6     1.0     1.0
```

- **Problème** : R interprète X comme un vecteur **continu**  $\Rightarrow$  cela peut générer des **problèmes** dans l'étude statistique.
- **Solution** :

```
> X <- as.factor(X)
> levels(X) <- c("man", "woman")
> X
[1] woman woman man     man     woman
Levels: man woman
> summary(X)
  man woman
    2      3
```

## Facteurs avec `forcats`

- Exemple

```
> mois <- c("Dec", "Apr", "Jan", "Mar", "Apr")
> fct(mois)
[1] Dec Apr Jan Mar Apr
Levels: Dec Apr Jan Mar
```

## Facteurs avec `forcats`

- Exemple

```
> mois <- c("Dec", "Apr", "Jan", "Mar", "Apr")
> fct(mois)
[1] Dec Apr Jan Mar Apr
Levels: Dec Apr Jan Mar
```

⇒ les **levels** sont ordonnés par ordre d'apparition.

- Autres fonctions :

```
> fct_relevel(mois,c("Jan","Mar","Apr","Dec"))
[1] Dec Apr Jan Mar Apr
Levels: Jan Mar Apr Dec
> fct_recode(mois,"decembre"="Dec","janvier"="Jan")
[1] decembre Apr      janvier Mar      Apr
Levels: Apr decembre janvier Mar
```

- Compter :

```
> fct_count(mois)
# A tibble: 4 x 2
  f          n
  <fct> <int>
1 Apr        2
2 Dec        1
3 Jan        1
4 Mar        1
```

- Renommer

```
> sexe <- c(0,1,0,0,1)
> fct_recode(as.character(sexe), "woman"="1", "man"="0")
[1] man   woman man   man   woman
Levels: man woman
```

# Matrice

- Crédation

```
> m <- matrix(1:4,nrow=2,byrow=TRUE)
> m
     [,1] [,2]
[1,]    1    2
[2,]    3    4
```

- Extraction

```
> m[1,2]
> m[1,] #Première ligne
> m[,2] #Seconde colonne
```

# Liste

- Permet de regrouper plusieurs objets de différents types dans un même objet :

```
> mylist <- list(vector=1:5,mat=matrix(1:8,nrow=2))
> mylist
$vector
[1] 1 2 3 4 5

$mat
[,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]    1    3    5    7
[2,]    2    4    6    8
```

- Extraction:

```
> mylist[[1]]
> mylist$vector
> mylist[["vector"]]
```

# Dataframe

- Objets pour représenter des données dans R.

```
> name <- c("Paul", "Mary", "Steven", "Charlotte", "Peter")
> sex <- c(0,1,0,1,0)
> size <- c(180,165,168,170,175)
> data <- data.frame(name, sex, size)
> data

  name sex size
1  Paul   0   180
2  Mary   1   165
3 Steven   0   168
4 Charlotte   1   170
5 Peter   0   175
```

```
> summary(data)
```

	name	sex	size
Length:	5	Min. :0.0	Min. :165.0
Class :	character	1st Qu.:0.0	1st Qu.:168.0
Mode :	character	Median :0.0	Median :170.0
		Mean :0.4	Mean :171.6
		3rd Qu.:1.0	3rd Qu.:175.0
		Max. :1.0	Max. :180.0

```
> summary(data)
```

	name	sex	size
Length:	5	Min. :0.0	Min. :165.0
Class :	character	1st Qu.:0.0	1st Qu.:168.0
Mode :	character	Median :0.0	Median :170.0
		Mean :0.4	Mean :171.6
		3rd Qu.:1.0	3rd Qu.:175.0
		Max. :1.0	Max. :180.0

## Problème 1

sex est interprété comme une variable continue. C'est une variable qualitative.

## Solution

Il faut la convertir en **facteur**.

```
> data$sex <- as.factor(data$sex)
> levels(data$sex) <- c("man", "woman")
> summary(data)

      name          sex         size
Length:5        man :3    Min.   :165.0
Class :character woman:2  1st Qu.:168.0
Mode  :character                   Median :170.0
                           Mean   :171.6
                           3rd Qu.:175.0
                           Max.   :180.0
```

## Solution

Il faut la convertir en **facteur**.

```
> data$sex <- as.factor(data$sex)
> levels(data$sex) <- c("man", "woman")
> summary(data)

      name          sex         size
Length:5        man :3    Min.   :165.0
Class :character woman:2  1st Qu.:168.0
Mode  :character                   Median :170.0
                                         Mean   :171.6
                                         3rd Qu.:175.0
                                         Max.   :180.0
```

## Problème 2

**name** est interprété comme une **variable**. C'est plutôt un **identifiant**.

```
> row.names(data) <- data$name  
> data <- data[,-1] #suppression de la colonne name  
> data
```

	sex	size
Paul	man	180
Mary	woman	165
Steven	man	168
Charlotte	woman	170
Peter	man	175

## Conclusion

Il est **crucial** de toujours vérifier que les données sont **correctement interprétées** par **R** (avec **summary** ou **mode** par exemple).

# Tibbles

- Un **tibble** est une version **moderne** du dataframe, qui conserve les avantages et supprime les inconvénients (selon les créateurs du tibble).
- C'est la version dataframe du **tidyverse** (nécessité de charger ce package).
- Deux différences notables :
  - les variables **qualitatives** sont par défaut des **caractères** (et non des facteurs) ;
  - pas de **rownames** par défaut (possibilité de les définir en convertissant le tibble en dataframe).

## Exemple : data frame

```
> name <- c("Paul", "Mary", "Steven", "Charlotte", "Peter")
> sex <- c(0, 1, 0, 1, 0)
> size <- c(180, 165, 168, 170, 175)
> age <- c("old", "young", "young", "old", "old")
> data <- data.frame(sex, size, age)
> rownames(data) <- name
> data
```

	sex	size	age
Paul	0	180	old
Mary	1	165	young
Steven	0	168	young
Charlotte	1	170	old
Peter	0	175	old

## Exemple : tibble

```
> data1 <- tibble(name,sex,size,age)
> #data2 <- column_to_rownames(data1,var="name")
> data1
# A tibble: 5 x 4
  name      sex   size age
  <chr>    <dbl> <dbl> <chr>
1 Paul        0     180 old
2 Mary        1     165 young
3 Steven      0     168 young
4 Charlotte   1     170 old
5 Peter       0     175 old
```

### dataframe vs tibble

Principale différence : **pas de facteur dans les tibbles** (par défaut), ni de rownames.

## Gérer des données

---

## Gérer des données

---

### Importer des données

- Les données sont généralement contenues dans des **fichiers** avec les individus en ligne et les variables en colonnes.

- Les données sont généralement contenues dans des **fichiers** avec les individus en ligne et les variables en colonnes.
- Les fonctions `read.table` et `read.csv` permettent d'**importer des données** à partir de fichiers **.txt** et **.csv**.

- Les données sont généralement contenues dans des **fichiers** avec les individus en ligne et les variables en colonnes.
- Les fonctions `read.table` et `read.csv` permettent d'**importer des données** à partir de fichiers **.txt** et **.csv**.
- Le package `readr` du **tidyverse** propose des fonctions du même style dans l'esprit **tidy**, par exemple

```
> data <- read_table("file",...)  
> data <- read_csv("file",...)
```

- Les données sont généralement contenues dans des **fichiers** avec les individus en ligne et les variables en colonnes.
- Les fonctions `read.table` et `read.csv` permettent d'**importer des données** à partir de fichiers **.txt** et **.csv**.
- Le package `readr` du **tidyverse** propose des fonctions du même style dans l'esprit **tidy**, par exemple

```
> data <- read_table("file",...)  
> data <- read_csv("file",...)
```

- ... correspondent à un ensemble d'**options** souvent très **importantes** car les fichiers de données contiennent **toujours des spécificités** (données manquantes, noms de variables...)

- Les données sont généralement contenues dans des **fichiers** avec les individus en ligne et les variables en colonnes.
- Les fonctions `read.table` et `read.csv` permettent d'**importer des données** à partir de fichiers **.txt** et **.csv**.
- Le package `readr` du **tidyverse** propose des fonctions du même style dans l'esprit **tidy**, par exemple

```
> data <- read_table("file",...)  
> data <- read_csv("file",...)
```

- ... correspondent à un ensemble d'**options** souvent très **importantes** car les fichiers de données contiennent **toujours des spécificités** (données manquantes, noms de variables...)
- Fichiers **.xls** : on pourra les **convertir** en **.csv** ou utiliser des packages spécifiques ou utiliser les fonctions `read_xls` ou `read_excel` du package `readxl`.

## Indiquer le chemin

- Le **fichier des données** doit être placé dans le **répertoire de travail**. Sinon, il faut indiquer le **chemin** à **read.table**.
- **Exemple:** importer le fichier **data.csv** enregistré dans **~/lectureR/Part1** :
- Changement du répertoire de travail

```
> setwd("~/lectureR/Part1")
> df <- read_csv("data.csv",...)
```

## Indiquer le chemin

- Le **fichier des données** doit être placé dans le **répertoire de travail**.  
Sinon, il faut indiquer le **chemin** à **read.table**.
- **Exemple:** importer le fichier **data.csv** enregistré dans  
~/lectureR/Part1 :
- Changement du répertoire de travail

```
> setwd("~/lectureR/Part1")
> df <- read_csv("data.csv",...)
```

- Spécification du chemin dans **read\_csv**

```
> df <- read_csv("~/lecture_R/Part1/data.csv",...)
```

## Indiquer le chemin

- Le **fichier des données** doit être placé dans le **répertoire de travail**.  
Sinon, il faut indiquer le **chemin** à **read.table**.
- **Exemple:** importer le fichier **data.csv** enregistré dans  
~/lectureR/Part1 :
- Changement du répertoire de travail

```
> setwd("~/lectureR/Part1")
> df <- read_csv("data.csv",...)
```

- Spécification du chemin dans **read\_csv**

```
> df <- read_csv("~/lecture_R/Part1/data.csv",...)
```

- Utilisation de la fonction **file.path**

```
> path <- file.path("~/lecture_R/Part1/", "data.csv")
> df <- read_csv(path,...)
```

## Le package `readr`

- Il propose plusieurs fonctions à utiliser en fonction du **contexte** :
  - `read_delim` : permet de spécifier explicitement le **séparateur de champ** ;

## Le package `readr`

- Il propose plusieurs fonctions à utiliser en fonction du **contexte** :
  - `read_delim` : permet de spécifier explicitement le **séparateur de champ** ;
  - `read_csv` : lorsque le séparateur est la **virgule** ;

## Le package `readr`

- Il propose plusieurs fonctions à utiliser en fonction du **contexte** :
  - `read_delim` : permet de spécifier explicitement le **séparateur de champ** ;
  - `read_csv` : lorsque le séparateur est la **virgule** ;
  - `read_csv2` : lorsque le séparateur est le **point virgule** ;

## Le package `readr`

- Il propose plusieurs fonctions à utiliser en fonction du **contexte** :
  - `read_delim` : permet de spécifier explicitement le **séparateur de champ** ;
  - `read_csv` : lorsque le séparateur est la **virgule** ;
  - `read_csv2` : lorsque le séparateur est le **point virgule** ;
  - `read_tsv` : lorsque le séparateur est la **tabulation** ;

## Le package `readr`

- Il propose plusieurs fonctions à utiliser en fonction du **contexte** :
  - `read_delim` : permet de spécifier explicitement le **séparateur de champ** ;
  - `read_csv` : lorsque le séparateur est la **virgule** ;
  - `read_csv2` : lorsque le séparateur est le **point virgule** ;
  - `read_tsv` : lorsque le séparateur est la **tabulation** ;
  - `read_table`, `read_table2`... voir <https://readr.tidyverse.org>.

## Quelques options importantes

Plusieurs **options importantes** sont proposées dans la fonction de **readr** :

- **col\_names** : logique pour indiquer si le **nom des variables** est spécifié à la première ligne du fichier

## Quelques options importantes

Plusieurs **options importantes** sont proposées dans la fonction de **readr** :

- **col\_names** : logique pour indiquer si le **nom des variables** est spécifié à la première ligne du fichier
- **na** : vecteur de caractères pour identifier les **données manquantes**

## Quelques options importantes

Plusieurs **options importantes** sont proposées dans la fonction de **readr** :

- **col\_names** : logique pour indiquer si le **nom des variables** est spécifié à la première ligne du fichier
- **na** : vecteur de caractères pour identifier les **données manquantes**
- **code\_select** : spécifier les colonnes à lire
- **skip** : nombre de lignes à retirer avant de lire le fichier
- ...

## Exemple

- Fichier **data\_imp.txt**

```
name;size;age
```

```
John;174;32
```

```
Peter;?;28
```

```
Mary;165.5;NA
```

## Exemple

- Fichier `data_imp.txt`

```
name;size;age
John;174;32
Peter;?;28
Mary;165.5;NA
```

### Caractéristiques

- 3 variables (ou plutôt 2...)
- Première ligne = nom des variables
- Données manquantes = NA, ?

# Un premier essai

```
> path <- file.path("./data/", "data_imp.txt")
```

```
> tbl <- read_csv(path)
```

```
> tbl
```

```
# A tibble: 3 x 1
```

```
`name;size;age`
```

```
<chr>
```

```
1 John;174;32
```

```
2 Peter;?;28
```

```
3 Mary;165.5;NA
```

# Un premier essai

```
> path <- file.path("./data/", "data_imp.txt")
```

```
> tbl <- read_csv(path)
```

```
> tbl
```

```
# A tibble: 3 x 1
```

```
`name;size;age`
```

```
<chr>
```

```
1 John;174;32
```

```
2 Peter;?;28
```

```
3 Mary;165.5;NA
```

## Problème

R lit trois lignes et une colonne ! On n'a pas utilisé le bon délimiteur !

# Solution

- On choisit `read_delim` avec les bonnes options :

```
> tbl <- read_delim(path,delim=";",na=c("NA","?"),
+                     locale = locale(decimal_mark = "."))
> tbl
# A tibble: 3 x 3
  name    size    age
  <chr> <dbl> <dbl>
1 John     174     32
2 Peter     NA      28
3 Mary    166.     NA
```

# Solution

- On choisit `read_delim` avec les bonnes options :

```
> tbl <- read_delim(path,delim=";",na=c("NA","?"),
+                     locale = locale(decimal_mark = "."))
> tbl
# A tibble: 3 x 3
  name    size    age
  <chr> <dbl> <dbl>
1 John     174     32
2 Peter     NA      28
3 Mary     166.     NA
```

- On peut compléter en spécifiant les identifiants (on perd la classe **tibble** dans ce cas là) :

```
> (tbl1 <- column_to_rrownames(tbl,var="name"))
   size age
John  174.0 32
Peter  NA   28
Mary  165.5 NA
```

# Vérifier l'importation

- Cela peut s'effectuer avec les fonctions suivantes :

```
> summary(tbl)
```

	name	size	age
Length:	3	Min. :165.5	Min. :28
Class :	character	1st Qu.:167.6	1st Qu.:29
Mode :	character	Median :169.8	Median :30
		Mean :169.8	Mean :30
		3rd Qu.:171.9	3rd Qu.:31
		Max. :174.0	Max. :32
	NA's :1	NA's :1	NA's :1

```
> glimpse(tbl)
```

Rows: 3

Columns: 3

\$ name <chr> "John", "Peter", "Mary"

\$ size <dbl> 174.0, NA, 165.5

\$ age <dbl> 32, 28, NA

```
> spec(tbl)
cols(
  name = col_character(),
  size = col_double(),
  age = col_double()
)
```

```
> spec(tbl)
cols(
  name = col_character(),
  size = col_double(),
  age = col_double()
)
```

## Remarque

Dans **Rstudio**, on peut lire des données avec **readr** en cliquant sur **Import Dataset** (pas toujours efficace pour des données complexes).

## Gérer des données

---

Annexe : les fonctions `read.table` et `read.csv`

## Quelques options importantes

Il y a plusieurs **options importantes** dans `read.table` et `read.csv` :

- **sep** : le caractère de **séparation** (espace, virgule...)

## Quelques options importantes

Il y a plusieurs **options importantes** dans `read.table` et `read.csv` :

- `sep` : le caractère de **séparation** (espace, virgule...)
- `dec` : le caractère pour le **séparateur décimal** (virgule, point...)

## Quelques options importantes

Il y a plusieurs **options importantes** dans `read.table` et `read.csv` :

- **sep** : le caractère de **séparation** (espace, virgule...)
- **dec** : le caractère pour le **séparateur décimal** (virgule, point...)
- **header** : logique pour indiquer si le **nom des variables** est spécifié à la première ligne du fichier

## Quelques options importantes

Il y a plusieurs **options importantes** dans `read.table` et `read.csv` :

- **sep** : le caractère de **séparation** (espace, virgule...)
- **dec** : le caractère pour le **séparateur décimal** (virgule, point...)
- **header** : logique pour indiquer si le **nom des variables** est spécifié à la première ligne du fichier
- **row.names** : vecteurs des **identifiants** (si besoin)

## Quelques options importantes

Il y a plusieurs **options importantes** dans `read.table` et `read.csv` :

- **sep** : le caractère de **séparation** (espace, virgule...)
- **dec** : le caractère pour le **séparateur décimal** (virgule, point...)
- **header** : logique pour indiquer si le **nom des variables** est spécifié à la première ligne du fichier
- **row.names** : vecteurs des **identifiants** (si besoin)
- **na.strings** : vecteur de caractères pour identifier les **données manquantes**.
- ...

## Exemple

- Fichier **data\_imp.txt**

```
name;size;age
```

```
John;174;32
```

```
Peter;?;28
```

```
Mary;165.5;NA
```

# Exemple

- Fichier `data_imp.txt`

```
name;size;age
```

```
John;174;32
```

```
Peter;?;28
```

```
Mary;165.5;NA
```

## Caractéristiques

- 3 variables (ou plutôt 2...)
- Première ligne = nom des variables
- Données manquantes = NA, ?

## Un premier essai

```
> path <- file.path("./data/", "data_imp.txt")
```

```
> df <- read.table(path)
```

```
> summary(df)
```

V1

Length:4

Class :character

Mode :character

# Un premier essai

```
> path <- file.path("./data/", "data_imp.txt")
```

```
> df <- read.table(path)
```

```
> summary(df)
```

V1

Length:4

Class :character

Mode :character

## Problème

R lit quatre lignes et une colonne !

# Solution

```
> df <- read.table(path,header=TRUE,sep=";",dec=".",
+                     na.strings = c("NA","?"),row.names = 1)
> df
  size age
John  174.0 32
Peter   NA  28
Mary  165.5 NA
> summary(df)
  size          age
Min.    :165.5  Min.   :28
1st Qu.:167.6  1st Qu.:29
Median  :169.8  Median  :30
Mean    :169.8  Mean    :30
3rd Qu.:171.9  3rd Qu.:31
Max.    :174.0  Max.    :32
NA's    :1       NA's    :1
```

## Gérer des données

---

Base de données avancées

- Les méthodes précédentes permettent de travailler avec des tables relativement **simples** :
  - format tableau ;
  - peu volumineuse.
- Les données étant de plus en plus **nombreuses et complexes**, il n'est **pas toujours possible** d'utiliser ces méthodes.

## Exemple

- Données **trop volumineuses**  $\Rightarrow$  impossible d'importer la base complète.

- Les méthodes précédentes permettent de travailler avec des tables relativement **simples** :
  - format tableau ;
  - peu volumineuse.
- Les données étant de plus en plus **nombreuses et complexes**, il n'est **pas toujours possible** d'utiliser ces méthodes.

## Exemple

- Données **trop volumineuses**  $\Rightarrow$  impossible d'importer la base complète.
- **Autres formats** adaptés aux données complexes (JSON par exemple).

# Le package DBI

- Interface de communication entre R et différentes bases de données de type SQL.
- Doc : <https://dbi.r-dbi.org>.
- Permet de se connecter à une base sans la lire entièrement.
- L'utilisateur pourra faire ses requêtes et importer les résultats.

## Exemple

- Une base de données au format SQLite : **LEveloSTAR.sqlite3**.

## Exemple

- Une base de données au format SQLite : LEveloSTAR.sqlite3.
- Connexion à la base :

```
> library(DBI)
> con <- dbConnect(RSQLite::SQLite(),
+                     dbname = "data/LEveloSTAR.sqlite3")
> dbListTables(con)
[1] "Etat"      "Topologie" "left"       "tbl_left"
```

- $\Rightarrow$  4 tables

- On peut lire la table (enfin juste en lire une partie...) avec

```
> tbl(con, "Etat") |> select(1:5)

# Source:   SQL [?? x 5]
# Database: sqlite 3.43.2 [/Users/laurent/Google Drive/LAURENT/COURS/SN

      id nom           latitude longitude etat
      <int> <chr>          <dbl>     <dbl> <chr>
1      1 République      48.1    -1.68 En fonctionnement
2      2 Mairie           48.1    -1.68 En fonctionnement
3      3 Champ Jacquet    48.1    -1.68 En fonctionnement
4     10 Musée Beaux-Arts  48.1    -1.67 En fonctionnement
5     12 TNB              48.1    -1.67 En fonctionnement
6     14 Laënnec          48.1    -1.67 En fonctionnement
7     17 Charles de Gaulle 48.1    -1.68 En fonctionnement
8     20 Pont de Nantes    48.1    -1.68 En fonctionnement
9     22 Oberthur          48.1    -1.66 En fonctionnement
10    25 Office de Tourisme 48.1    -1.68 En fonctionnement

# i more rows
```

- Si on veut la récupérer pour faire des développements sur notre machine ou serveur, on utilise la fonction `collect`

```
> tbl(con, "Etat") |> collect() |> select(1:5) |> head()  
# A tibble: 6 x 5  
  id nom           latitude longitude etat  
  <int> <chr>        <dbl>      <dbl> <chr>  
1 1 République     48.1       -1.68 En fonctionnement  
2 2 Mairie          48.1       -1.68 En fonctionnement  
3 3 Champ Jacquet   48.1       -1.68 En fonctionnement  
4 10 Musée Beaux-Arts 48.1       -1.67 En fonctionnement  
5 12 TNB             48.1       -1.67 En fonctionnement  
6 14 Laënnec         48.1       -1.67 En fonctionnement
```

- On n'oublie pas de **fermer la connexion**

```
> dbDisconnect(con)
```

# API et JSON

- JavaScript Object Notation.
- Format proposé par de nombreuses bases sur le web.
- On peut fréquemment y accéder via une interface de programmation applicative (API).

## Un exemple : le vélo star à Rennes

L'**URL** permettant d'obtenir les données est composée de **3 parties** :

- nom de **domaine** : <https://data.rennesmetropole.fr/>

## Un exemple : le vélo star à Rennes

L'**URL** permettant d'obtenir les données est composée de **3 parties** :

- nom de **domaine** : <https://data.rennesmetropole.fr/>
- chemin d'accès à l'**API** : api/records/1.0/search/

## Un exemple : le vélo star à Rennes

L'**URL** permettant d'obtenir les données est composée de **3 parties** :

- nom de **domaine** : <https://data.rennesmetropole.fr/>
- chemin d'accès à l'**API** : api/records/1.0/search/
- la **requête**, elle même composée de plusieurs parties :
  - jeu de données à utiliser :  
?dataset=etat-des-stations-le-velo-star-en-temps-reel
  - liste de facettes séparées par des esperluettes & :  
&facet=nom&facet=etat&...

# Importation

```
> url <- paste0(  
+   "https://data.rennesmetropole.fr/api/records/1.0/search/",  
+   "?dataset=etat-des-stations-le-velo-star-en-temps-reel",  
+   "&q=&facet=nom",  
+   "&facet=etat",  
+   "&facet=nombremplacementsactuels",  
+   "&facet=nombremplacementsdisponibles",  
+   "&facet=nombrevelosdisponibles"  
+ )
```

```

> ll <- jsonlite::fromJSON(url)
> tbl <- ll$records$fields |> as_tibble()
> tbl |> select(3:5)
# A tibble: 10 x 3
  nom           nombreemplacementsactuels idstation
  <chr>          <int> <chr>
1 Sainte-Anne            24 5505
2 Saint-Georges Piscine      18 5509
3 Musée Beaux-Arts          16 5510
4 Bonnets Rouges            24 5514
5 Charles de Gaulle          24 5517
6 Colombier                  23 5519
7 Pont de Nantes              20 5520
8 Oberthur                     27 5522
9 Auberge de Jeunesse          29 5537
10 Croix Saint-Hélier             19 5540

```

## Autres outils importations

- **readxl** : fichier au format Excel.
- **sas7bdat** : importation depuis SAS.
- **foreign** : formats SPSS ou STATA
- **jsonlite** : format JSON
- **rvest** : webscrapping

## Gérer des données

---

### Fusion de tables

## Concaténer des données

- L'information utile pour une analyse provient (souvent) de plusieurs tableaux de données.

## Concaténer des données

- L'information utile pour une analyse provient (souvent) de plusieurs tableaux de données.
- Besoin de correctement assembler ces tables avant l'étude statistique.

## Concaténer des données

- L'information utile pour une analyse provient (souvent) de plusieurs tableaux de données.
- Besoin de correctement assembler ces tables avant l'étude statistique.
- Fonctions R standard : rbind, cbind, cbind.data.frame, merge...
- Fonctions R tidyverse : bind\_rows, bind\_cols, left\_join, inner\_join.

## Un exemple avec 2 tables

```
> df1  
# A tibble: 4 x 2  
  name   nation  
  <chr> <chr>  
1 Peter  USA  
2 Mary   GB  
3 John   Aus  
4 Linda  USA  
> df2  
# A tibble: 3 x 2  
  name     age  
  <chr> <dbl>  
1 John      35  
2 Mary      41  
3 Fred      28
```

## Un exemple avec 2 tables

```
> df1  
# A tibble: 4 x 2  
  name   nation  
  <chr> <chr>  
1 Peter  USA  
2 Mary   GB  
3 John   Aus  
4 Linda  USA  
> df2  
# A tibble: 3 x 2  
  name     age  
  <chr> <dbl>  
1 John      35  
2 Mary      41  
3 Fred      28
```

### Objectif

Un tableau de données avec 3 colonnes : name, nation et age.

## bind\_rows

```
> bind_rows(df1,df2)
# A tibble: 7 x 3
  name nation   age
  <chr> <chr>   <dbl>
1 Peter USA       NA
2 Mary  GB        NA
3 John  Aus       NA
4 Linda USA       NA
5 John  <NA>     35
6 Mary  <NA>     41
7 Fred  <NA>     28
```

## bind\_rows

```
> bind_rows(df1,df2)
# A tibble: 7 x 3
  name nation   age
  <chr> <chr>   <dbl>
1 Peter USA       NA
2 Mary  GB        NA
3 John  Aus       NA
4 Linda USA       NA
5 John  <NA>     35
6 Mary  <NA>     41
7 Fred  <NA>     28
```

⇒ Mauvais choix ici (2 lignes pour certains individus).

## full\_join

```
> full_join(df1,df2)
# A tibble: 5 x 3
  name   nation   age
  <chr> <chr>   <dbl>
1 Peter  USA       NA
2 Mary   GB        41
3 John   Aus       35
4 Linda  USA       NA
5 Fred   <NA>      28
```

## full\_join

```
> full_join(df1,df2)
# A tibble: 5 x 3
  name   nation   age
  <chr> <chr>   <dbl>
1 Peter  USA       NA
2 Mary   GB        41
3 John   Aus       35
4 Linda  USA       NA
5 Fred   <NA>      28
```

⇒ tous les individus sont conservés (NA sont ajoutés pour les quantités non mesurées.)

## left\_join

```
> left_join(df1,df2)
# A tibble: 4 x 3
  name   nation   age
  <chr> <chr>   <dbl>
1 Peter  USA       NA
2 Mary   GB        41
3 John   Aus       35
4 Linda  USA       NA
```

⇒ seuls les individus du **premier tableau (gauche)** sont conservés.

## inner\_join

```
> inner_join(df1,df2)
# A tibble: 2 x 3
  name   nation   age
  <chr> <chr>   <dbl>
1 Mary   GB        41
2 John   Aus       35
```

⇒ on garde les individus pour lesquels **nation** et **age** sont mesurés.

## inner\_join

```
> inner_join(df1,df2)
# A tibble: 2 x 3
  name   nation   age
  <chr> <chr>   <dbl>
1 Mary   GB        41
2 John   Aus       35
```

⇒ on garde les individus pour lesquels **nation** et **age** sont mesurés.

## Conclusion

- Plusieurs possibilités pour assembler des données.
- Important de faire le **bon choix** en fonction du contexte.

## Gérer des données

---

### Manipuler les données avec Dplyr

- `dplyr` est un package du `tidyverse` efficace pour transformer et résumer des tableaux de données.
- Il propose une **syntaxe claire** (basée sur une `grammaire`) permettant de manipuler les données.

- `dplyr` est un package du `tidyverse` efficace pour transformer et résumer des tableaux de données.
- Il propose une **syntaxe claire** (basée sur une `grammaire`) permettant de manipuler les données.
- Par exemple, pour calculer la moyenne de `Sepal.Length` de l'espèce `setosa`, on utilise généralement

- **dplyr** est un package du **tidyverse** efficace pour **transformer et résumer** des tableaux de données.
- Il propose une **syntaxe claire** (basée sur une **grammaire**) permettant de manipuler les données.
- Par exemple, pour calculer la moyenne de **Sepal.Length** de l'espèce **setosa**, on utilise généralement

```
> mean(iris[iris$Species=="setosa",]$Sepal.Length)  
[1] 5.006
```

- **dplyr** est un package du **tidyverse** efficace pour **transformer et résumer** des tableaux de données.
- Il propose une **syntaxe claire** (basée sur une **grammaire**) permettant de manipuler les données.
- Par exemple, pour calculer la moyenne de **Sepal.Length** de l'espèce **setosa**, on utilise généralement

```
> mean(iris[iris$Species=="setosa",]$Sepal.Length)  
[1] 5.006
```

- La même chose en **dplyr** s'obtient avec

```
> iris |> filter(Species=="setosa") |>  
+   summarise(Moy_SL=mean(Sepal.Length))  
Moy_SL  
1 5.006
```

## Grammaire dplyr

dplyr propose une **grammaire** dont les principaux **verbes** sont :

- `select()` : sélectionner des colonnes (variables)
- `filter()` : filtrer des lignes (individus)
- `arrange()` : ordonner des lignes
- `mutate()` : créer des nouvelles colonnes (nouvelles variables)
- `summarise()` : calculer des résumés numériques (ou résumés statistiques)
- `group_by()` : effectuer des opérations pour des groupes d'individus

Penser à consulter la **cheat sheet**.

# Select

## But

Sélectionner des variables.

```
> df <- select(iris,Sepal.Length,Petal.Length)
> head(df)
  Sepal.Length Petal.Length
1          5.1         1.4
2          4.9         1.4
3          4.7         1.3
4          4.6         1.5
5          5.0         1.4
6          5.4         1.7
```

# Filter

## But

Filtrer des individus.

```
> df <- filter(iris,Species=="versicolor")
> head(df)

  Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width     Species
1          7.0        3.2         4.7       1.4 versicolor
2          6.4        3.2         4.5       1.5 versicolor
3          6.9        3.1         4.9       1.5 versicolor
4          5.5        2.3         4.0       1.3 versicolor
5          6.5        2.8         4.6       1.5 versicolor
6          5.7        2.8         4.5       1.3 versicolor
```

# Arrange

## But

Ordonner des **individus** en fonction d'une variable.

```
> df <- arrange(iris,Sepal.Length)
> head(df)

Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width Species
1          4.3        3.0         1.1        0.1  setosa
2          4.4        2.9         1.4        0.2  setosa
3          4.4        3.0         1.3        0.2  setosa
4          4.4        3.2         1.3        0.2  setosa
5          4.5        2.3         1.3        0.3  setosa
6          4.6        3.1         1.5        0.2  setosa
```

# Mutate

## But

Définir des **nouvelles variables** dans le jeu de données.

```
> df <- mutate(iris,diff_petal=Petal.Length-Petal.Width)
> head(select(df,Petal.Length,Petal.Width,diff_petal))
  Petal.Length Petal.Width diff_petal
1          1.4         0.2       1.2
2          1.4         0.2       1.2
3          1.3         0.2       1.1
4          1.5         0.2       1.3
5          1.4         0.2       1.2
6          1.7         0.4       1.3
```

# Summarise

## But

Calculer des résumés statistiques.

```
> summarise(iris, mean=mean(Petal.Length), var=var(Petal.Length))  
  mean      var  
1  3.758  3.116278
```

## Summarise\_all et summarise\_at

On peut également calculer des résumés pour des groupes de variables :

- summarize\_all : toutes les variables du tibble

```
> iris1 <- select(iris,-Species)
> summarise_all(iris1,mean)
Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width
1      5.843333    3.057333        3.758     1.199333
```

## Summarise\_all et summarise\_at

On peut également calculer des résumés pour des groupes de variables :

- summarize\_all : toutes les variables du tibble

```
> iris1 <- select(iris,-Species)
> summarise_all(iris1,mean)
Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width
1      5.843333    3.057333        3.758     1.199333
```

- summarize\_at : choisir les variables du tibble

```
> summarise_at(iris,1:3,mean)
Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length
1      5.843333    3.057333        3.758
```

# group\_by

## But

Faire des opérations pour des groupes de données.

```
> summarise(group_by(iris,Species),mean(Petal.Length))  
# A tibble: 3 x 2  
  Species      `mean(Petal.Length)`  
  <fct>            <dbl>  
1 setosa           1.46  
2 versicolor       4.26  
3 virginica        5.55
```

## L'opérateur pipe |>

- L'opérateur de **chaînage** ou **pipe** |> permet d'enchaîner les **commandes** pour une syntaxe plus claire.
- Par exemple,

```
> mean(iris[iris$Species=="setosa", "Sepal.Length"])
[1] 5.006
```

ou (un peu plus lisible)

```
> df1 <- iris[iris$Species=="setosa",]
> df2 <- df1$Sepal.Length
> mean(df2)
[1] 5.006
```

- ou (encore un peu plus lisible avec **dplyr**)

```
> df1 <- filter(iris,Species=="setosa")
> df2 <- select(df1,Sepal.Length)
> summarize(df2,mean(Sepal.Length))
  mean(Sepal.Length)
1           5.006
```

- ou (encore un peu plus lisible avec **dplyr**)

```
> df1 <- filter(iris,Species=="setosa")
> df2 <- select(df1,Sepal.Length)
> summarize(df2,mean(Sepal.Length))
  mean(Sepal.Length)
1           5.006
```

## Pas satisfaisant

Création de deux objets **dataframe** (inutiles) pour un calcul “simple”.

- Avec le **pipe**, on **décompose** et **enchaîne** les opérations:
  1. Les données

```
> iris
```

- Avec le **pipe**, on **décompose** et **enchaîne** les opérations:

1. Les données

```
> iris
```

2. On filtre les individus **setosa**

```
> iris |> filter(Species=="setosa")
```

### 3. On garde la variable d'intérêt

```
> iris |> filter(Species=="setosa") |> select(Sepal.Length)
```

### 3. On garde la variable d'intérêt

```
> iris |> filter(Species=="setosa") |> select(Sepal.Length)
```

### 4. On calcule la moyenne

```
> iris |> filter(Species=="setosa") |>  
+   select(Sepal.Length) |> summarize_all(mean)  
Sepal.Length  
1      5.006
```

## Plus généralement

- L'opérateur pipe |> applique l'**objet de droite** en considérant que le premier argument est l'**objet de gauche** (non symétrique).

```
> X <- as.numeric(c(1:10, "NA"))
> mean(X,na.rm = TRUE)
[1] 5.5
```

ou, de façon équivalente,

## Plus généralement

- L'opérateur pipe |> applique l'**objet de droite** en considérant que le premier argument est l'**objet de gauche** (non symétrique).

```
> X <- as.numeric(c(1:10, "NA"))
> mean(X,na.rm = TRUE)
[1] 5.5
```

ou, de façon équivalente,

```
> X |> mean(na.rm=TRUE)
[1] 5.5
```

# Gérer des données

---

## Quelques fonctions utiles de `tidyverse`

## Le package `tidyverse`

- Il propose un ensemble de fonctions qui aident à obtenir des données (**tibble**) propres.
- Souvent utile avec **dplyr** pour manipuler les données et **ggplot** pour les visualiser.

# Reformater les données

- Certaines analyses statistiques nécessitent un **format particulier** pour les données.
- Un exemple jouet

```
> df <- iris |> group_by(Species) |> summarize_all(mean)
> head(df)
# A tibble: 3 x 5
  Species     Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width
  <fct>          <dbl>        <dbl>        <dbl>        <dbl>
1 setosa         5.01         3.43         1.46        0.246
2 versicolor     5.94         2.77         4.26        1.33 
3 virginica      6.59         2.97         5.55        2.03
```

## pivot\_longer

- Assembler des colonnes en lignes avec pivot\_longer (anciennement gather) :

```
> df1 <- df |> pivot_longer(-Species,names_to="variable",
+                               values_to="valeur")
> head(df1)

# A tibble: 6 x 3
  Species     variable     valeur
  <fct>      <chr>       <dbl>
  1 setosa     Sepal.Length 5.01
  2 setosa     Sepal.Width  3.43
  3 setosa     Petal.Length 1.46
  4 setosa     Petal.Width  0.246
  5 versicolor Sepal.Length 5.94
  6 versicolor Sepal.Width  2.77
```

### Remarque

Même information avec un format long.

## pivot\_wider

- Décomposer une ligne en plusieurs colonnes avec `pivot_wider` (anciennement `spread`).

```
> df1 |> pivot_wider(names_from=variable,values_from=valeur)
# A tibble: 3 x 5
  Species     Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width
  <fct>          <dbl>       <dbl>        <dbl>       <dbl>
1 setosa         5.01        3.43        1.46      0.246
2 versicolor    5.94        2.77        4.26      1.33 
3 virginica     6.59        2.97        5.55      2.03
```

## Separer une colonne en plusieurs

- Fonctions `separate_wider_delim`, `separate_wider_position` et `separate_wider_regex`. Par exemple

```
> (df <- tibble(date=as.Date(c("01/03/2015","05/18/2017",
+ "09/14/2018"),"%m/%d/%Y"),temp=c(18,21,15)))
# A tibble: 3 x 2
  date      temp
  <date>    <dbl>
1 2015-01-03     18
2 2017-05-18     21
3 2018-09-14     15
```

## Separer une colonne en plusieurs

- Fonctions `separate_wider_delim`, `separate_wider_position` et `separate_wider_regex`. Par exemple

```
> (df <- tibble(date=as.Date(c("01/03/2015","05/18/2017",
+ "09/14/2018"),"%m/%d/%Y"),temp=c(18,21,15)))
# A tibble: 3 x 2
  date      temp
  <date>    <dbl>
1 2015-01-03     18
2 2017-05-18     21
3 2018-09-14     15
```

```
> (df1 <- df |> separate_wider_delim(date,delim="-",
+                                         names=c("year","month","day")))
# A tibble: 3 x 4
  year month day      temp
  <chr> <chr> <chr> <dbl>
1 2015   01    03      18
2 2017   05    18      21
3 2018   09    14      15
```

## Assembler des colonnes

- `unite` permet de faire l'opération inverse :

```
> df1 |> unite(date,year,month,day,sep="/") |>
+   mutate(date1=lubridate::as_date(date))

# A tibble: 3 x 3
  date      temp date1
  <chr>    <dbl> <date>
1 2015/01/03     18 2015-01-03
2 2017/05/18     21 2017-05-18
3 2018/09/14     15 2018-09-14
```

# Programmer en R

---

# Programmer en R

---

## Structures de contrôle

# Boucles for

- Syntaxe :

```
> for (i in vecteur){  
+   expr1  
+   expr2  
+   ...  
+ }
```

- Exemple :

```
> for (i in 1:3){print(i)}  
[1] 1  
[1] 2  
[1] 3  
> for (i in c("lundi","mardi","mercredi")){print(i)}  
[1] "lundi"  
[1] "mardi"  
[1] "mercredi"
```

# Condition while

- Syntaxe :

```
> while (condition) {expression}
```

- Exemple :

```
> i <- 1
> while (i<=3) {
+   print(i)
+   i <- i+1
+
[1] 1
[1] 2
[1] 3
```

# Condition if else

- Syntaxe :

```
> if (condition){  
+   expr1  
+   ...  
+ } else {  
+   expre2  
+   ...  
+ }
```

- Exemple :

```
> a <- -2  
> if (a>0){  
+   a <- a+1  
+ } else {  
+   a <- a-1  
+ }  
> print(a)  
[1] -3
```

# switch

- Syntaxe :

```
> switch(expression,
+        "cond1" = action1,
+        "cond2" = action2,
+        ...)
```

- Exemple :

```
> X <- matrix(0,nrow = 5,ncol = 5)
> switch(class(X)[1],
+        "matrix"=print("X est une matrice"),
+        "data.frame"=print("X est un data.frame"),
+        "numeric"=print("X est de classe numérique"))
[1] "X est une matrice"
```

# Écrire une fonction

- **Syntaxe :**

```
> mafonct <- function(param1,param2,...){  
+   expr1  
+   expr2  
+   return(...)  
+ }
```

- **Exemple :**

```
> factorielle <- function(n){  
+   return(prod(1:n))  
+ }  
> factorielle(5)  
[1] 120
```

# Améliorer sa fonction

- Ajout de `stop` et `warning`

```
> factorielle <- function(n){  
+   if (n<=0) stop("l'entier doit être strictement positif")  
+   if (ceiling(n) != n) warning(paste("arrondi de",n,"en",ceiling(n)))  
+   return(prod(1:ceiling(n)))  
+ }
```

# Améliorer sa fonction

- Ajout de `stop` et `warning`

```
> factorielle <- function(n){  
+   if (n<=0) stop("l'entier doit être strictement positif")  
+   if (ceiling(n) != n) warning(paste("arrondi de",n,"en",ceiling(n)))  
+   return(prod(1:ceiling(n)))  
+ }
```

- Test :

```
> factorielle(-2)  
Error in factorielle(-2): l'entier doit être strictement positif
```

# Améliorer sa fonction

- Ajout de `stop` et `warning`

```
> factorielle <- function(n){  
+   if (n<=0) stop("l'entier doit être strictement positif")  
+   if (ceiling(n) != n) warning(paste("arrondi de",n,"en",ceiling(n)))  
+   return(prod(1:ceiling(n)))  
+ }
```

- Test :

```
> factorielle(-2)  
Error in factorielle(-2): l'entier doit être strictement positif
```

```
> factorielle(5.8)  
Warning in factorielle(5.8): arrondi de 5.8 en 6  
[1] 720  
> factorielle(5)  
[1] 120
```

# Programmer en R

---

## Les fonctions `map` du package `purrr`

## Package purrr

- Propose un **ensemble complet et cohérent** d'outils pour travailler avec des fonctions et des vecteurs.
- **Documentation** : <https://purrr.tidyverse.org/index.html>

## Les fonctions map

- Fonctions du package **purrr** (du **tidyverse**) qui permettent d'appliquer des **fonctions** à des **listes**, et donc notamment à des colonnes de **tibble**.

## Les fonctions map

- Fonctions du package **purrr** (du **tidyverse**) qui permettent d'appliquer des **fonctions** à des **listes**, et donc notamment à des colonnes de **tibble**.
- Version améliorée des fonction **apply** :
  - **nom** des fonctions plus cohérent
  - adapté à toutes les **combinaisons d'entrées et de sorties**.
- **Exemple**

```
> set.seed(1234)
> tbl <- tibble(age=runif(5,20,50),taille=runif(5,150,180))
```

## Fonctions map

- Appliquer une fonction à des colonnes :

```
> tbl |> map(mean)
```

```
$age
```

```
[1] 36.97743
```

```
$taille
```

```
[1] 162.3762
```

## Fonctions map

- Appliquer une fonction à des colonnes :

```
> tbl |> map(mean)
```

```
$age
```

```
[1] 36.97743
```

```
$taille
```

```
[1] 162.3762
```

- Renvoyer un vecteur :

```
> tbl |> map_dbl(mean)
```

```
age      taille
```

```
36.97743 162.37615
```

## Fonctions map

- Appliquer une fonction à des colonnes :

```
> tbl |> map(mean)
```

```
$age
```

```
[1] 36.97743
```

```
$taille
```

```
[1] 162.3762
```

- Renvoyer un vecteur :

```
> tbl |> map_dbl(mean)
```

```
age      taille
```

```
36.97743 162.37615
```

## Autres fonctions

map\_int, map\_chr, map\_lgl, map\_dfc...

## Fonctions map2

- Pour appliquer des fonctions à des **paires** d'éléments de **listes** :

```
> set.seed(543)
> tbl2 <- tibble(age=runif(5,20,50),taille=runif(5,150,180))
> map2(tbl,tbl2,function(d1,d2) mean(rbind(d1,d2)))
$age
[1] 37.69733

$taille
[1] 162.1174
> map2_dbl(tbl,tbl2,function(d1,d2) mean(rbind(d1,d2)))
      age     taille
 37.69733 162.11744
```

## Autres fonctions

map2\_int, map2\_chr, map2\_lgl...

## Les fonctions anonymes

- Permettent de faciliter la syntaxe. Peut se faire avec une **formule** :

```
> map2_dbl(tbl,tbl2,~mean(rbind(.x,.y)))  
    age      taille  
37.69733 162.11744
```

# Les fonctions anonymes

- Permettent de faciliter la syntaxe. Peut se faire avec une **formule** :

```
> map2_dbl(tbl,tbl2,~mean(rbind(.x,.y)))  
    age      taille  
 37.69733 162.11744
```

- Ou de la façon suivante pour mieux **expliciter les arguments** :

```
> map2_dbl(tbl,tbl2,function(a, b) mean(rbind(a,b)))  
    age      taille  
 37.69733 162.11744
```

# Les fonctions anonymes

- Permettent de faciliter la syntaxe. Peut se faire avec une **formule** :

```
> map2_dbl(tbl,tbl2,~mean(rbind(.x,.y)))  
    age      taille  
 37.69733 162.11744
```

- Ou de la façon suivante pour mieux **expliciter les arguments** :

```
> map2_dbl(tbl,tbl2,function(a, b) mean(rbind(a,b)))  
    age      taille  
 37.69733 162.11744
```

- Ou encore :

```
> map2_dbl(tbl,tbl2,\(a, b) mean(rbind(a,b)))  
    age      taille  
 37.69733 162.11744
```

## Pipes %>% et |>

- Les pipes |> (de la distribution de base de R) et %>% de dplyr sont quasi similaires
- On note une différence minime lorsqu'on le symbole . :

```
> tbl %>% .[1,1]  
# A tibble: 1 x 1  
  age  
  <dbl>  
1 23.4
```

```
> tbl |> .[1,1]  
Error: function '[' not supported in RHS call of a pipe (<text>:1:8)
```

- On peut corriger en spécifiant les paramètres de la fonction anonyme :

```
> tbl |> (\(x) x[1,1])()  
# A tibble: 1 x 1  
  age  
  <dbl>  
1 23.4
```

## Autre exemple

```
> set.seed(123)
> X1 <- rnorm(100)
> c(0.25,0.5,0.75) %>% quantile(X1,probs = .)
  25%      50%      75%
-0.49385424  0.06175631  0.69181917
```

## Autre exemple

```
> set.seed(123)
> X1 <- rnorm(100)
> c(0.25,0.5,0.75) %>% quantile(X1,probs = .)
  25%      50%      75%
-0.49385424  0.06175631  0.69181917
```

```
> c(0.25,0.5,0.75) |> quantile(X1,probs = .)
```

```
Error in if (na.rm) x <- x[!is.na(x)] else if (anyNA(x)) stop("missing value")
```

On peut corriger avec

```
> c(0.25,0.5,0.75) |> (\(p) quantile(X1,probs = p))()
  25%      50%      75%
-0.49385424  0.06175631  0.69181917
```

# Programmer en R

---

## Quelques autres fonctions de purrr

## pluck

- Généralisation de la fonction `[[` qui permet de se déplacer dans les données.

```
> pluck(tbl,"age") #ou pluck(tbl,1)  
[1] 23.41110 38.66898 38.27824 38.70138 45.82746
```

## pluck

- Généralisation de la fonction `[[` qui permet de se déplacer dans les données.

```
> pluck(tbl, "age") #ou pluck(tbl,1)
[1] 23.41110 38.66898 38.27824 38.70138 45.82746
```

```
> tbl3 <- tbl
> pluck(tbl3,1) <- 1:5; pluck(tbl3,1,2) <- pi
> tbl3
# A tibble: 5 x 2
  age taille
  <dbl> <dbl>
1 1       169.
2 3.14    150.
3 3       157.
4 4       170.
5 5       165.
```

## modify

- Raccourci des ordres `x[[i]] <- f(x[[i]])`; `return(x)`

```
> pluck(tbl, 1) |> modify(\(a) a^2)
[1] 548.0797 1495.2902 1465.2238 1497.7971 2100.1562
```

- Peut aussi s'utiliser avec les suffixes `_at` et `_if` :

```
> tbl |> modify_at(1, \(a) a^2) |> head(3)
# A tibble: 3 x 2
  age taille
  <dbl> <dbl>
1 548.   169.
2 1495.  150.
3 1465.  157.
```

```
> modify_if(iris, is.factor, as.character) |> pluck("Species") |> str()
chr [1:150] "setosa" "setosa" "setosa" "setosa" "setosa" "seto
```

## Bases de données

---

## Bases de données

---

**SQL : Structured Query Language**

# Le package DBI

- SQL est un langage commun permettant de commander de nombreuses bases de données.
- Utilisé par les bases de données les plus populaires comme

Base	Package
MySQL	RMySQL
MariaDB	RMariaDB
Postgres	RPostgres
SQLite	RSQLite

- La package DBI ( DataBase Interface) offre une interface de communication entre R et différentes bases de données de type SQL à l'aide de pilotes dédiés : <https://dbi.r-dbi.org>

# Bases de données relationnelles

Les bases de données de type SQL utilisent le **paradigme individus/variables** :

- les **bases** contiennent des **tables** (équivalentes aux tibbles) ;
- les **tables** contiennent des **colonnes** (ou champs) qui regroupent des informations de même type ;
- les enregistrements ou entrées d'une tables correspondent aux lignes de cette table.

Les tables sont reliées entre elles grâce à des **identifiants** (clés primaires/clés étrangères).

# La fonction dbConnect

```
> con <- dbConnect(  
+   RPostgres::Postgres(),  
+   dbname = "DATABASE_NAME",  
+   host = "HOST",  
+   port = 5432,  
+   user = "USERNAME",  
+   password = "PASSWORD")
```

## Remarques

- La fonction `RPostgres::Postgres()` qui fournit un pilote (ou *driver*) pour la base de données voulue.
- On peut remplacer cette fonction par `RMariaDB::MariaDB()` pour se connecter à une base de données MariaDB.

# SQLite

- Permet de travailler sur des bases de données stockées dans des fichiers, voire directement en mémoire vive. C'est donc très simple à mettre en œuvre.

# SQLite

- Permet de travailler sur des bases de données stockées dans des fichiers, voire directement en mémoire vive. C'est donc très simple à mettre en œuvre.
- Exemple : ouverture d'une connexion vers une base de données SQLite contenue en mémoire vive

```
> library(DBI)
> con <- dbConnect(RSQLite::SQLite(), dbname = ":memory:")
```

- À ce stade aucune table :

```
> dbListTables(con)
character(0)
```

## Peupler une base de données

```
> set.seed(1234)
> tbl1 <- tibble(ID=sample(LETTERS), age=sample(1:100, 26))
> tbl2 <- tibble(ID=sample(LETTERS),
+                  taille=sample(160:180, 26, replace = TRUE))
> df <- data.frame(
+   x = runif(25),
+   label = sample(c("A", "B"), size = 25, replace = TRUE)
+ )
> dbWriteTable(con, name = "table1", value = tbl1)
> dbWriteTable(con, name = "table2", value = tbl2)
> dbListTables(con)
[1] "table1" "table2"
```

⇒ création de deux tables dans la base.

# Bases de données

---

## Requêtes SQL

# SQL en bref !

```
> SELECT j FROM df WHERE i GROUP BY by
```

## Remarque

Ce pseudo code rappelle les pseudo-codes suivants :

- **data-table** :

```
> dt[i, j, by]
```

- **dplyr** :

```
> df |> group_by(by) |> filter(i) |> select(j)
```

En effet SQL et la proximité entre BdD et data-frame a inspiré les créateurs des deux packages.

## Exemple 1

- dbSendQuery : soumettre la requête

```
> req1 <- dbSendQuery(con, "SELECT * FROM table1 WHERE age>85")
> req1
<SQLiteResult>
  SQL  SELECT * FROM table1 WHERE age>85
  ROWS Fetched: 0 [incomplete]
  Changed: 0
```

## Exemple 1

- dbSendQuery : soumettre la requête

```
> req1 <- dbSendQuery(con,"SELECT * FROM table1 WHERE age>85")
> req1
<SQLiteResult>
  SQL  SELECT * FROM table1 WHERE age>85
  ROWS Fetched: 0 [incomplete]
  Changed: 0
```

- dbFetch : collecter (ramener vers R) les données

```
> res1 <- dbFetch(req1)
> class(res1)
[1] "data.frame"
> res1
  ID age
  1  F  87
  2  M  96
```

- La requête est maintenant complète :

```
> req1
<SQLiteResult>
SQL  SELECT * FROM table1 WHERE age>85
ROWS Fetched: 2 [complete]
Changed: 0
```

- dbGetQuery : soumettre et exécuter directement la requête

```
> dbGetQuery(con, "SELECT * FROM table1 WHERE age>85")
ID age
1  F  87
2  M  96
```

## Exemple 2 : jointure

```
> res <- dbGetQuery(con, "
+                     SELECT *
+                     FROM table1
+                     INNER JOIN table2 ON table1.id = table2.id
+                     ORDER BY ID
+                   ")
> head(res)
   ID age ID taille
1  A  26  A    180
2  B  32  B    165
3  C  80  C    167
4  D  72  D    165
5  E  47  E    180
6  F  87  F    161
```

## Quelques fonctions supplémentaires

- `dbExistsTable(con,name)`  $\Rightarrow$  vérifier si la table `name` existe pour la connexion `con`.
- `dbRemoveTable(con,name,...)`  $\Rightarrow$  effacer la table `name` de la connexion `con`.
- `dbGetRowsAffected(req,...)`  $\Rightarrow$  nombre de lignes affectés (extraction, effacement, modification) par la requête `req`.
- `dbGetRowCount(req,...)`  $\Rightarrow$  nombre de lignes collectées lors de la requête `req`.

# Bases de données

---

## SQL et dplyr

- **dplyr** permet de travailler sur des objets **plus variés** que les data-frames ou tibbles.
- **Compatible** avec les **bases SQL**.
- Nécessite l'installation du package **dbplyr**.
- Documentation : <https://dbplyr.tidyverse.org/index.html>.

- Création d'un objet avec lequel **dplyr** va travailler avec la fonction **con**:

```
> dbListTables(con)
[1] "table1" "table2"
> T1 <- tbl(con, "table1")
> T2 <- tbl(con, "table2")
> class(T1)
[1] "tbl_SQLiteConnection" "tbl_db"                  "tbl_sql"
[4] "tbl_lazy"           "tbl"
```

- On peut ensuite travailler (ou requêter) sur les tables avec les commandes **dplyr** standards:

```
> req <- T1 |> filter(age<=40)
```

## Vrai tibble ou table distante ?

```
> T1
# Source:  table<table1> [?? x 2]
# Database: sqlite 3.43.2 [:memory:]
  ID      age
  <chr> <int>
1 P        5
2 V       66
3 E       47
4 L       40
5 O       84
6 I       48
7 X        3
8 F       87
9 Z       41
10 D      72
# i more rows
```

## Attention

- L'objet, de type `tbl_lazy`, ressemble à une table mais son nombre de lignes est **inconnu**

## Attention

- L'objet, de type `tbl_lazy`, ressemble à une table mais son nombre de lignes est **inconnu**  $\implies$  la requête est juste **préparée**.
- L'envoi vers la base de données est **retardé le plus possible** afin de minimiser le nombre d'accès à la base.

## Attention

- L'objet, de type `tbl_lazy`, ressemble à une table mais son nombre de lignes est **inconnu**  $\implies$  la requête est juste **préparée**.
- L'envoi vers la base de données est **retardé le plus possible** afin de minimiser le nombre d'accès à la base.
- La récupération des données sous **R** se fait avec la fonction `collect`.

```
> dim(req)
[1] NA 2
> T11 <- req |> collect(); class(T11)
[1] "tbl_df"      "tbl"        "data.frame"
> dim(T11)
[1] 9 2
```

- Visualisation de la requête SQL :

```
> show_query(req)
<SQL>
SELECT `table1`.*
FROM `table1`
WHERE (`age` <= 40.0)
```

## Autre exemple : jointure

- La requête :

```
> req2 <- inner_join(T1,T2,by=join_by("ID"))
> dim(req2)
[1] NA  3
> show_query(req2)
<SQL>
SELECT `table1`.* , `taille`
FROM `table1`
INNER JOIN `table2`
  ON (`table1`.`ID` = `table2`.`ID`)
```

- Rapatriement des données sous R

```
> T12 <- req2 |> collect()
> dim(T12)
[1] 26  3
```

## Déconnexion

```
> dbDisconnect(con)
```

## Bases de données

---

**JSON : JavaScript Object Notation**

## Des données variées

Les données ne sont **pas** toujours stockées dans **des formats tabulaires**. Il existe bien d'autres façons de les conserver et d'y accéder :

- Bases de données relationnelles/SQL ;
- Fichiers structurés : XML, YAML ou JSON ;
- Bases de données NoSQL ;
- WEB.

# Le format JSON

- Alternative aux bases de données relationnelles.
- **Idée** : encoder les informations dans des **fichiers textes structurés**.

## Très utilisé

- **MongoDB** : base de données NoSQL.
- **API WEB** : interface de programmation applicative.
- **Open Data** : format de référence dans les bases de données publiques de l'État et des administrations, voir <https://www.data.gouv.fr/fr/>.

# Fichier JSON

## Objectifs

Lisible par des humains et des machines.

# Fichier JSON

## Objectifs

Lisible par des humains et des machines.

## Syntaxe

Simple avec un petit nombre de types de données :

- Deux types structurés ;
- Plusieurs types simple.

# Types structurés - les objets JSON

- Proches des **dictionnaires Python** ou des **listes de R**.
- Syntaxe :

```
{  
    "clé1": valeur1,  
    "clé2": valeur2,  
    ...  
}
```

- Principe **clé/valeur** avec des "" autour des clés.

## Types structurés - les tableaux

- Proches des **listes Python** ou des **vecteurs** de **R**.

```
[  
    valeur1,  
    valeur2,  
    ...  
]
```

- Les listes permettent simplement de structurer des données de **façon ordonnée**.

## Types simples (1)

- **Chaîne de caractères** : elle est entre "..." :

```
{  
    "prénom": "Jean-Sébastien",  
    "nom": "Bach"  
}
```

- **Nombre** : on l'écrit directement :

```
{  
    "prénom": "Jean-Sébastien",  
    "nom": "Bach",  
    "nombre_enfants": 20  
}
```

## Types simples (2)

- **true** ou **false** : il faut noter (surtout quand on utilise R) que les valeurs booléennes sont écrites en minuscules :

```
{  
  "prénom": "Jean-Sébastien",  
  "nom": "Bach",  
  "compositeur": true  
}
```

- **null** : si l'on ne souhaite pas donner de valeur à une clé.

```
{  
  "prénom": "Jean-Sébastien",  
  "particule": null,  
  "nom": "Bach"  
}
```

# Imbrication

- Pour le type structuré, les différentes valeurs peuvent être de **n'importe quel type**, y compris un **autre type structuré**.
- Pour vérifier la validité d'un fichiers JSON, on peut visiter **ce site**.

```
{  
    "prénom": "Jean-Sébastien",  
    "nom": "Bach",  
    "épouses": [  
        {  
            "prénom": ["Maria", "Barbara"],  
            "nom": "Bach"  
        },  
        {  
            "prénom": ["Anna", "Magdalena"],  
            "nom": "Wilcke"  
        }  
    ]  
}
```

# Le package jsonlite

## Principales fonctions :

- `fromJSON` : import de fichier JSON ;
- `toJSON` : export au format JSON ;
- `stream_in` : import pour du JSON “en lignes” ;
- `stream_out` : export au format JSON “en lignes”.

# Import et jeu de données jouet

```
> library(jsonlite)
> df <- tibble(x = c(0, pi),y = cos(x))
> toJSON(df)
[{"x":0,"y":1}, {"x":3.1416,"y":-1}]
```

## Remarques

- Le résultat est une chaîne de caractère !
- Il y a un tableau JSON ;
- Paradigme individus/variables respectés.
- Perte de précision...

## JSON et data-frame (2)

```
> df |> toJSON() |> fromJSON()  
  x   y  
1 0.0000  1  
2 3.1416 -1
```

⇒ La fonction `toJSON` prend une chaîne de caractère représentant un fichier JSON bien formaté et l'importe *si possible* sous la forme d'un data-frame

### Remarques

- Même structure ;
- Confirmation de la perte de précision.

## JSON et data-frame (3)

```
> fromJSON(' [{"x":1}, {"y":2}] ')  
   x  y  
1  1 NA  
2 NA  2
```

### Remarques

- La situation est plus délicate ;
- On utilise deux **quotes** différentes...

## JSON et data-frame (4)

```
> df1 <- fromJSON(' [{"x": [1, 2, 3]}, {"x": 4}]')
> class(df1)
[1] "data.frame"
> glimpse(df1)
Rows: 2
Columns: 1
$ x <list> 1, 2, 3>, 4
```

⇒ Un data-frame... inhabituel.

```
> df1
      x
1 1, 2, 3
2      4
> df1$x
[[1]]
[1] 1 2 3

[[2]]
[1] 4
```

## JSON et data-frame (5)

- Par défaut, la fonction `fromJSON` tente de **simplifier** les vecteurs.
- On peut forcer le comportement inverse :

```
> fromJSON('[{"x": [1, 2, 3]}, {"x": 4}]', simplifyVector = FALSE)
[[1]]
[[1]]$x
[[1]]$x[[1]]
[1] 1

[[1]]$x[[2]]
[1] 2

[[1]]$x[[3]]
[1] 3

[[2]]
[[2]]$v
```

## JSON et data-frame (6)

Lequel choisir ?

```
> fromJSON(' [{"x":{"xa":1, "xb":2}}, {"x":3}]')  
      x  
1 1, 2  
2    3
```

```
> fromJSON(' [{"x":{"xa":1, "xb":2}}, {"x":3}]', simplifyDataFrame = FALSE)  
[[1]]  
[[1]]$x  
[[1]]$x$xa  
[1] 1  
  
[[1]]$x$xb  
[1] 2  
  
[[2]]  
[[2]]$x
```

# Bases de données

---

API WEB

# Interface de programmation applicative

- De nombreux sites proposent d'accéder à leurs données via des requêtes http.
- Elles renvoient des réponses aux formats XML, HTML... et JSON

## L'exemple du vélo star

- Site <https://data.rennesmetropole.fr/>
- Table sur l'état des stations velib.

## La requête

Elle prend une forme spécifique :

- le nom de domaine : `https://data.rennesmetropole.fr/` ;
- le chemin d'accès à l'API : `api/explore/v2.1/catalog/` ;
- l'identifiant du jeu de données :  
`datasets/etat-des-stations-le-velo-star-en-temps-reel/` ;
- on peut ajouter des verbes comme dans **dplyr**, par exemple  
`select=id%2C%20nom&limit=20`

Comment utiliser ça dans **R** : **jsonlite** !

# En avant !

```
> url <- str_c(  
+   "https://data.rennesmetropole.fr/",  
+   "api/explore/v2.1/catalog/",  
+   "datasets/etat-des-stations-le-velo-star-en-temps-reel/",  
+   "records"  
+ )  
> ll <- fromJSON(url)
```

# Finalisation

```
> df <- ll$results
> dim(df)
[1] 10  8
> df |> select(nom, coordonnees, nombrevelosdisponibles)
      nom coordonnees.lon coordonnees.lat nombrevelosdisponib
1    Sainte-Anne      -1.680461     48.11421
2 Saint-Georges Piscine      -1.674417     48.11239
3      Musée Beaux-Arts      -1.674080     48.10960
4      Bonnets Rouges      -1.665814     48.10685
5      Charles de Gaulle      -1.677119     48.10511
6          Colombier      -1.680594     48.10610
7      Pont de Nantes      -1.684015     48.10202
8          Oberthur      -1.661853     48.11355
9      Auberge de Jeunesse      -1.681876     48.12088
10     Croix Saint-Hélier      -1.662090     48.10305
```

Le tour est joué !

## Le format ndjson

- Pour Newline Delimited JSON !
- Très souvent les API, ou les requêtes MongoDB, renvoient des fichiers JSON non valides. Ces fichiers ont en fait la structure typique suivante

```
:  
{"x":1,"y":2}  
{"x":3,"y":4}  
...
```

- Chaque ligne est un fichier JSON valide qu'on peut lire à l'aide de la fonction `stream_in`.

## stream\_in

```
> url <- "http://jeroen.github.io/data/diamonds.json"
> diamonds <- jsonlite::stream_in(url(url))
```

```
> diamonds |> select(1:5) |> head()
#> #> carat      cut color clarity depth
#> #> 1  0.23     Ideal   E    SI2  61.5
#> #> 2  0.21     Premium E    SI1  59.8
#> #> 3  0.23     Good    E    VS1  56.9
#> #> 4  0.29     Premium I    VS2  62.4
#> #> 5  0.31     Good    J    SI2  63.3
#> #> 6  0.24 Very Good  J    VVS2 62.8
```

## Web scrapping

---

# Web scrapping

---

## Introduction

# Beaucoup d'informations disponibles

Les **sites web** sont une source importante d'information :

- Site interne d'entreprise ;
- Wikipedia ;
- IMDb ;
- etc...

L'information est souvent **suffisamment structurée** pour qu'on puisse la récupérer de façon **semi-automatisée**.

## Exemple fil rouge

### Question

Avec quel acteur Louis de Funès a le plus joué dans les années 1950 ?

## Exemple fil rouge

### Question

Avec quel acteur Louis de Funès a le plus joué dans les années 1950 ?

### Ressource

La page dédiée à la [filmographie](#) de Louis de Funès sur [Wikipédia](#)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Filmographie\\_de\\_Louis\\_de\\_Funès.](https://fr.wikipedia.org/wiki/Filmographie_de_Louis_de_Funès)

# Exemple fil rouge

## Question

Avec quel acteur Louis de Funès a le plus joué dans les années 1950 ?

## Ressource

La page dédiée à la [filmographie](#) de Louis de Funès sur [Wikipédia](#)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Filmographie\\_de\\_Louis\\_de\\_Funès.](https://fr.wikipedia.org/wiki/Filmographie_de_Louis_de_Funès)

## Remarques

- Les films sont [classés par décennie](#) ;

# Exemple fil rouge

## Question

Avec quel acteur Louis de Funès a le plus joué dans les années 1950 ?

## Ressource

La page dédiée à la **filmographie** de Louis de Funès sur **Wikipédia**

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Filmographie\\_de\\_Louis\\_de\\_Funès.](https://fr.wikipedia.org/wiki/Filmographie_de_Louis_de_Funès)

## Remarques

- Les films sont **classés par décennie** ;
- Chaque titre de film possède un **lien** vers une page dédiée ;

# Exemple fil rouge

## Question

Avec quel acteur Louis de Funès a le plus joué dans les années 1950 ?

## Ressource

La page dédiée à la [filmographie](#) de Louis de Funès sur [Wikipédia](#)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Filmographie\\_de\\_Louis\\_de\\_Funès.](https://fr.wikipedia.org/wiki/Filmographie_de_Louis_de_Funès)

## Remarques

- Les films sont [classés par décennie](#) ;
- Chaque titre de film possède un [lien](#) vers une page dédiée ;
- Cette dernière page contient une [liste d'acteurs](#).

# Le package **rvest**

- Parfois difficile à installer car il requiert la présence de certains outils sur le système d'exploitation : curl par exemple.
- Bien lire les messages d'aide en cas de problème :

```
> install.packages("rvest")
```

- On peut ensuite l'utiliser

```
> library(rvest)
```

## Références

- Livre R pour la statistique et la science des données
- Tutoriel ThinkR : <https://thinkr.fr/rvest/>
- <https://rvest.tidyverse.org/index.html>

- Un **navigateur web** se “contente” de transformer des **fichiers textes** en pages **lisibles et bien présentées**. Pour simplifier un peu :
  - les **informations structurées** sont contenues dans un fichier **HTML** ;
  - la **présentation** est codée dans des **feuilles de style css**.

- Un **navigateur web** se “contente” de transformer des **fichiers textes** en pages **lisibles et bien présentées**. Pour simplifier un peu :
  - les **informations structurées** sont contenues dans un fichier **HTML** ;
  - la **présentation** est codée dans des **feuilles de style css**.
- C'est donc dans le **fichier source HTML** que nous allons trouver les **renseignements** que nous souhaitons.

# Des arbres en plein HTML

- En inspectant le **fichier HTML**, nous constatons que la partie du code qui contient les **informations qui nous intéressent** est (à peu près) structurée de la façon suivante :

```
<h3>Longs métrages</h3>
  <h4>Années 40</h4>
  <ul>
    <li>...</li>
  </ul>
```

- Ces données peuvent être représentées de façon **arborescente**.

# Des arbres en plein HTML

- En inspectant le **fichier HTML**, nous constatons que la partie du code qui contient les **informations qui nous intéressent** est (à peu près) structurée de la façon suivante :

```
<h3>Longs métrages</h3>
  <h4>Années 40</h4>
  <ul>
    <li>...</li>
  </ul>
```

- Ces données peuvent être représentées de façon **arborescente**.

## interface de programmation DOM

- Document Object Model
- Permet **d'examiner et de modifier cet arbre** et donc le contenu d'une page web.
- C'est de cette façon que les **pages web dynamiques** sont créées.

# C'est parti !

Le package **rvest** est capable de parcourir cet arbre et donc de récupérer des informations.

- Création de l'url

```
> url_wikipedia <- "https://fr.wikipedia.org/"  
> url_filmographie <- "wiki/Filmographie_de_Louis_de_Funès"  
> url <- str_c(url_wikipedia, url_filmographie)
```

# C'est parti !

Le package **rvest** est capable de parcourir cet arbre et donc de récupérer des informations.

- Création de l'url

```
> url_wikipedia <- "https://fr.wikipedia.org/"  
> url_filmographie <- "wiki/Filmographie_de_Louis_de_Funès"  
> url <- str_c(url_wikipedia, url_filmographie)
```

- Lecture

```
> film_LDF <- read_html(url)  
> film_LDF  
{html_document}  
<html class="client-nojs vector-feature-language-in-header-enabled vect...  
[1] <head>\n<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=...  
[2] <body class="skin-vector skin-vector-search-vue mediawiki ltr sited...
```

## Les titres de section

- On peut récupérer tous les titres des sections de niveau `<h4>` en utilisant la fonction `html_nodes` qui permet de retourner une liste de nœuds :

```
> film_LDF |> html_elements("h4") |> head(3)
{xml_nodeset (3)}

[1] <h4>\n<span id="Ann.C3.A9es_1940"></span><span class="mw-headline">
[2] <h4>\n<span id="Ann.C3.A9es_1950"></span><span class="mw-headline">
[3] <h4>\n<span id="Ann.C3.A9es_1960"></span><span class="mw-headline">
```

- et obtenir une version plus lisible avec `html_text`

```
> film_LDF |> html_elements("h4") |> head(3) |> html_text()
[1] "Années 1940[modifier | modifier le code]"
[2] "Années 1950[modifier | modifier le code]"
[3] "Années 1960[modifier | modifier le code]"
```

# Web scrapping

---

## Le noeud du problème

## Sélectionner les nœuds

Il existe au moins deux méthodes pour cibler des éléments dans des pages html ou xml.

## Sélectionner les nœuds

Il existe au moins deux méthodes pour cibler des éléments dans des pages html ou xml.

### Sélecteurs css

Syntaxe basée sur des noms de balises, des classes, des identifiants, des relations entre les éléments, etc. Par exemple : **div**, **.classe**, **#identifiant**.

# Sélectionner les nœuds

Il existe au moins deux méthodes pour cibler des éléments dans des pages html ou xml.

## Sélecteurs css

Syntaxe basée sur des noms de balises, des classes, des identifiants, des relations entre les éléments, etc. Par exemple : **div**, **.classe**, **#identifiant**.

## Sélecteurs XPath

- Syntaxe basée sur des chemins et des expressions.
- Plus flexibles et permettent de définir des chemins plus complexes pour accéder aux éléments.
- Par exemple : **/div[@class='classe']**.

# Sélectionner les nœuds

Il existe au moins deux méthodes pour cibler des éléments dans des pages html ou xml.

## Sélecteurs css

Syntaxe basée sur des noms de balises, des classes, des identifiants, des relations entre les éléments, etc. Par exemple : **div**, **.classe**, **#identifiant**.

## Sélecteurs XPath

- Syntaxe basée sur des chemins et des expressions.
- Plus flexibles et permettent de définir des chemins plus complexes pour accéder aux éléments.
- Par exemple : **/div[@class='classe']**.

## Recommandations

- Utilisation occasionnelle => sélecteurs css
- Utilisation fréquente => XPath

## Exemple, sélecteurs css (1)

```
> film_LDF |>
+   html_elements('#mw-content-text >
+                 div.mw-content-ltr.mw-parser-output >
+                 ul:nth-child(8) >
+                 li:nth-child(1) >
+                 i:nth-child(2) >
+                 a') |>
+   htmlAttrs()
[[1]]
               href                      title
"/wiki/La_Tentation_de_Barbizon"      "La Tentation de Barbizon"
```

Ça devient compliqué

Pour comprendre ce chemin il est nécessaire d'aller inspecter le code html.

# Le code HTML

```
▼ <div id="mw-content-text" class="mw-body-content">
  ▼ <div class="mw-content-ltr mw-parser-output" lang="fr" dir="ltr">
    ▶ <div class="bandeau-container metadata homonymie hatnote">(...)</div>
    ▶ <figure class="mw-default-size" typeof="mw:File/Thumb">(...)</figure>
    ▶ <p>(...)</p>
    <meta property="mw:PageProp/toc">
    ▶ <h2>(...)</h2>
    ▶ <h3>(...)</h3>
    ▶ <h4>(...)</h4>
    ▼ <ul>
      ▼ <li>
        ::marker
        <a href="/wiki/1946_au_cin%C3%A9ma" title="1946 au cinéma">1946 au cinéma</a>
        "&nbsp;: "
      ▼ <i>
        <a href="/wiki/La_Tentation_de_Barbizon" title="La Tentation de Barbizon">La
        Tentation de Barbizon</a> = $0
      </i>
      " de "
      <a href="/wiki/Jean_Stelli" title="Jean Stelli">Jean Stelli</a>
      "&nbsp;: le portier du cabaret "
```

## Analyse

La partie **scrappée** correspond au chemin défini par les **balises** :

- div identifié par **mw-content-text**  $\Rightarrow$  **#mw-content-text**

## Analyse

La partie **scrappée** correspond au chemin défini par les **balises** :

- div identifié par **mw-content-text**  $\Rightarrow$  **#mw-content-text**
- div de classe **mw-content-ltr.mw-parser-output**  $\Rightarrow$  **div.mw-content-ltr.mw-parser-output**

## Analyse

La partie **scrappée** correspond au chemin défini par les **balises** :

- div identifié par **mw-content-text**  $\Rightarrow$  **#mw-content-text**
- div de classe **mw-content-ltr.mw-parser-output**  $\Rightarrow$  **div.mw-content-ltr.mw-parser-output**
- élément **ul** qui correspond au 8ème enfant de la balise précédente  $\Rightarrow$  **ul:nth-child(8)**

# Analyse

La partie **scrappée** correspond au chemin défini par les **balises** :

- div identifié par **mw-content-text**  $\Rightarrow$  **#mw-content-text**
- div de classe **mw-content-ltr.mw-parser-output**  $\Rightarrow$  **div.mw-content-ltr.mw-parser-output**
- élément **ul** qui correspond au 8ème enfant de la balise précédente  $\Rightarrow$  **ul:nth-child(8)**
- ...

## Recherche automatique

- Chemins pas simple à définir.
- Des **extensions** peuvent nous aider : **SelectorGadget** sur **Chrome** par exemple.
- Voir aussi [https://rvest.tidyverse.org/articles/selector\\_gadget.html](https://rvest.tidyverse.org/articles/selector_gadget.html).

- Le chemin peut s'écrire de différentes façons.
- Avec **SelectorGadget** on retrouve la même solution avec :

```
> film_LDF |>
+   html_elements('ul:nth-child(8) li:nth-child(1) i a') |>
+   htmlAttrs()
[[1]]
```

	href	title
	/wiki/La_Tentation_de_Barbizon"	"La Tentation de Barbizon"

## Exemple, sélecteurs css (1)

- Pour scrapper tous les films des années 1940, on pourra utiliser :

```
> film_LDF |>
+   html_elements('#mw-content-text >
+                 div.mw-content-ltr.mw-parser-output >
+                 ul:nth-of-type(1) > li > i > a') |> #idem nth-child(8)
+   html_attrs() |> head(3)
[[1]]
               href                      title
"/wiki/La_Tentation_de_Barbizon"      "La Tentation de Barbizon"

[[2]]
               href                      title
"/wiki/Six_Heures_%C3%A0_perdre"      "Six Heures à perdre"

[[3]]
               href
"/wiki/Le_Ch%C3%A2teau_de_la_derni%C3%A8re_chance"
               title
```

## Exemple Xpath

- Autre langage pour définir le chemin :

```
> film_LDF |>
+   html_elements(xpath ='//*[@id="mw-content-text"]'
+     /div/ul[
+       preceding::h4[span/@id="Années_1940"]
+       and
+       following::h4[span/@id="Années_1950"]]
+     /li/i/a') |>
+   html_text2() |> head()
[1] "La Tentation de Barbizon"           "Six Heures à perdre"
[3] "Le Château de la dernière chance" "Dernier Refuge"
[5] "Antoine et Antoinette"             "Croisière pour l'inconnu"
```

## Commentaires

- Permet de se déplacer librement dans l'arbre
- Plus puissant et utile pour toutes les données de type XML.

# SelectorGadget

- Ici encore on pourra utiliser des extensions comme SelectorGadget pour écrire les chemins :

```
> film_LDF |>
+   html_elements(
+     xpath = '//ul[((count(preceding-sibling::*) + 1) = 8)
+     and
+     parent::*)]//li[((count(preceding-sibling::*) + 1) = 1)
+     and
+     parent::*)]//i//a') |>
+   html_text2() |> head()
[1] "La Tentation de Barbizon"
```

## Quai de Grenelle

- On souhaite récupérer les acteurs du film Quai de grenelle  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Quai\\_de\\_Grenelle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Quai_de_Grenelle) :

```
> url_film <- "wiki/Quai_de_Grenelle"  
> url <- str_c(url_wikipedia,url_film)  
> grenelle <- read_html(url)
```

- 44 acteurs à scrapper.
- Ici encore il va falloir inspecter le code html ou utiliser SelectorGadget.

# Avec Xpath

```
> grenelle |>
+   html_elements(xpath = '(
+     //ul[preceding::h2[span/@id="Distribution"]]
+     )[1]/li/a[1]') |>
+   html_text() |> head()
[1] "Henri Vidal"      "Maria Mauban"      "Françoise Arnoul"
[4] "Jean Tissier"      "Robert Dalban"      "Micheline Francey"
```

- `//ul[preceding::h2[span/@id="Distribution"]]` sélectionne tous les `<ul>` dans le sous-arbre qui suivent une balise `<h2>` contenant une balise `<span>` identifiée par le mot-clé `Distribution` ;

# Avec Xpath

```
> grenelle |>
+   html_elements(xpath = '(
+     //ul[preceding::h2[span/@id="Distribution"]]
+     )[1]/li/a[1]') |>
+   html_text() |> head()
[1] "Henri Vidal"      "Maria Mauban"      "Françoise Arnoul"
[4] "Jean Tissier"      "Robert Dalban"      "Micheline Francey"
```

- `//ul[preceding::h2[span/@id="Distribution"]]` sélectionne tous les `<ul>` dans le sous-arbre qui suivent une balise `<h2>` contenant une balise `<span>` identifiée par le mot-clé `Distribution` ;
- Sélection de la **première liste** avec `[1]`

# Avec Xpath

```
> grenelle |>
+   html_elements(xpath = '(
+     //ul[preceding::h2[span/@id="Distribution"]]
+     )[1]/li/a[1]') |>
+   html_text() |> head()
[1] "Henri Vidal"      "Maria Mauban"      "Françoise Arnoul"
[4] "Jean Tissier"      "Robert Dalban"      "Micheline Francey"
```

- `//ul[preceding::h2[span/@id="Distribution"]]` sélectionne tous les `<ul>` dans le sous-arbre qui suivent une balise `<h2>` contenant une balise `<span>` identifiée par le mot-clé `Distribution` ;
- Sélection de la **première liste** avec `[1]`
- puis, dans cette liste, toutes les premières balises `<a>` qui suivent une balise `<li>` avec le code `/li/a[1]`

## Solution SelectorGadget

```
> grenelle |>
+   html_elements(
+     xpath='//*[contains(concat( " ", @class, " " ),
+       concat( " ", "colonnes", " " ))]//a[((count(preceding-sibling::*) + 1)
+       and parent::*)]' ) |>
+   html_text2() |>
+   head()
[1] "Henri Vidal"          "Maria Mauban"        "Françoise Arnoul"
[4] "Jean Tissier"         "Robert Dalban"       "Micheline Francey"
```

# Solutions CSS

- En inspectant le **html** :

```
> grenelle |>
+   html_elements('#mw-content-text >
+                 div.mw-content-ltr.mw-parser-output >
+                 div.colonnes >
+                 div:nth-child(1) >
+                 ul:nth-child(1) > li > a') |>
+   html_text2() |> head(3)
[1] "Henri Vidal"      "Maria Mauban"      "Françoise Arnoul"
```

- Avec **SelectorGadget** :

```
> grenelle |>
+   html_elements('.colonnes a:nth-child(1)') |>
+   html_text2() |>
+   head(3)
[1] "Henri Vidal"      "Maria Mauban"      "Françoise Arnoul"
```

# Web scrapping

---

Solution du problème initial

## Rappel

Quel **acteur** a le plus joué avec **Louis de Funès** dans les années 1950 ?

1. On commence par récupérer la **liste des films** :

```
> url_wikipedia <- "https://fr.wikipedia.org"
> url_de_funes <- "/wiki/Filmographie_de_Louis_de_Funès"
> url <- str_c(url_wikipedia, url_de_funes)
> films_html <- read_html(url)
> films <- films_html |>
+   html_nodes('#mw-content-text > div >
+               ul:nth-of-type(2) > li > i > a') |>
+   htmlAttrs()
> head(films,1)
[[1]]
                                         href                               title
"/wiki/Au_revoir_monsieur_Grock"      "Au revoir monsieur Grock"
```

## 2. Puis la liste des acteurs

```
> liste_acteurs <- tibble()
> for(i in seq_along(films)){
+   titre <- films[[i]][2]
+   url_film <- films[[i]][1]
+   url <- str_c(url_wikipedia, url_film)
+   acteurs_html <- read_html(url)
+   acteurs <- acteurs_html |>
+     html_nodes(xpath = '(
+       //*[@id="mw-content-text"]
+       //ul[preceding::h2[span/@id="Distribution"]])[1]/li/a[1]')
+     |>
+     html_text()
+   liste_acteurs <- bind_rows(liste_acteurs,
+                                tibble(nom = acteurs, titre = titre))
+ }
> head(liste_acteurs, 2)
# A tibble: 2 x 2
  nom      titre
  <chr>    <chr>
1 Grock    Au revoir monsieur Grock
2 Suzy Prim Au revoir monsieur Grock
```

### 3. On répond avec **dplyr**

```
> liste_acteurs |>
+   group_by(nom) |>
+   summarise(n=n()) |>
+   arrange(desc(n)) |>
+   head(4)

# A tibble: 4 x 2
  nom             n
  <chr>        <int>
1 Louis de Funès    82
2 Paul Demange     16
3 Noël Roquevert   14
4 Paul Faivre      14
```

### 3. On répond avec `dplyr`

```
> liste_acteurs |>
+   group_by(nom) |>
+   summarise(n=n()) |>
+   arrange(desc(n)) |>
+   head(4)

# A tibble: 4 x 2
  nom             n
  <chr>        <int>
1 Louis de Funès    82
2 Paul Demange     16
3 Noël Roquevert   14
4 Paul Faivre      14
```

## Réponse

Paul Demange !

# Web scrapping

---

## Les tables html

- Plus simple grâce à la fonction `html_table` :

```
> federer <- read_html("https://fr.wikipedia.org/wiki/Roger_Federer")  
> federer |>  
+   html_table(header=TRUE) |>  
+   pluck(6) |> head()  
  
# A tibble: 6 x 4  
  
Année Tournoi `Adversaire en finale` Score  
<int> <chr> <chr> <chr>  
1 2003 Wimbledon Mark Philippoussis 7-65, 6-2, 7-63  
2 2004 Open d'Australie Marat Safin 7-63, 6-4, 6-3  
3 2004 Wimbledon (2) Andy Roddick 4-6, 7-5, 7-63, 6-4  
4 2004 US Open Lleyton Hewitt 6-0, 7-63, 6-0  
5 2005 Wimbledon (3) Andy Roddick 6-2, 7-62, 6-4  
6 2005 US Open (2) Andre Agassi 6-3, 2-6, 7-61, 6-1
```

# Chemins css et xpath

- **CSS :**

```
> federer |>
+   html_elements('#mw-content-text >
+                 div.mw-content-ltr.mw-parser-output >
+                 table:nth-child(119)') |>
+   html_table(header=TRUE) |> pluck(1)
```

- **xpath :**

```
> federer |>
+   html_elements(xpath = '/html/body/div[2]/div/
+                 div[3]/main/div[3]/div[3]/div[1]/
+                 table[4]) |>
+   html_table(header = TRUE) |> pluck(1)
```

# Web scrapping

---

## Simuler la navigation

- **rvest** permet également de simuler la navigation sur internet.
- La fonction **session** permet de simuler le comportement d'un navigateur web.

```
> url_wiki <- "https://fr.wikipedia.org/"  
> (wiki <- session(url_wiki))  
<session> https://fr.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:Accueil_principal  
  Status: 200  
  Type: text/html; charset=UTF-8  
  Size: 178828
```

## Fonctions session\_jump\_to et session\_back

- session\_jump\_to permet de naviguer vers une URL :

```
> RF <- wiki |> session_jump_to("Roger_Federer")
> RF |> html_elements("h2") |> html_text() |> head(3)
[1] "Sommaire"
[2] "Biographie[modifier | modifier le code]"
[3] "Carrière[modifier | modifier le code]"
```

## Fonctions session\_jump\_to et session\_back

- session\_jump\_to permet de naviguer vers une URL :

```
> RF <- wiki |> session_jump_to("Roger_Federer")
> RF |> html_elements("h2") |> html_text() |> head(3)
[1] "Sommaire"
[2] "Biographie[modifier | modifier le code]"
[3] "Carrière[modifier | modifier le code]"
```

- session\_back simule un click sur le bouton page précédente :

```
> RF |> session_back()
<session> https://fr.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:Accueil_principal
Status: 200
Type: text/html; charset=UTF-8
Size: 178828
```

## Fonction session\_follow\_link

Pour suivre un lien de la page de la session. Le lien peut-être défini par

- un entier qui correspond à l'index du lien dans la session :

```
> RF1 <- RF |> pluck("url") |> session()
> RF1 |> session_follow_link(360)
<session> https://fr.wikipedia.org/wiki/Novak_Djokovic
Status: 200
Type: text/html; charset=UTF-8
Size: 1915826
```

## Fonction session\_follow\_link

Pour suivre un lien de la page de la session. Le lien peut-être défini par

- un entier qui correspond à l'index du lien dans la session :

```
> RF1 <- RF |> pluck("url") |> session()
> RF1 |> session_follow_link(360)
<session> https://fr.wikipedia.org/wiki/Novak_Djokovic
Status: 200
Type: text/html; charset=UTF-8
Size: 1915826
```

- une chaîne de caractères qui correspond au texte affiché entre les balises <a> et </a> :

```
> RF1 |> session_follow_link("Djokovic")
<session> https://fr.wikipedia.org/wiki/Novak_Djokovic
Status: 200
Type: text/html; charset=UTF-8
Size: 1915826
```

- un sélecteur **css** ou **xpath** :

```
> RF1 |> session_follow_link(css='p:nth-child(7) > a:nth-child(6)')
<session> https://fr.wikipedia.org/wiki/Novak_Djokovic
  Status: 200
  Type:   text/html; charset=UTF-8
  Size:   1915826
```

## Visualiser des données

---

# Visualiser des données

---

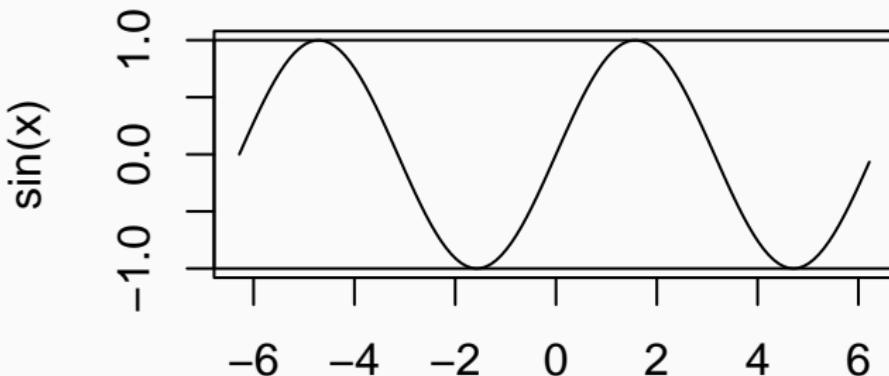
## Graphes conventionnels

- **Visualisation** : cruciale à **toutes les étapes** d'une étude statistique.
- **R** Permet de créer un **très grand nombre** de type de graphes.
- On propose une (courte) présentation des **graphes classiques**,
- suivie par les graphes **ggplot2**.

## La fonction `plot`

- Fonction **générique** pour représenter (presque) **tous les types de données**.
- Pour un **nuage de points**, il suffit de renseigner un **vecteur** pour l'axe des **x**, et un autre vecteur pour celui des **y**.

```
> x <- seq(-2*pi,2*pi,by=0.1)
> plot(x,sin(x),type="l",xlab="x",ylab="sin(x)")
> abline(h=c(-1,1))
```



## Graphes classiques pour visualiser des variables

- Histogramme pour une variable **continue**, diagramme en barre pour une variable **qualitative**.
- Nuage de points pour 2 variables continues.
- Boxplot pour une distribution continue.

# Graphes classiques pour visualiser des variables

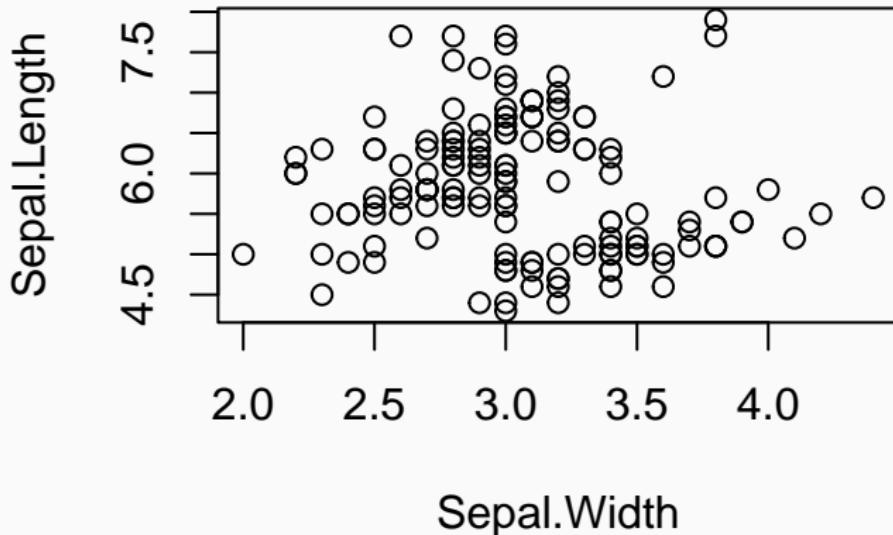
- Histogramme pour une variable **continue**, diagramme en barre pour une variable **qualitative**.
- Nuage de points pour 2 variables continues.
- Boxplot pour une distribution continue.

## Constat (positif)

Il existe une **fonction R** pour toutes les représentations.

## Nuage de points sur un jeu de données

```
> plot(Sepal.Length~Sepal.Width, data=iris)
```

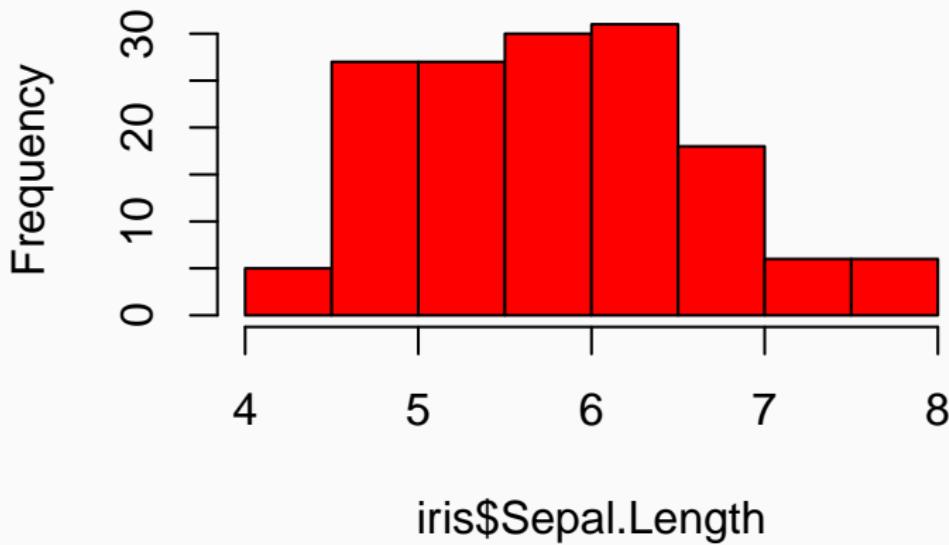


```
> #pareil que  
> plot(iris$Sepal.Width,iris$Sepal.Length)
```

## Histogramme (variable continue)

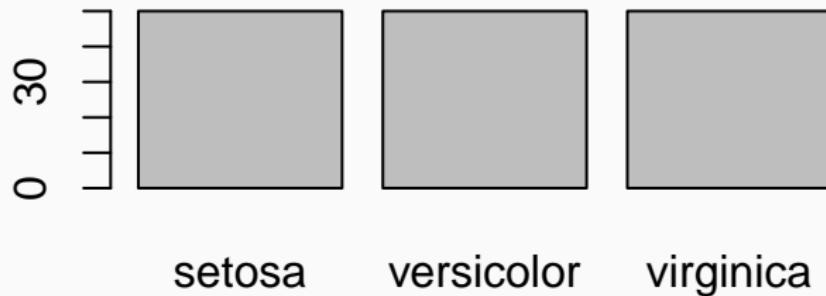
```
> hist(iris$Sepal.Length, col="red")
```

**Histogram of iris\$Sepal.Length**



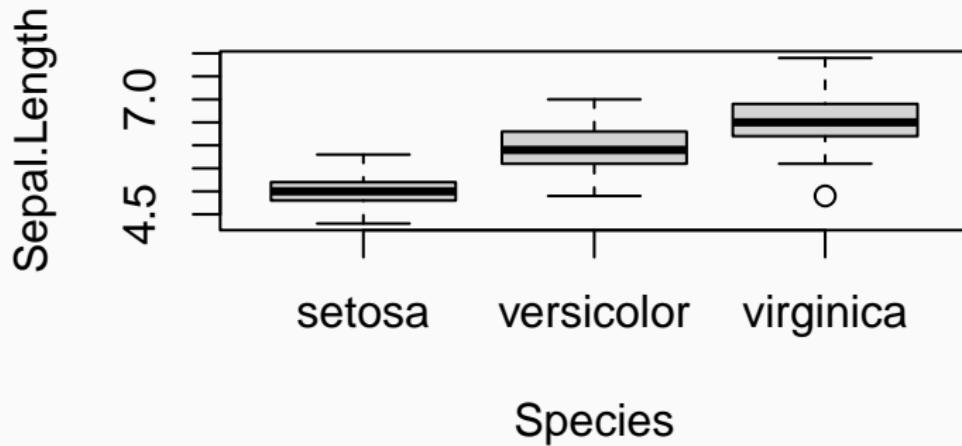
## Diagramme en barres (variable qualitative)

```
> barplot(table(iris$Species))
```



## Boxplot (distribution)

```
> boxplot(Sepal.Length~Species,data=iris)
```



# Visualiser des données

---

## Visualisation avec ggplot2

- `ggplot2` permet de faire des graphes **R** en s'appuyant sur une **grammaire des graphiques** (équivalent de `dplyr` pour manipuler les données).
- Les graphes produits sont **de très bonnes qualités** (pas toujours le cas avec les graphes conventionnels).
- La **grammaire ggplot2** permet d'obtenir des **graphes "complexes"** avec une **syntaxe claire et lisible**.

### Remarque

Aujourd'hui la plupart des **graphes statiques** faits dans les tutoriels, livres, applications... sont faits avec `ggplot2`.

## Assembler des couches

Pour un tableau de données fixé, un graphe est défini comme une succession de **couches**. Il faut toujours spécifier :

- les **données**
- les **variables** à représenter
- le **type de représentation** (nuage de points, boxplot...).

## Assembler des couches

Pour un tableau de données fixé, un graphe est défini comme une succession de **couches**. Il faut toujours spécifier :

- les **données**
- les **variables** à représenter
- le **type de représentation** (nuage de points, boxplot...).

Les graphes ggplot sont construits à partir de ces couches. On indique

- les données avec **ggplot**
- les variables avec **aes** (aesthetics)
- le type de représentation avec **geom\_**

# La grammaire

Les principaux **verbes** sont

- **Data** (ggplot) : les **données**, un **dataframe** ou un **tibble**.

# La grammaire

Les principaux **verbes** sont

- **Data** (`ggplot`) : les **données**, un **dataframe** ou un **tibble**.
- **Aesthetics** (`aes`) : façon dont les **variables** doivent être représentées.

# La grammaire

Les principaux **verbes** sont

- **Data** (`ggplot`) : les **données**, un **dataframe** ou un **tibble**.
- **Aesthetics** (`aes`) : façon dont les **variables** doivent être représentées.
- **Geometrics** (`geom_...`) : **type** de représentation.

# La grammaire

Les principaux **verbes** sont

- **Data** (`ggplot`) : les **données**, un **dataframe** ou un **tibble**.
- **Aesthetics** (`aes`) : façon dont les **variables** doivent être représentées.
- **Geometries** (`geom_...`) : **type** de représentation.
- **Statistics** (`stat_...`) : spécifier les **transformations** des données.

# La grammaire

Les principaux **verbes** sont

- **Data** (`ggplot`) : les **données**, un **dataframe** ou un **tibble**.
- **Aesthetics** (`aes`) : façon dont les **variables** doivent être représentées.
- **Geometries** (`geom_...`) : **type** de représentation.
- **Statistics** (`stat_...`) : spécifier les **transformations** des données.
- **Scales** (`scale_...`) : modifier certains **paramètres du graphe** (changer de couleurs, de taille...).

# La grammaire

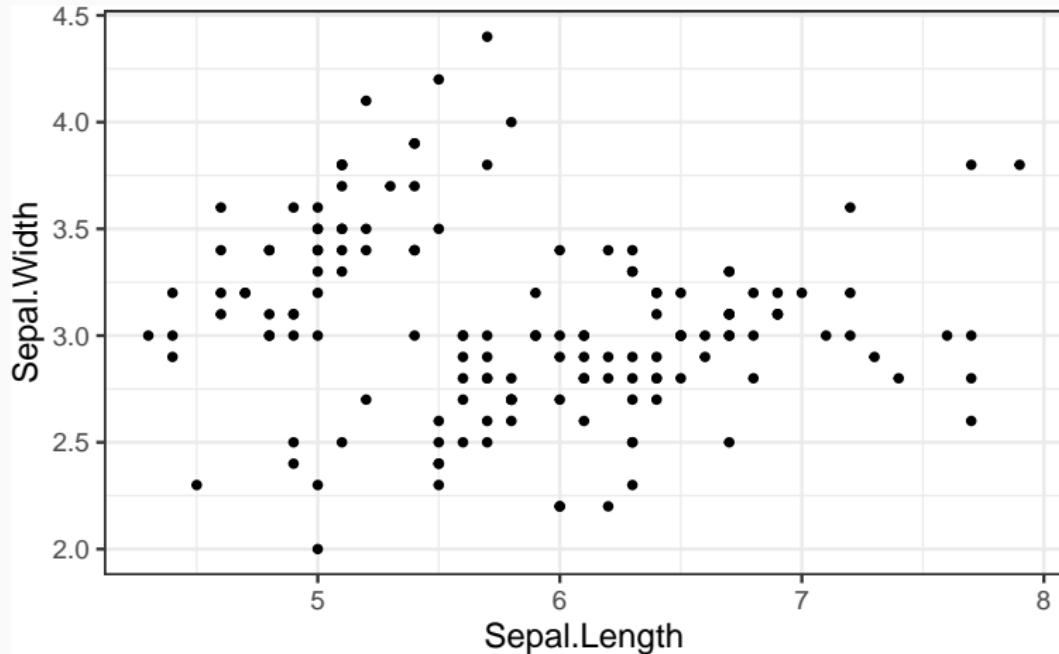
Les principaux **verbes** sont

- **Data** (`ggplot`) : les **données**, un **dataframe** ou un **tibble**.
- **Aesthetics** (`aes`) : façon dont les **variables** doivent être représentées.
- **Geometries** (`geom_...`) : **type** de représentation.
- **Statistics** (`stat_...`) : spécifier les **transformations** des données.
- **Scales** (`scale_...`) : modifier certains **paramètres du graphe** (changer de couleurs, de taille...).

Tous ces éléments sont **séparés par un +**.

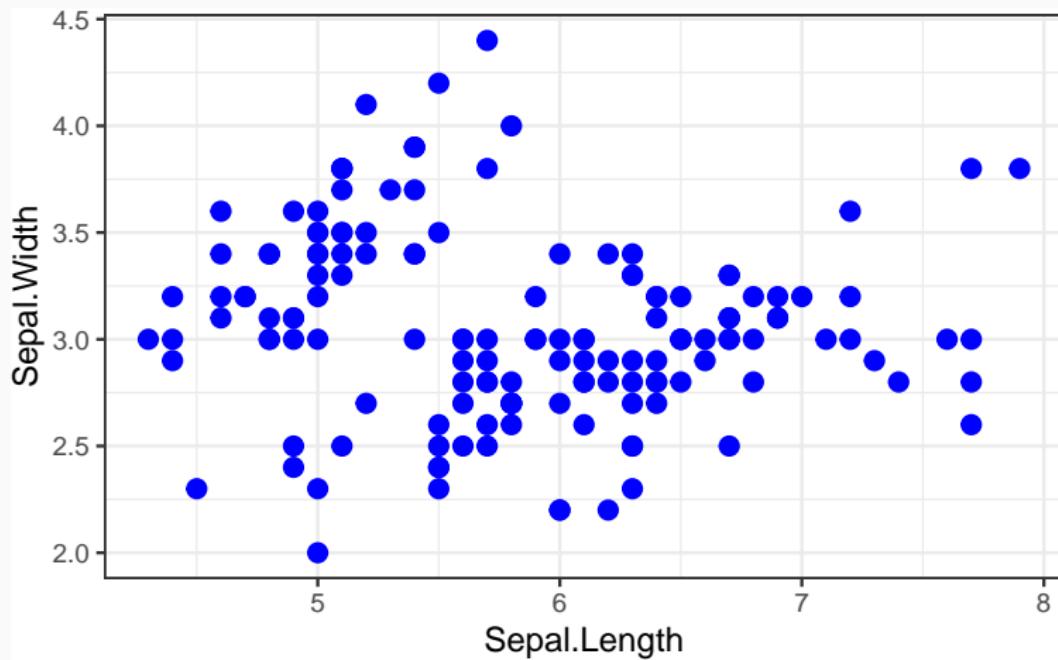
## Un premier exemple

```
> ggplot(iris)+aes(x=Sepal.Length,y=Sepal.Width)+geom_point()
```



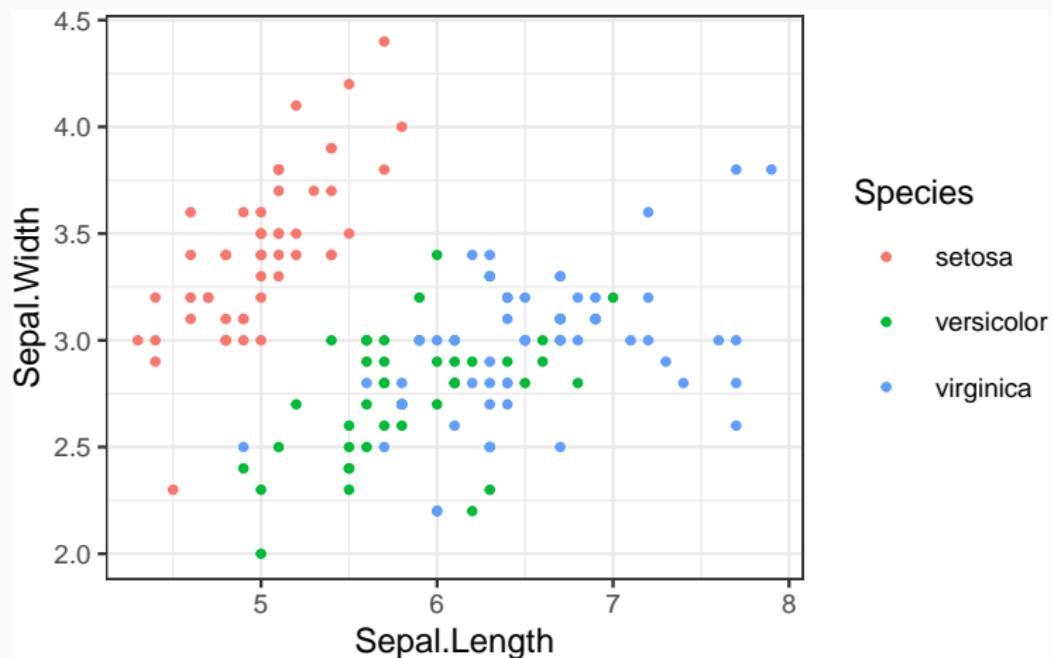
## Couleur et taille

```
> ggplot(iris)+aes(x=Sepal.Length,y=Sepal.Width)+  
+   geom_point(color="blue",size=2)
```



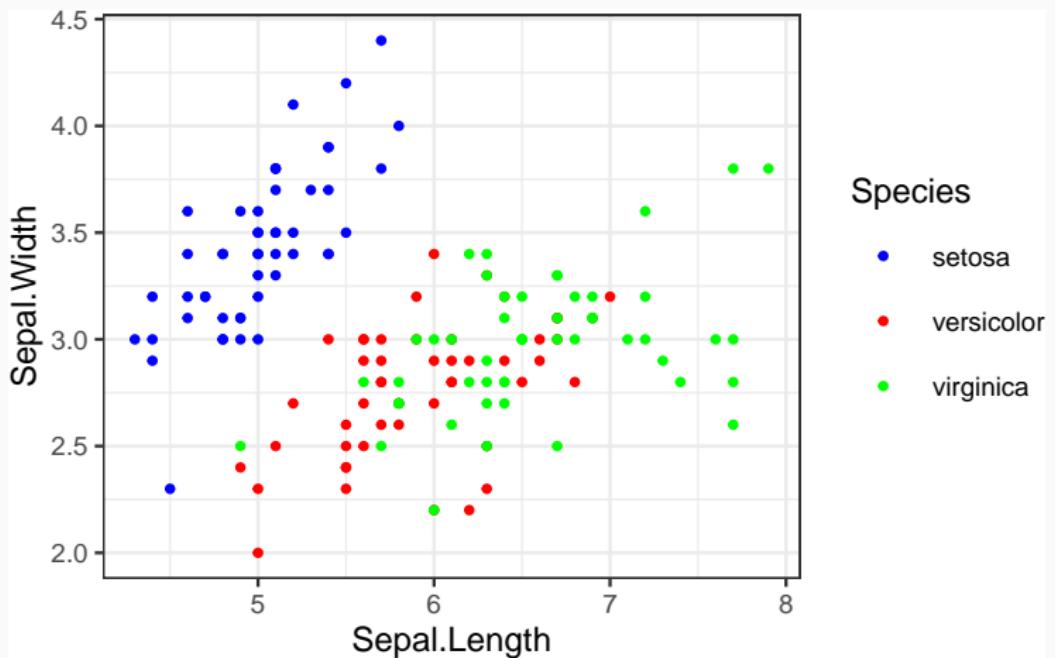
## Couleur avec une variable qualitative

```
> ggplot(iris)+aes(x=Sepal.Length,y=Sepal.Width,  
+                     color=Species)+geom_point()
```



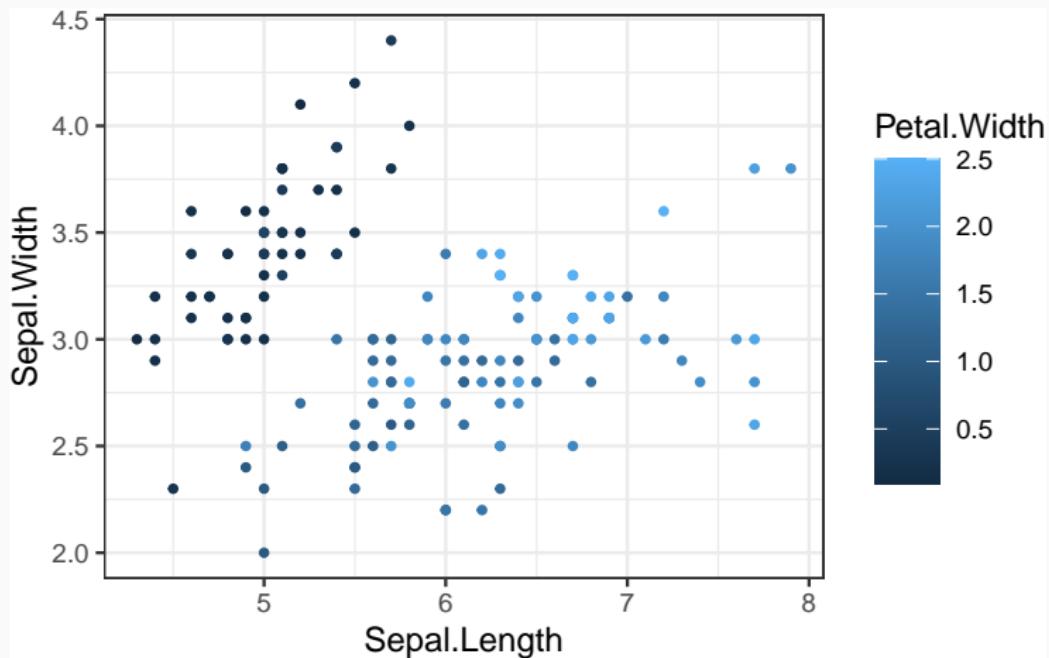
# Changer la couleur

```
> ggplot(iris)+aes(x=Sepal.Length,y=Sepal.Width,  
+                     color=Species)+geom_point()  
+   scale_color_manual(values=c("setosa"="blue","virginica"="green",  
+                           "versicolor"="red"))
```



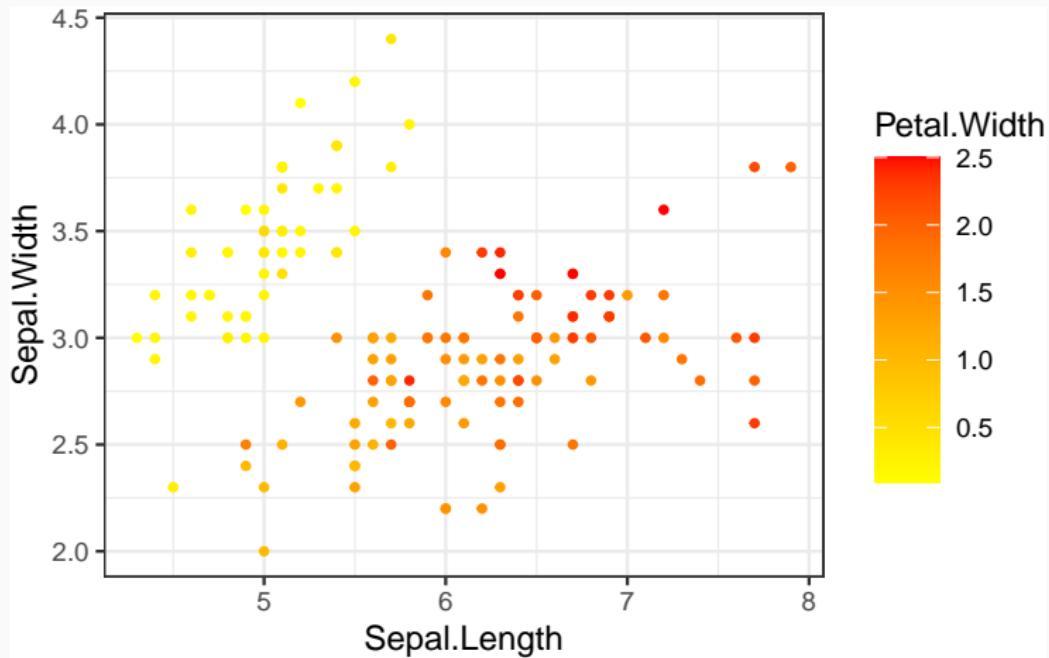
## Couleur avec une variable continue

```
> ggplot(iris)+aes(x=Sepal.Length,y=Sepal.Width,  
+                     color=Petal.Width)+geom_point()
```



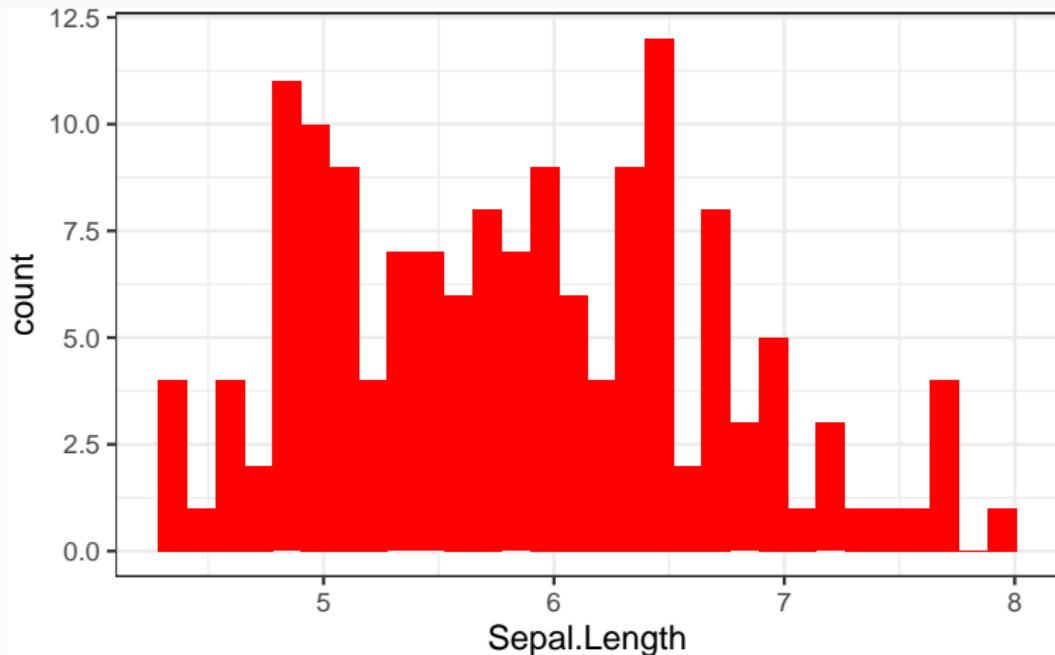
## Changer la couleur

```
> ggplot(iris)+aes(x=Sepal.Length,y=Sepal.Width,  
+                     color=Petal.Width)+geom_point()  
+     scale_color_continuous(low="yellow",high="red")
```



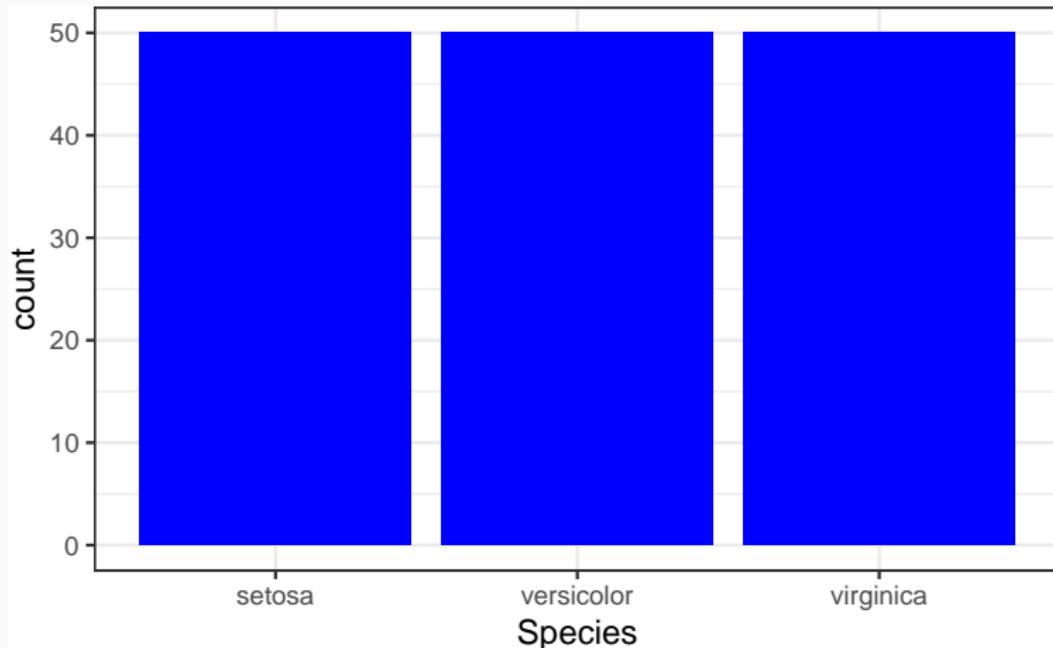
# Histogramme

```
> ggplot(iris)+aes(x=Sepal.Length)+geom_histogram(fill="red")
```



## Diagramme en barres

```
> ggplot(iris)+aes(x=Species)+geom_bar(fill="blue")
```



## Exemples de geom

Geom	Description	Aesthetics
geom_point()	nuage de points	x, y, shape, fill
geom_line()	Ligne (ordonnée selon x)	x, y, linetype
geom_abline()	Ligne	slope, intercept
geom_path()	Ligne (ordonnée par l'index)	x, y, linetype
geom_text()	Texte	x, y, label, hjust, vjust
geom_rect()	Rectangle	xmin, xmax, ymin, ymax, fill, linetype
geom_polygon()	Polygone	x, y, fill, linetype
geom_segment()	Segment	x, y, xend, yend, fill, linetype

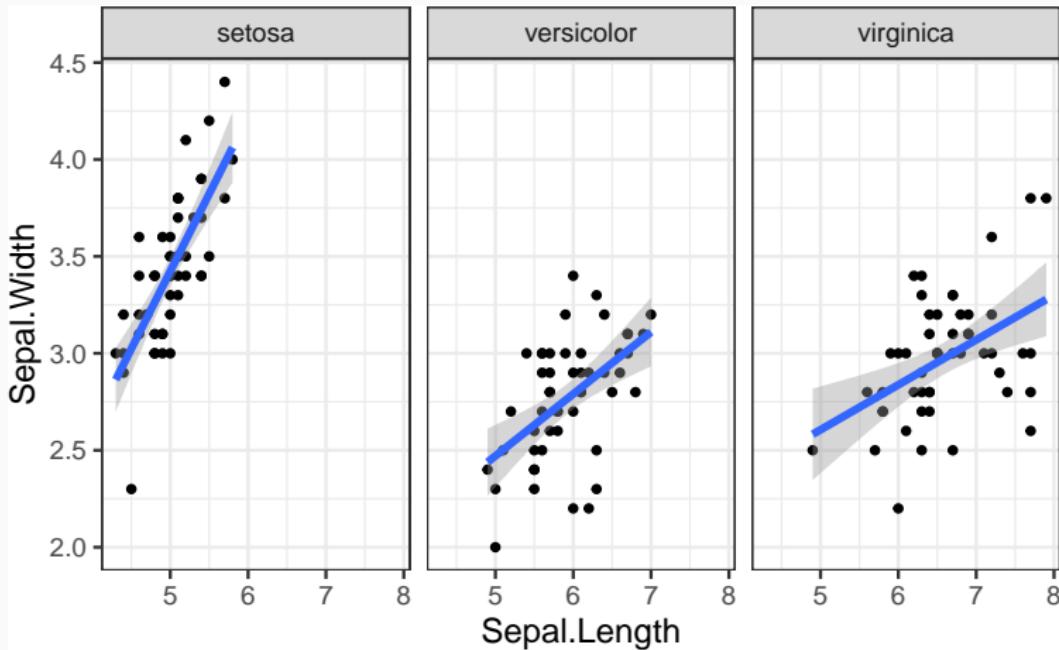
---

Geom	Description	Aesthetics
geom_bar()	Diagramme en barres	x, fill, linetype, weight
geom_histogram()	Histogramme	x, fill, linetype, weight
geom_boxplot()	Boxplot	x, fill, weight
geom_density()	Densité	x, y, fill, linetype
geom_contour()	Lignes de contour	x, y, fill, linetype
geom_smooth()	Lisseur (linéaire ou non linéaire)	x, y, fill, linetype
Tous		color, size, group

---

## Facetting (très pertinent)

```
> ggplot(iris)+aes(x=Sepal.Length,y=Sepal.Width)+geom_point()+
+   geom_smooth(method="lm")+facet_wrap(~Species)
```

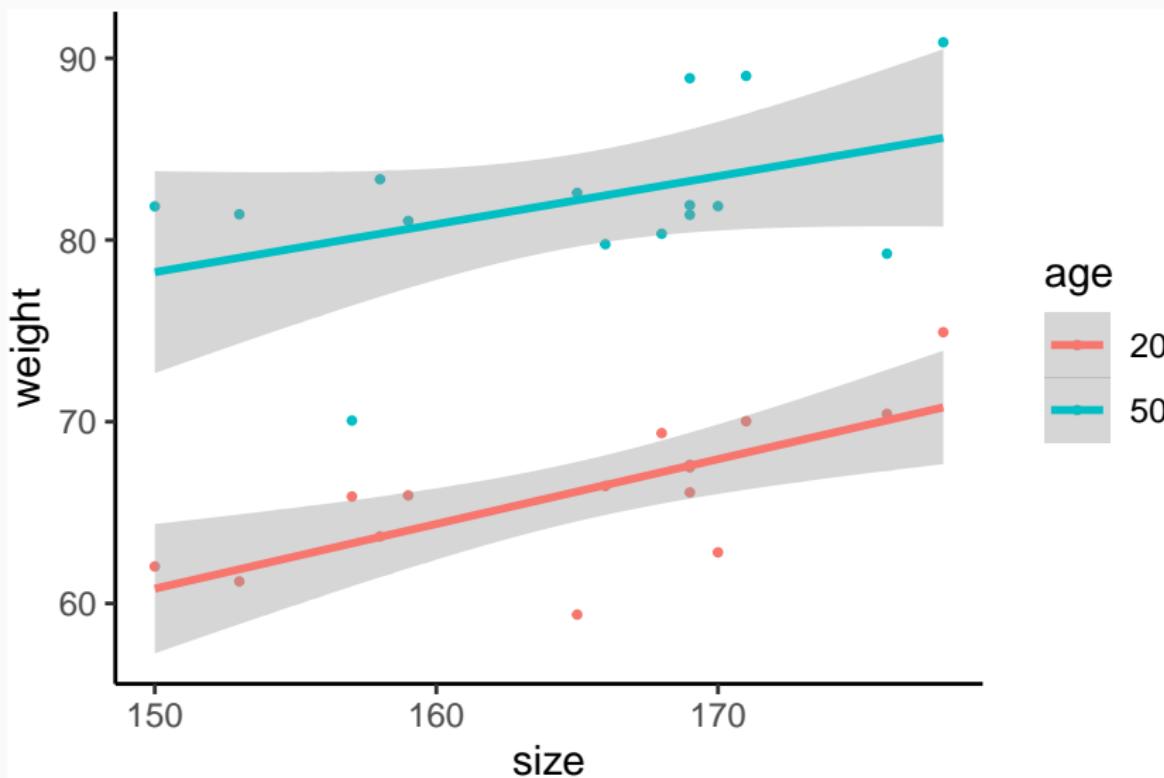


## Combiner ggplot2 et dplyr/tidyr

- Souvent important de construire un bon jeu de données pour obtenir un bon graphe.
- Par exemple

```
> head(df)
# A tibble: 6 x 3
  size weight.20 weight.50
  <dbl>     <dbl>      <dbl>
1   153     61.2      81.4
2   169     67.5      81.4
3   168     69.4      80.3
4   169     66.1      81.9
5   176     70.4      79.2
6   169     67.6      88.9
```

# Objectif



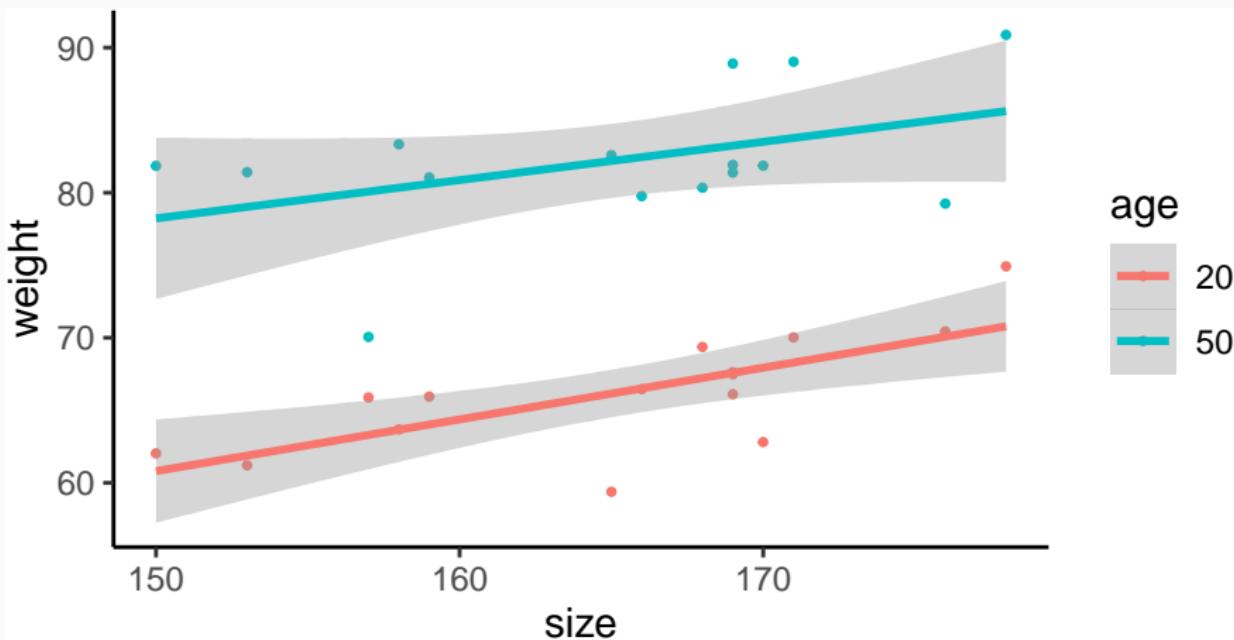
## Etape **tidyR**

- Assembler les colonnes **weight.M** et **weight.W** en une colonne **weight** :

```
> df1 <- df |> pivot_longer(-size, names_to="age", values_to="weight")
> df1 |> head()
# A tibble: 6 x 3
  size     age     weight
  <dbl>   <chr>   <dbl>
1 153    weight.20  61.2 
2 153    weight.50  81.4 
3 169    weight.20  67.5 
4 169    weight.50  81.4 
5 168    weight.20  69.4 
6 168    weight.50  80.3 
> df1 <- df1 |> mutate(age=recode(age,
+   "weight.20"="20", "weight.50"="50"))
```

## Etape ggplot2

```
> ggplot(df1)+aes(x=size,y=weight,color=age)+  
+   geom_point() + geom_smooth(method="lm") + theme_classic()
```



# Statistics

- Certains graphes nécessitent de calculer des **indicateurs** à partir des données.

# Statistics

- Certains graphes nécessitent de calculer des **indicateurs** à partir des données.
- **Exemple de l'histogramme** : compter le nombre d'observations (ou la densité) dans chaque classe.

# Statistics

- Certains graphes nécessitent de calculer des **indicateurs** à partir des données.
- Exemple de l'**histogramme** : compter le nombre d'observations (ou la densité) dans chaque classe.

## Conséquence

geom\_histogram fait appel à la fonction stat\_bin pour calculer ces indicateurs.

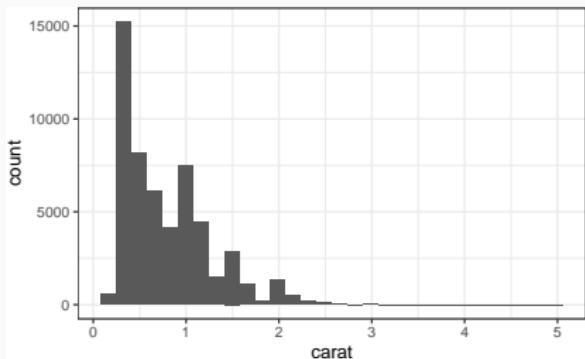
```
> geom_histogram(...,stat = "bin",...)
```

```
help(stat_bin)
Computed variables
count
number of points in bin

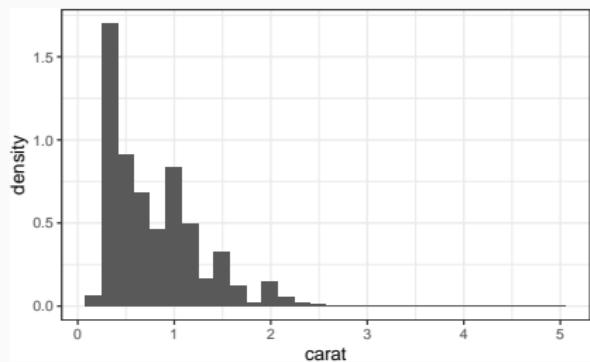
density
density of points in bin, scaled to integrate to 1
```

# Visualiser une autre statistique

```
> ggplot(diamonds)+aes(x=carat)+  
+   geom_histogram()
```



```
> ggplot(diamonds)+  
+   aes(x=carat,y=after_stat(density))  
+   geom_histogram()
```

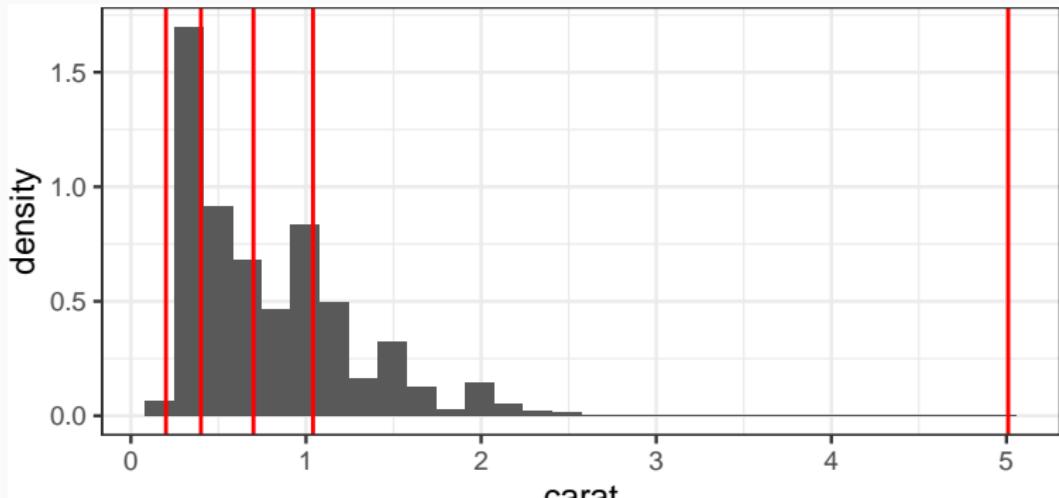


```
> #ou  
> #ggplot(diamonds)+aes(x=carat,  
> #                                     y=..density..  
> #   geom_histogram()
```

## stat\_summary

- D'une façon générale, `stat_summary` permet de calculer n'importe quel indicateur nécessaire au graphe.

```
> ggplot(diamonds)+aes(x=carat)+  
+   geom_histogram(aes(y=after_stat(density)))+  
+   stat_summary(aes(y=0,xintercept=after_stat(x)),  
+                 fun="quantile",geom="vline",  
+                 orientation = "y",color="red")
```

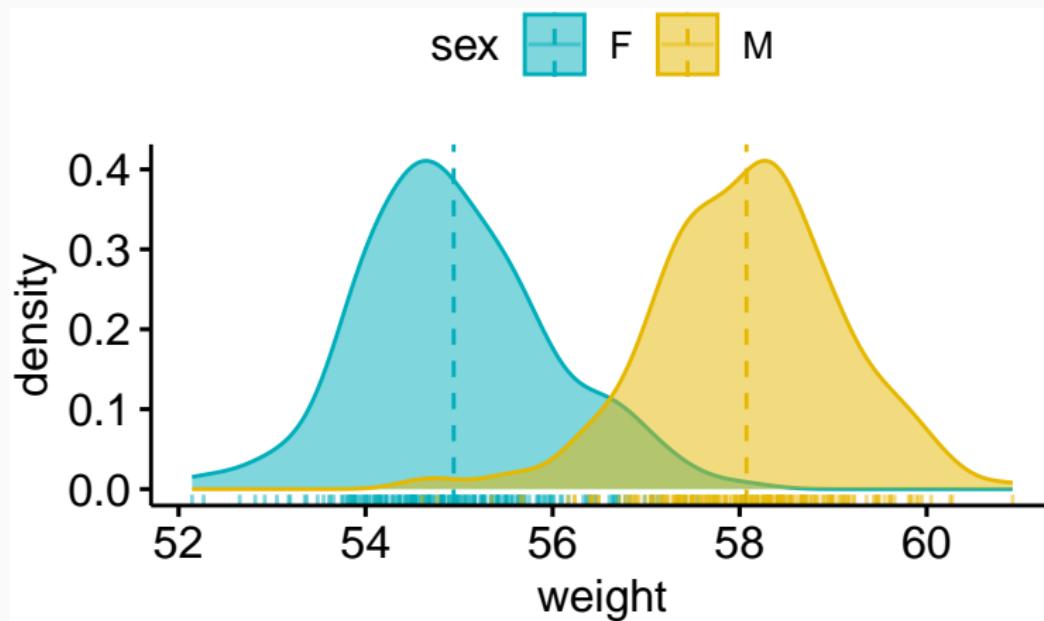


## Compléments ggpubr

- Permet de faire des graphes ggplot relativement simples avec une **syntaxe simplifiée** (notamment sans l'utilisation de aes).
- Voir <https://rpkgs.datanovia.com/ggpubr/>

```
> head(wdata, 4)
   sex    weight
1   F  53.79293
2   F  55.27743
3   F  56.08444
4   F  52.65430
```

```
> library(ggpubr)
> ggdensity(wdata, x = "weight",
+   add = "mean", rug = TRUE,
+   color = "sex", fill = "sex",
+   palette = c("#00AFBB", "#E7B800"))
```



## Compléments : quelques démos

```
> demo(image)
> example(contour)
> demo(persp)
> library("lattice");demo(lattice)
> example(wireframe)
> library("rgl");demo(rgl)
> example(persp3d)
> demo(plotmath);demo(Hershey)
```

## Cartes

---

# Introduction

- De nombreuses applications nécessitent des **cartes** pour **visualiser** des **données** ou les résultats d'un **modèle**.
- De **nombreux packages R** : ggplot2, RgoogleMaps, maps...
- Dans cette partie : **ggplot2**, **sf** (cartes **statiques**) et **leaflet** (cartes **dynamiques**).

# Cartes

---

ggplot2

## Syntaxe

- `ggplot2` permet de récupérer des fonds de carte avec `map_data`

# Syntaxe

- `ggplot2` permet de récupérer des fonds de carte avec `map_data`

```
> fond <- map_data(...)
```

- La syntaxe reste similaire par la suite :

```
> ggplot(fond)+aes(...)
```

- On pourra consulter

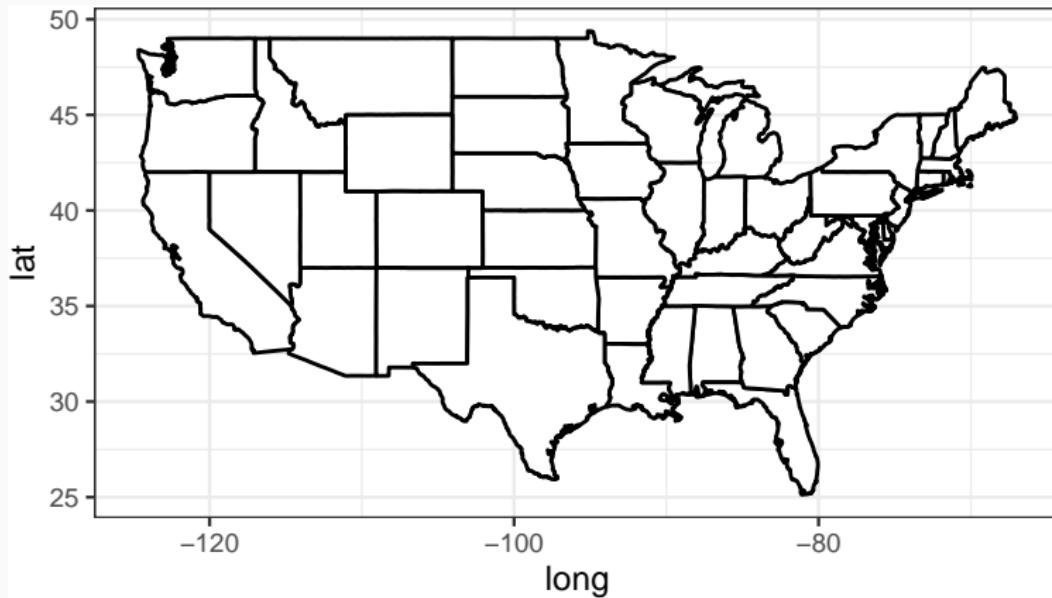
<https://ggplot2-book.org/maps#sec-polygonmaps>

## Fonds de carte map\_data

```
> us <- map_data("state")
> head(us)

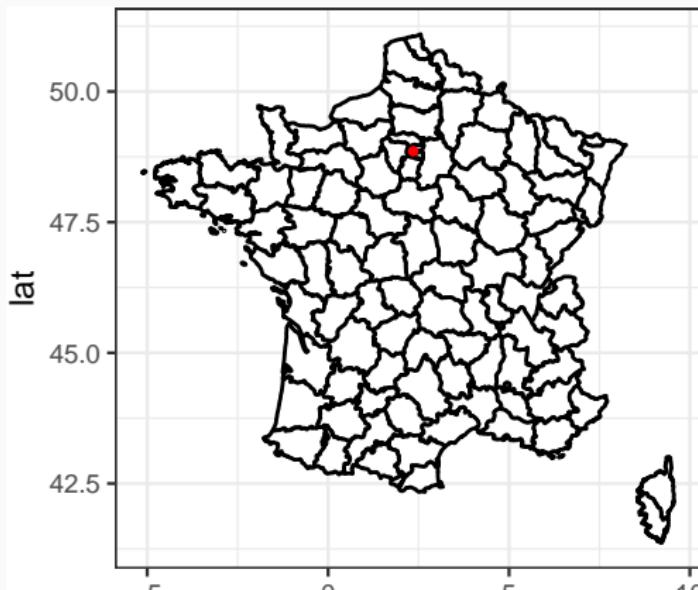
  long      lat group order  region subregion
1 -87.46201 30.38968     1     1 alabama      <NA>
2 -87.48493 30.37249     1     2 alabama      <NA>
3 -87.52503 30.37249     1     3 alabama      <NA>
4 -87.53076 30.33239     1     4 alabama      <NA>
5 -87.57087 30.32665     1     5 alabama      <NA>
6 -87.58806 30.32665     1     6 alabama      <NA>
```

```
> ggplot(us)+aes(x=long,y=lat,group=group)+  
+   geom_polygon(fill="white",color="black")+coord_quickmap()
```



## Ajouts de points

```
> fr <- map_data("france")
> Paris <- tibble(long=2.351499,lat=48.85661)
> ggplot(fr)+aes(x=long,y=lat)+ 
+   geom_polygon(aes(group=group),fill="white",color="black")+
+   geom_point(data=Paris,color="red")+
+   coord_quickmap()
```



# Géolocalisation

- Le package `tidygeocoder` propose de nombreux outils pour géolocaliser des lieux.
- Avec notamment la fonction `geocode` :

```
> library(tidygeocoder)
> tibble(ville=c("Paris","Lyon","Marseille","Rennes")) |>
+   geocode(city=ville)
# A tibble: 4 x 3
  ville      lat  long
  <chr>    <dbl> <dbl>
1 Paris     48.9  2.32
2 Lyon      45.8  4.83
3 Marseille 43.3  5.37
4 Rennes    48.1 -1.68
```

# Cartes

---

Contours shapefile contours avec sf

## Le package sf

- `ggplot2` : bien pour des cartes “simples” (fond et quelques points).
- `Pas suffisant` pour des `représentations plus complexes` (considérer une région comme un individu statistique).

## Le package sf

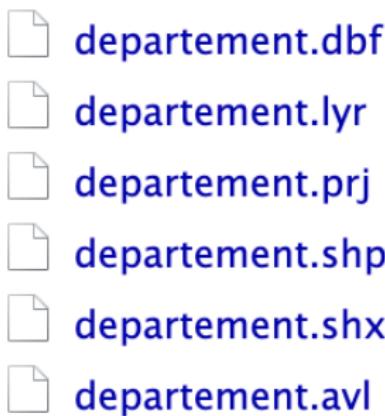
- `ggplot2` : bien pour des cartes “simples” (fond et quelques points).
- Pas suffisant pour des **représentations plus complexes** (considérer une région comme un individu statistique).
- `sf` (**Simple Features**) permet de gérer des **objets spécifiques à la cartographie** : notamment les différents **systèmes de coordonnées** et **leurs projections en 2d** (latitudes-longitudes, World Geodesic System 84...)
- Fonds de carte au format `shapefile` (**contours = polygones**)
- Compatible avec `ggplot2` (verbe `geom_sf`).

# Références

- <https://statnmap.com/fr/2018-07-14-initiation-a-la-cartographie-avec-sf-et-compagnie/>
- Vignettes sur le cran :  
<https://cran.r-project.org/web/packages/sf/index.html>
- Un tutoriel très complet (un peu technique) :  
<https://r-spatial.github.io/sf/articles/>
- Le chapitre <https://ggplot2-book.org/maps#sec-sf>

## Le format shapefile

- Format de fichiers pour les **systèmes d'information géographiques (SIG)**.
- Permet de stocker la **forme**, la **localisation** et les **attributs** d'entités géographiques.
- Stocker sous la forme d'un **ensemble de fichiers**.



## Lire des fichiers shapefile

```
> library(sf)
> dpt <- read_sf("./data/dpt")
> dpt[1:5,3]
Simple feature collection with 5 features and 1 field
Geometry type: MULTIPOLYGON
Dimension:      XY
Bounding box:  xmin: 644570 ymin: 6290136 xmax: 1022851 ymax: 6997000
Projected CRS: RGF93 v1 / Lambert-93
# A tibble: 5 x 2
  NOM_DEPT                         geom
  <chr>                            <MULTIPOLYGON>
1 AIN      (((919195 6541470, 918932 6541203, 918628 6540523,
2 AISNE   (((735603 6861428, 735234 6861392, 734504 6861270,
3 ALLIER  (((753769 6537043, 753554 6537318, 752879 6538099,
4 ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE (((992638 6305621, 992263 6305688, 991610 6306540,
5 HAUTES-ALPES (((1012913 6402904, 1012577 6402759, 1010853 6402904
> class(dpt)
[1] "sf"        "tbl_df"     "tbl"        "data.frame"
```

## Créer un objet sf

```
> fr1 <- fr |>
+   select(long,lat,group) |>
+   group_split(group,.keep = FALSE) |>
+   map(\(x) st_polygon(list(as.matrix(x)))) |>
+   st_sfc(crs=4326)
> fr1
Geometry set for 114 features
Geometry type: POLYGON
Dimension:      XY
Bounding box:  xmin: -5.14209 ymin: 41.366 xmax: 9.562665 ymax: 51.09752
Geodetic CRS:  WGS 84
First 5 geometries:
POLYGON ((2.557093 51.09752, 2.579995 51.00298, ...
POLYGON ((2.105322 51.0086, 2.128859 50.99038, ...
POLYGON ((1.623103 50.37519, 1.680296 50.33755, ...
POLYGON ((3.022496 50.12413, 3.005192 50.13152, ...
POLYGON ((4.220728 49.96117, 4.325155 49.96582, ...
```

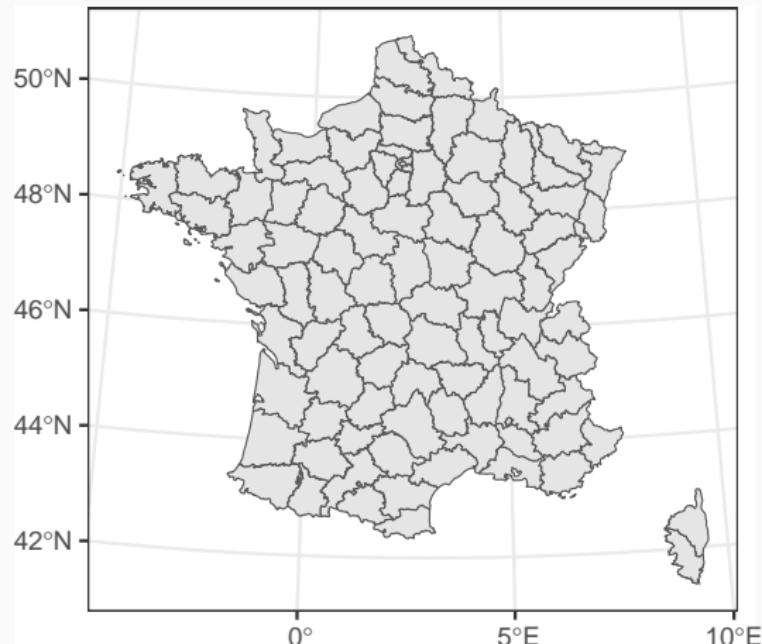
## Visualisation avec plot

```
> plot(st_geometry(dpt))
```



# Visualisation ggplot

```
> ggplot(dpt)+geom_sf()
```



## Ajouter des points sur le graphe

- Définir des coordonnées avec `st_point`

```
> point <- st_sfc(st_point(c(2.351462,48.85670)),  
+                   st_point(c(4.832011,45.75781)),  
+                   st_point(c(5.369953,43.29617)))
```

# Ajouter des points sur le graphe

- Définir des coordonnées avec `st_point`

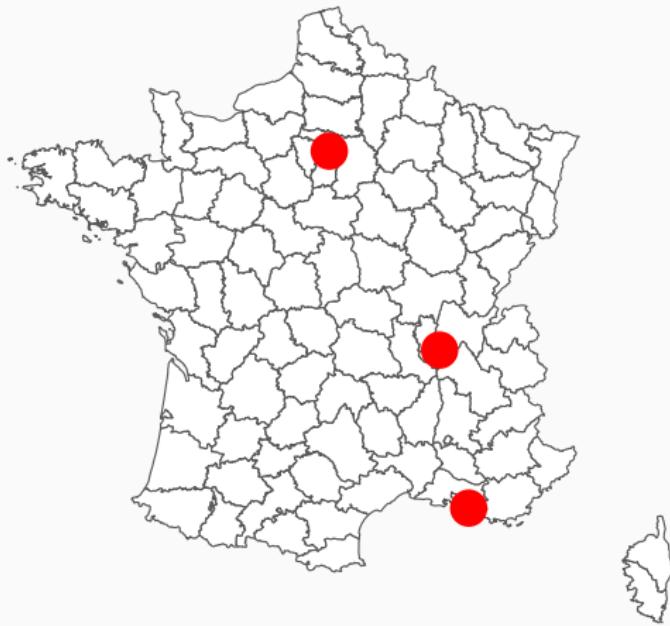
```
> point <- st_sfc(st_point(c(2.351462,48.85670)),  
+                   st_point(c(4.832011,45.75781)),  
+                   st_point(c(5.369953,43.29617)))
```

- Spécifier le **système de coordonnées** (4326 pour lat-lon)

```
> st_crs(point) <- 4326 #coord sont des long/lat  
> point  
Geometry set for 3 features  
Geometry type: POINT  
Dimension:      XY  
Bounding box:   xmin: 2.351462 ymin: 43.29617 xmax: 5.369953 ymax: 48.85670  
Geodetic CRS:   WGS 84  
POINT (2.351462 48.8567)  
POINT (4.832011 45.75781)  
POINT (5.369953 43.29617)
```

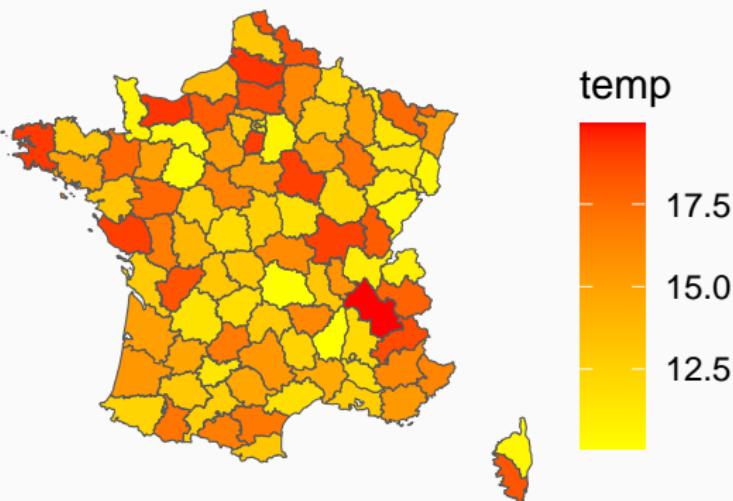
## Étape ggplot

```
> ggplot(dpt) + geom_sf(fill="white")+
+   geom_sf(data=point,color="red",size=4)+theme_void()
```



## Colorier des polygones

```
> set.seed(1234)
> dpt1 <- dpt |> mutate(temp=runif(96,10,20))
> ggplot(dpt1) + geom_sf(aes(fill=temp)) +
+   scale_fill_continuous(low="yellow",high="red")+
+   theme_void()
```



## Compléments : la classe `geometry`

- Une des forces de `sf` est la classe `geometry` qu'il propose.

## Compléments : la classe geometry

- Une des forces de `sf` est la classe `geometry` qu'il propose.
- C'est cette classe qui conduit la représentation avec `plot` ou `geom_sf` :
  - `point` ou `multipoint`  $\Rightarrow$  points pour localiser un lieu
  - `polygon` ou `multipolygon`  $\Rightarrow$  contours pour représenter des frontières.
  - `linestring` ou `multilinestring`  $\Rightarrow$  lignes pour représenter des fleuves, des routes...

## Compléments : la classe geometry

- Une des forces de **sf** est la classe **geometry** qu'il propose.
- C'est cette classe qui conduit la représentation avec **plot** ou **geom\_sf** :
  - **point** ou **multipoint**  $\Rightarrow$  points pour localiser un lieu
  - **polygon** ou **multipolygon**  $\Rightarrow$  contours pour représenter des frontières.
  - **linestring** ou **multilinestring**  $\Rightarrow$  lignes pour représenter des fleuves, des routes...
- Quelques fonctions utiles :
  - **st\_point** et **st\_multipoint** : créer des points ou suite de points
  - **st\_sfc** : créer une liste d'objets **sf**
  - **st\_geometry** : extraire, modifier, remplacer, créer le **geometry** d'un objet
  - **st\_crs** : spécifier le système de coordonnées d'un **geometry**
  - **st\_cast** : transformer le type de **geometry** (passer d'un **MULTIPOINTS** à plusieurs **POINTS** par exemple)
  - ...

# Type POINT

- Crédation d'un objet point

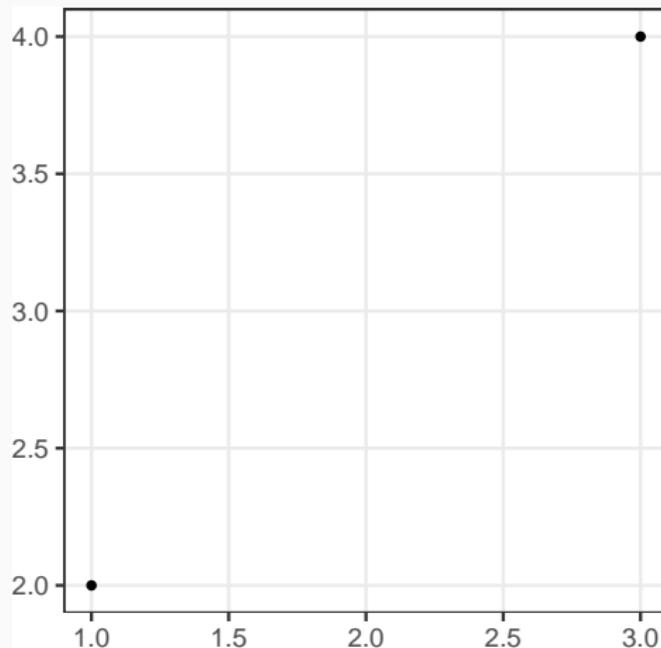
```
> b1 <- st_point(c(3,4))  
> b1  
POINT (3 4)  
> class(b1)  
[1] "XY"     "POINT" "sfg"
```

- Crédation d'un objet sfc (liste avec des caractéristiques géométriques)

```
> b2 <- st_sfc(st_point(c(1,2)),st_point(c(3,4)))  
> b2  
Geometry set for 2 features  
Geometry type: POINT  
Dimension:      XY  
Bounding box:   xmin: 1 ymin: 2 xmax: 3 ymax: 4  
CRS:            NA  
POINT (1 2)  
POINT (3 4)  
> class(b2)
```

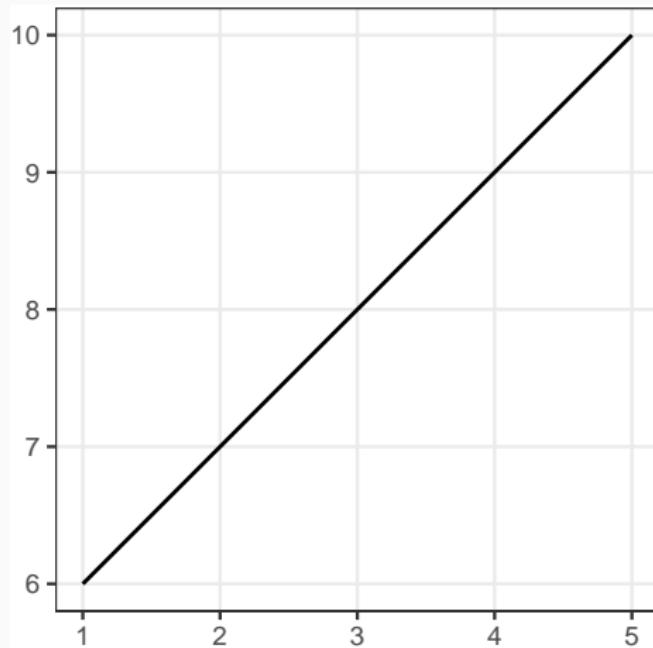
# Visualisation

```
> ggplot(b2)+geom_sf()
```

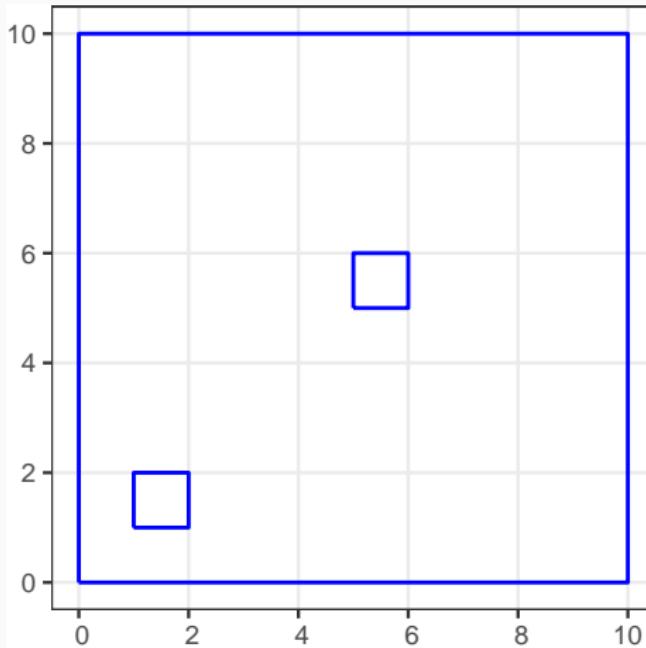


## Type LINESTRING

```
> pts <- matrix(1:10, ncol=2)
> (ls1 = st_linestring(pts))
> ggplot(ls1)+geom_sf()
```

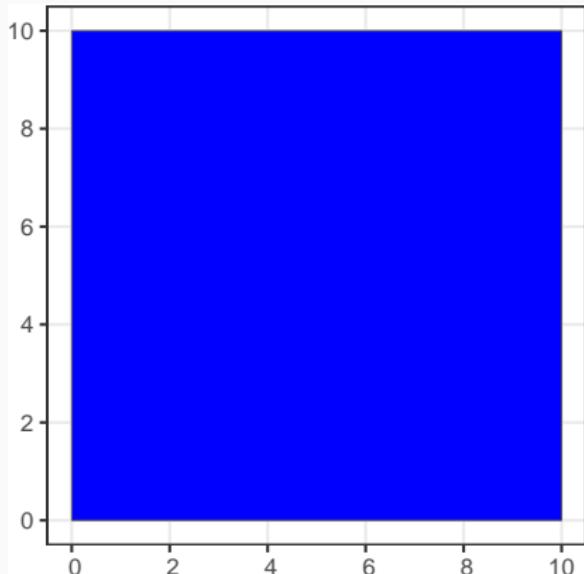


```
> outer <- matrix(c(0,0,10,0,10,10,0,10,0,0), ncol=2, byrow=TRUE)
> hole1 <- matrix(c(1,1,1,2,2,2,2,1,1,1), ncol=2, byrow=TRUE)
> hole2 <- matrix(c(5,5,5,6,6,6,6,5,5,5), ncol=2, byrow=TRUE)
> pts <- list(outer, hole1, hole2)
> (ml1 <- st_multilinestring(pts))
> ggplot(ml1)+geom_sf(color="blue")
```

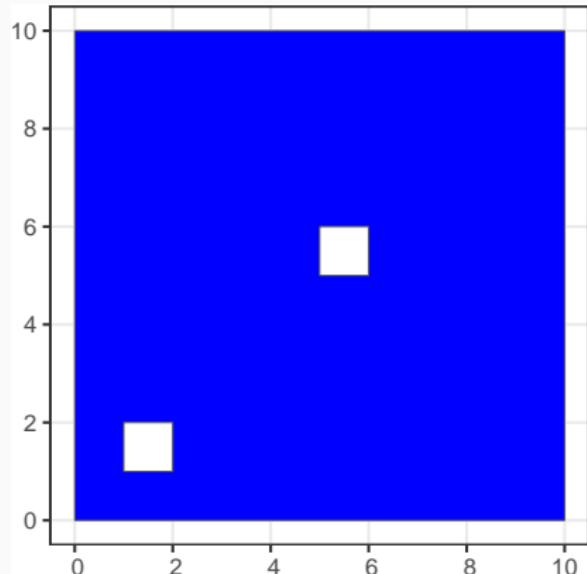


# Type POLYGON

```
> pl1 <- st_polygon(list(outer))  
> ggplot(pl1)+geom_sf(fill="blue")
```



```
> pl2 <- st_polygon(pts)  
> ggplot(pl2)+geom_sf(fill="blue")
```



- Extraction, ajout, remplacement d'un **geometry**

```
> class(dpt)
[1] "sf"          "tbl_df"       "tbl"          "data.frame"
> b3 <- st_geometry(dpt)
> b3
Geometry set for 96 features
Geometry type: MULTIPOLYGON
Dimension:      XY
Bounding box:  xmin: 99226 ymin: 6049647 xmax: 1242375 ymax: 7110524
Projected CRS: RGF93 v1 / Lambert-93
First 5 geometries:
MULTIPOLYGON (((919195 6541470, 918932 6541203, ...
MULTIPOLYGON (((735603 6861428, 735234 6861392, ...
MULTIPOLYGON (((753769 6537043, 753554 6537318, ...
MULTIPOLYGON (((992638 6305621, 992263 6305688, ...
MULTIPOLYGON (((1012913 6402904, 1012577 640275...
> class(b3)
[1] "sfc_MULTIPOLYGON" "sfc"
```

## Fonction st\_as\_sf

```
> tibble(ville=c("Paris", "Lyon", "Marseille", "Rennes")) |>  
+   geocode(city=ville) |>  
+   st_as_sf(coords=c("long", "lat")) |>  
+   st_set_crs(4326)
```

Passing 4 addresses to the Nominatim single address geocoder

Query completed in: 4 seconds

Simple feature collection with 4 features and 1 field

Geometry type: POINT

Dimension: XY

Bounding box: xmin: -1.68002 ymin: 43.29617 xmax: 5.369952 ymax: 48.85889

Geodetic CRS: WGS 84

# A tibble: 4 x 2

	ville	geometry
*	<code>chr</code>	<code>POINT [°]</code>
1	Paris	(2.320041 48.85889)
2	Lyon	(4.832011 45.75781)
3	Marseille	(5.369953 43.29617)
4	Rennes	(-1.68002 48.11134)

# Cartes

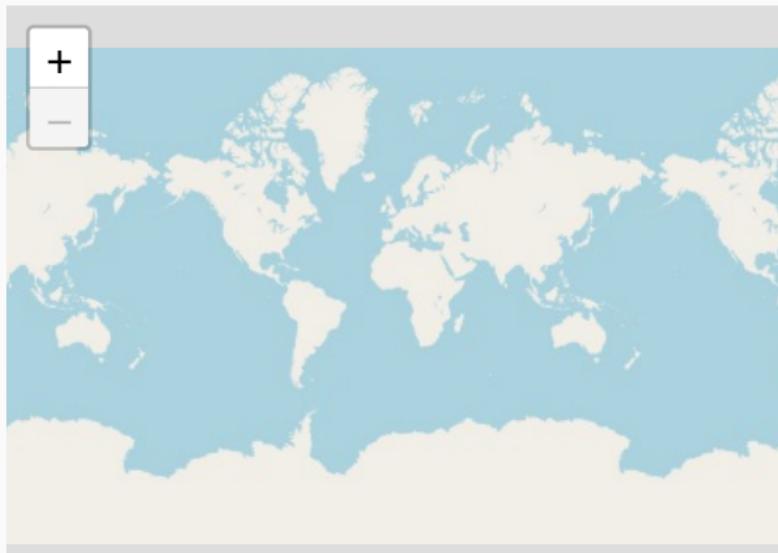
---

Cartes interactives avec leaflet

## Fonds de carte

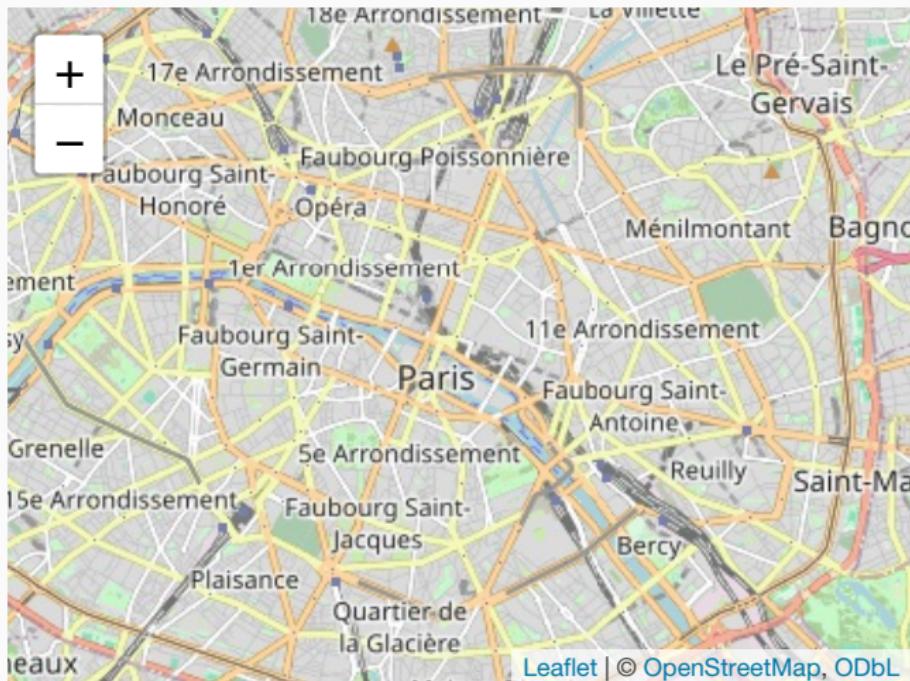
- Leaflet est une des librairies open-source JavaScript les plus populaires pour faire des cartes interactives.
- Documentation: <https://rstudio.github.io/leaflet/>

```
> library(leaflet)  
> leaflet() |> addTiles()
```



# Différents styles de fonds de carte

```
> Paris <- c(2.35222,48.856614)  
> leaflet() |> addTiles() |>  
+   setView(lng = Paris[1], lat = Paris[2],zoom=12)
```



```
> leaflet() |>  
+   addProviderTiles(providers$Esri.NatGeoWorldMap) |>  
+   setView(lng = Paris[1], lat = Paris[2], zoom = 12)
```



# Avec des données

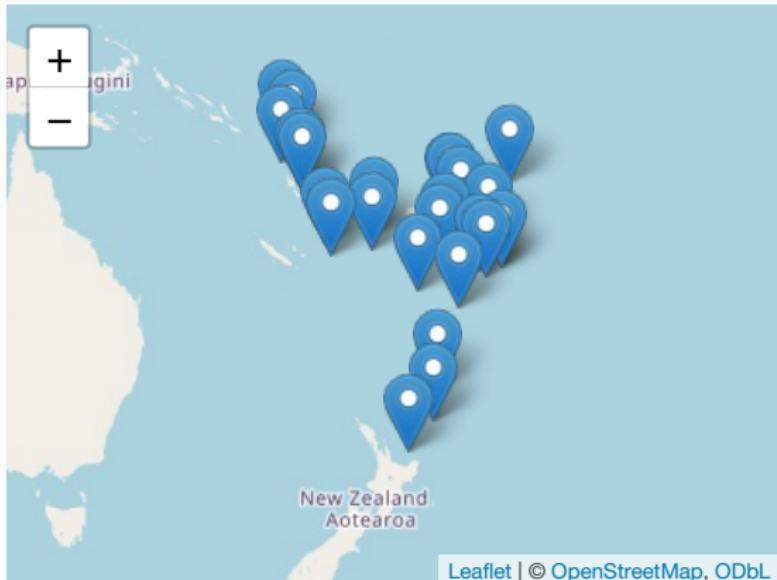
- Localiser 1000 séismes près des Fiji

```
> data(quakes)
> head(quakes)

  lat    long depth mag stations
1 -20.42 181.62   562 4.8      41
2 -20.62 181.03   650 4.2      15
3 -26.00 184.10    42 5.4      43
4 -17.97 181.66   626 4.1      19
5 -20.42 181.96   649 4.0      11
6 -19.68 184.31   195 4.0      12
```

# Séismes avec une magnitude plus grande que 5.5

```
> quakes1 <- quakes |> filter(mag>5.5)
> leaflet(data = quakes1) |> addTiles() |>
+   addMarkers(~long, ~lat, popup = ~as.character(mag))
```



## Remarque

La magnitude apparaît lorsqu'on clique sur un marker.

## addCircleMarkers

```
> leaflet(data = quakes1) |> addTiles() |>  
+   addCircleMarkers(~long, ~lat, popup=~as.character(mag),  
+                     radius=3,fillOpacity = 0.8,color="red")
```

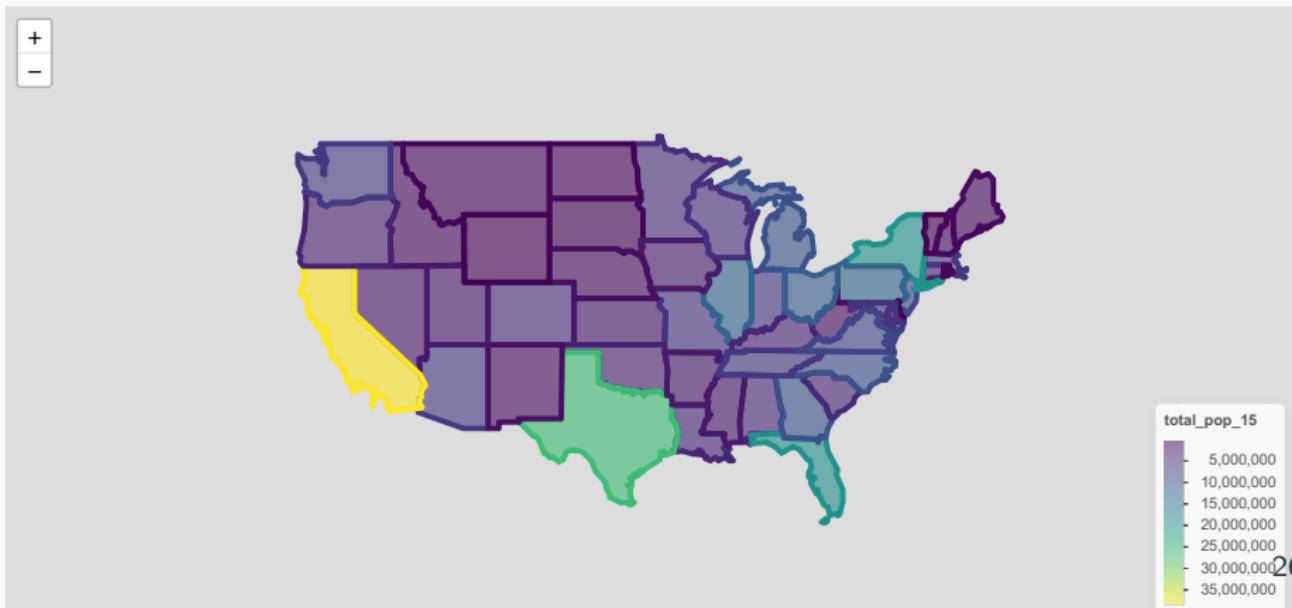


# Des polygones utilisant sf

```
> states <- spData::us_states
> states
Simple feature collection with 49 features and 6 fields
Geometry type: MULTIPOLYGON
Dimension:      XY
Bounding box:   xmin: -124.7042 ymin: 24.55868 xmax: -66.9824 ymax: 49.38436
Geodetic CRS:   NAD83
First 10 features:
#> #> #> #> #> #> #> #> #> #>
#> #> #> #> #> #> #> #> #> #>
#> #> #> #> #> #> #> #> #> #>
#> #> #> #> #> #> #> #> #> #>
#> #> #> #> #> #> #> #> #> #>
#> #> #> #> #> #> #> #> #> #>
#> #> #> #> #> #> #> #> #> #>
#> #> #> #> #> #> #> #> #> #>
#> #> #> #> #> #> #> #> #> #>
```

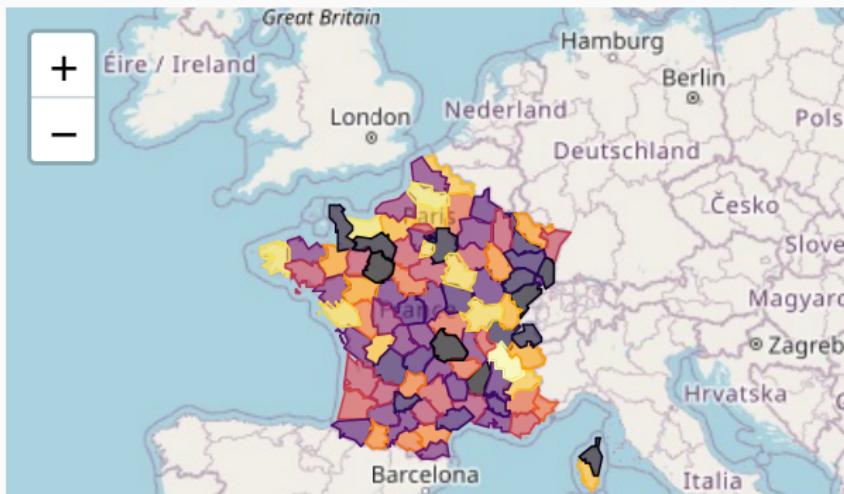
	GEOID	NAME	REGION	AREA	total_pop_10	total_pop_15
1	01	Alabama	South	133709.27 [km <sup>2</sup> ]	4712651	4830620
2	04	Arizona	West	295281.25 [km <sup>2</sup> ]	6246816	6641928
3	08	Colorado	West	269573.06 [km <sup>2</sup> ]	4887061	5278906
4	09	Connecticut	Northeast	12976.59 [km <sup>2</sup> ]	3545837	3593222
5	12	Florida	South	151052.01 [km <sup>2</sup> ]	18511620	19645772
6	13	Georgia	South	152725.21 [km <sup>2</sup> ]	9468815	10006693
7	16	Idaho	West	216512.66 [km <sup>2</sup> ]	1526797	1616547
8	18	Indiana	Midwest	93648.40 [km <sup>2</sup> ]	6417398	6568645
9	20	Kansas	Midwest	213037.08 [km <sup>2</sup> ]	2809329	2892987
10	22	Louisiana	South	122345.76 [km <sup>2</sup> ]	4429940	4625253

```
> pal1 <- colorNumeric(palette = c("viridis"), domain = states$total_pop_15)
> leaflet(states) |>
+   addPolygons(color=~pal1(total_pop_15),
+               popup=~str_c(as.character(NAME),
+                            as.character(total_pop_15),sep=" : "),
+               fillOpacity = 0.6,
+               opacity = 1) |>
+   addLegend(pal=pal1,value=~total_pop_15,position="bottomright")
```



# L'exemple des températures

```
> dpt2 <- st_transform(dpt1,crs=4326)
> pal2 <- colorNumeric(palette = c("inferno"),domain = dpt2$temp)
> leaflet() |> addTiles() |>
+   addPolygons(data = dpt2,color=~pal2(temp),fillOpacity = 0.6,
+               stroke = TRUE,weight=1,
+               popup=~paste(as.character(NOM_DEPT),
+                           as.character(temp),sep=" : "),
+               opacity = 1)
```



# Cartes

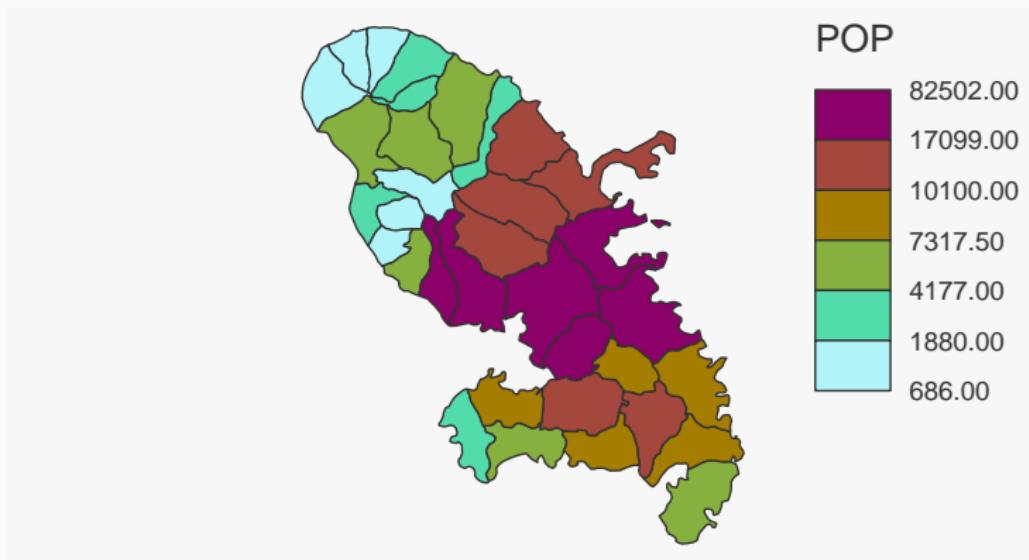
---

Autres packages carto

## mapsf

```
> library(mapsf)
> mtq <- mf_get_mtq()
> mtq |> select(3,4,8) |> head()
Simple feature collection with 6 features and 2 fields
Geometry type: MULTIPOLYGON
Dimension:      XY
Bounding box:  xmin: 695444 ymin: 1598818 xmax: 717731 ymax: 1645182
Projected CRS: WGS 84 / UTM zone 20N
  LIBGEO  POP          geom
1 L'Ajoupa-Bouillon 1902 MULTIPOLYGON (((699261 1637...
2 Les Anses-d'Arlet 3737 MULTIPOLYGON (((709840 1599...
3     Basse-Pointe 3357 MULTIPOLYGON (((697602 1638...
4       Le Carbet 3683 MULTIPOLYGON (((702229 1628...
5     Case-Pilote 4458 MULTIPOLYGON (((698805 1621...
6      Le Diamant 5976 MULTIPOLYGON (((709840 1599...
```

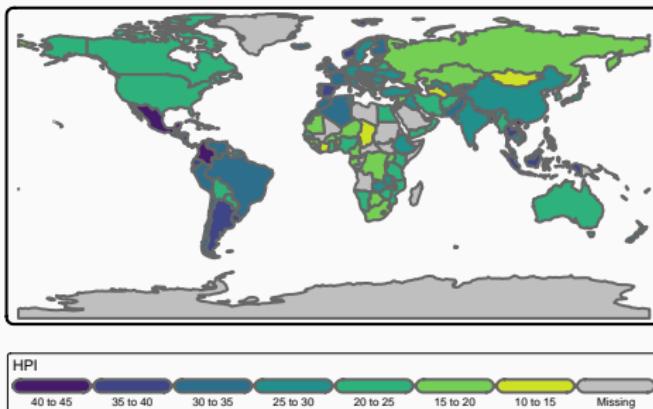
```
> #hcl.pals(type="sequential")
> mf_map(x=mtq,var="POP",type="choro",pal="Hawaii")
```



# tmap

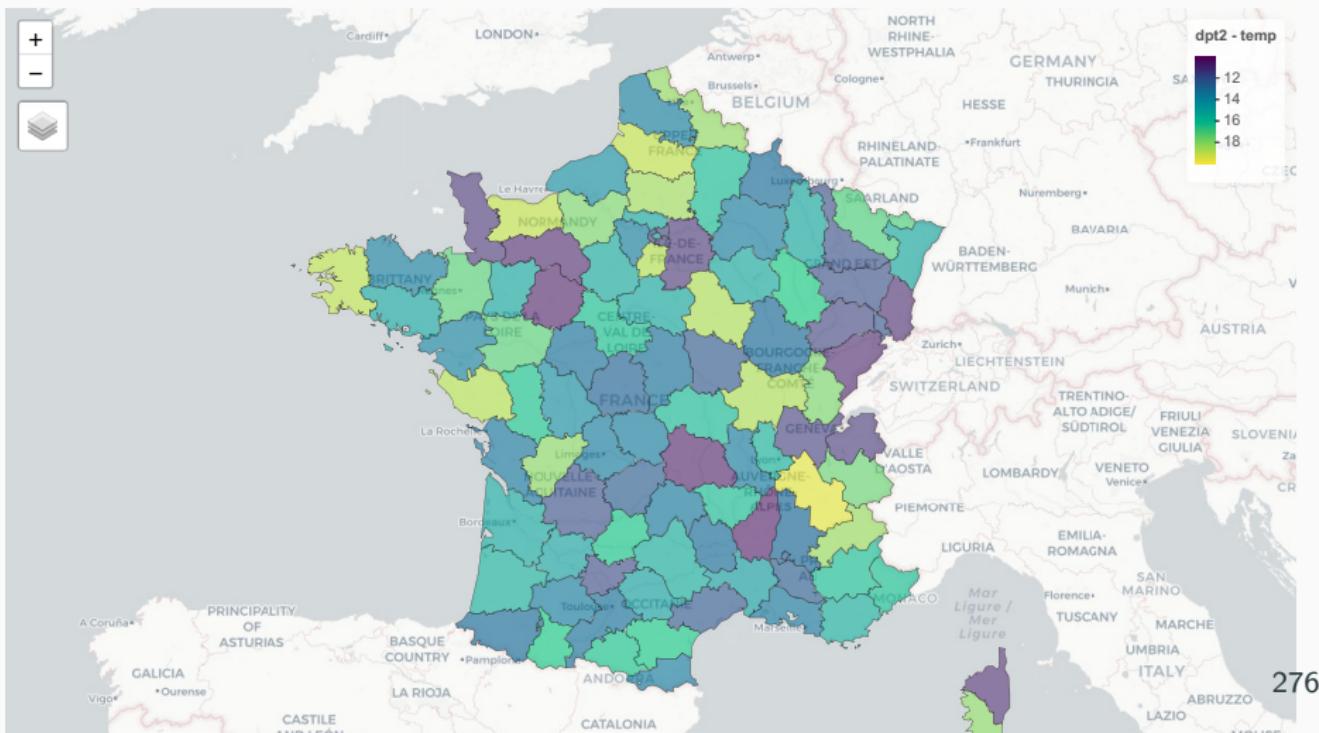
```
> library(tmap)
> #tmap_mode("view")
> data("World")
> World |> select(2,15,16) |> head()
Simple feature collection with 6 features and 2 fields
Geometry type: MULTIPOLYGON
Dimension:      XY
Bounding box:   xmin: -73.41544 ymin: -55.25 xmax: 75.15803 ymax: 42.68825
Geodetic CRS:   WGS 84
  name      HPI           geometry
1 Afghanistan 20.22535 MULTIPOLYGON (((61.21082 35...
2 Angola       NA MULTIPOLYGON (((16.32653 -5...
3 Albania      36.76687 MULTIPOLYGON (((20.59025 41...
4 United Arab Emirates NA MULTIPOLYGON (((51.57952 24...
5 Argentina    35.19024 MULTIPOLYGON ((( -65.5 -55.2...
6 Armenia      25.66642 MULTIPOLYGON (((43.58275 41...
```

```
> tm_shape(World) +  
+   tm_polygons("HPI",  
+                 palette="viridis",  
+                 legend.is.portrait=FALSE,  
+                 legend.reverse=TRUE)
```



# mapview

```
> library(mapview)  
> mapview(dpt2, zcol="temp",  
+         popup=leafpop::popupTable(dpt2, zcol = c("NOM_DEPT", "temp")))
```



# Références

- **mapsf** :  
<https://cran.r-project.org/web/packages/mapsf/vignettes/mapsf.html>
- **tmap** : <https://cran.r-project.org/web/packages/tmap/vignettes/tmap-getstarted.html>
- **Tutoriel thinkr** :
  - <https://thinkr.fr/cartographie-interactive-comment-visualiser-mes-donnees-spatiales-de-maniere-dynamique-avec-leaflet/>
  - <https://thinkr.fr/cartographie-interactive-avec-r-la-suite/>

## Quelques outils de visualisation dynamiques

---

## Des packages R

- Graphiques classiques avec `rAmCharts`, `plotly` et `ggiraph`.
- Graphes avec `visNetwork`.
- Tableaux de bord avec `flexdashboard`.

## Quelques outils de visualisation dynamiques

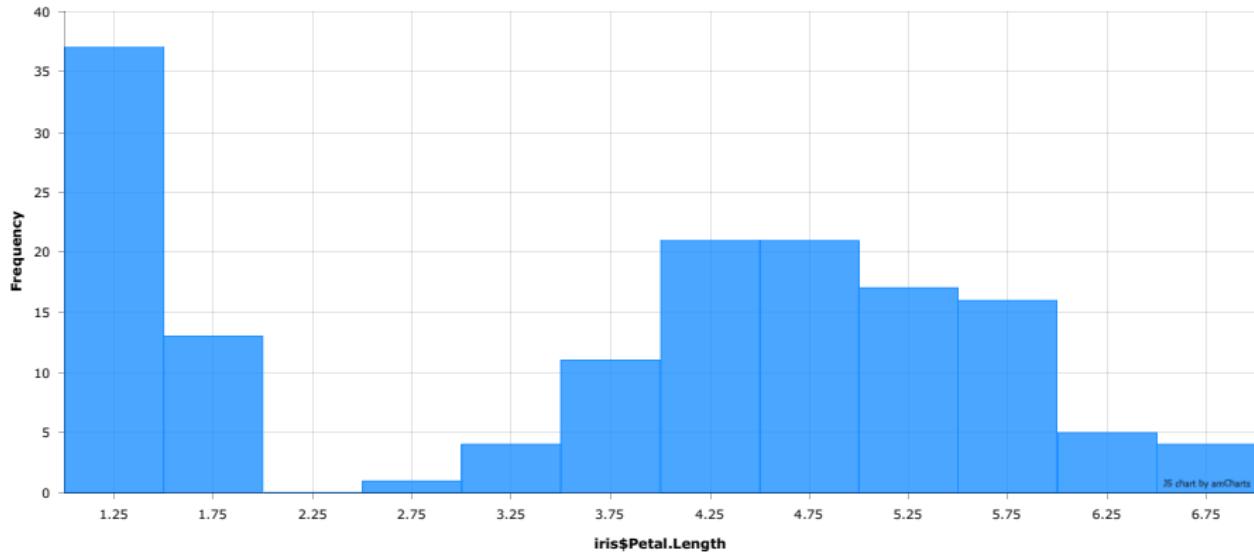
---

rAmCharts, plotly et ggiraph

- **User-friendly** pour des graphes standards (nuages de points, séries chronologiques, histogrammes...).
- Il suffit d'utiliser la fonction **R** classique avec le préfixe **prefix am**.
- **Exemples** : **amPlot**, **amHist**, **amBoxplot**.
- **Références** :  
[https://datastorm-open.github.io/introduction\\_ramcharts/](https://datastorm-open.github.io/introduction_ramcharts/)

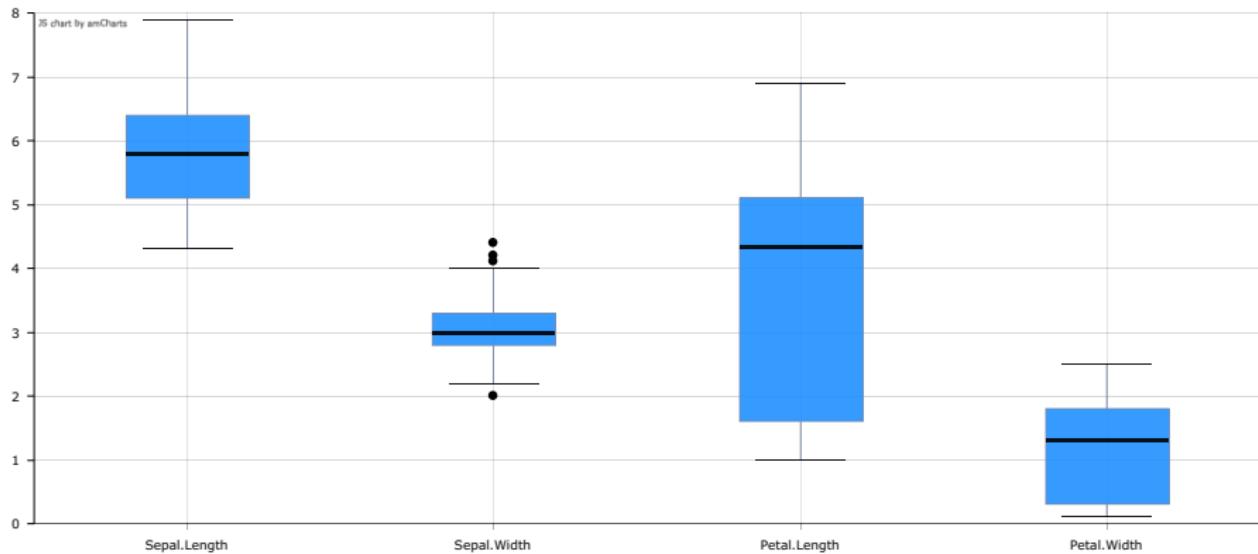
# rAmCharts Histogramme

```
> library(rAmCharts)
> amHist(iris$Petal.Length)
```



# rAmcharts Boxplot

```
> amBoxplot(iris)
```

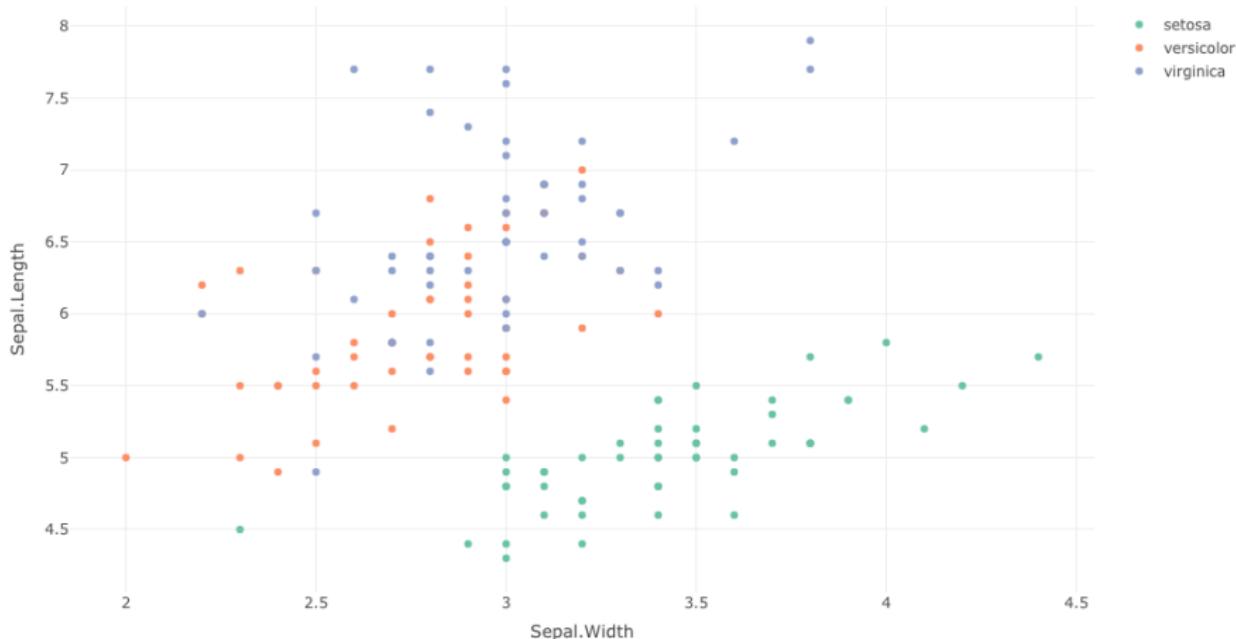


# Plotly

- Package **R** pour créer des **graphes dynamiques** à partir de la librairie open source **Javascript plotly.js**.
- La syntaxe se décompose en **3 parties** :
  - données et variables (**plot\_ly**) ;
  - type de représentation (**add\_trace, add\_markers...**) ;
  - options (**axes, titres...**) (**layout**).
- Références: <https://plot.ly/r/reference/>

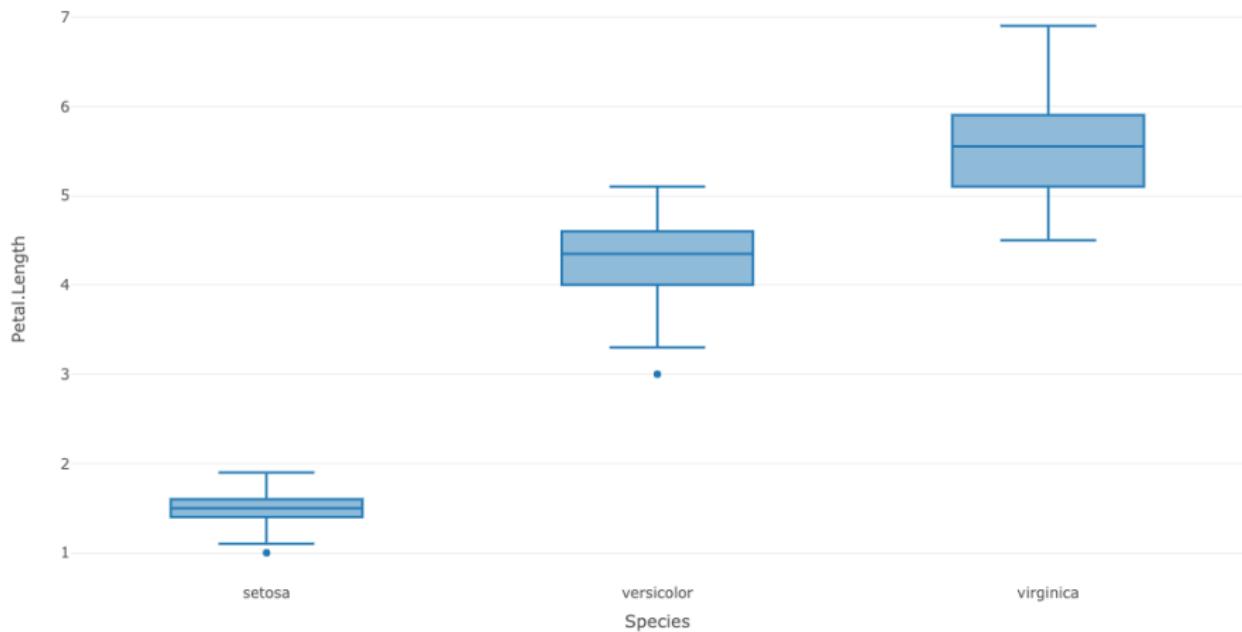
# Nuage de points

```
> library(plotly)  
> iris |> plot_ly(x=~Sepal.Width,y=~Sepal.Length,color=~Species) |>  
+   add_markers(type="scatter")
```



# Plotly boxplot

```
> iris |> plot_ly(x=~Species,y=~Petal.Length) |> add_boxplot()
```



## ggiraph

- Extension de `ggplot2` pour des graphes **dynamiques** et **interactifs**.
- Basé sur les fonctions `ggplot2` avec ajout du suffixe **\_interactive**.
- Documentation : <https://www.ardata.fr/ggiraph-book/>

# Le principe

- Crédit à l'origine : https://ggiraph.r-lib.org/
- Création du graphe :

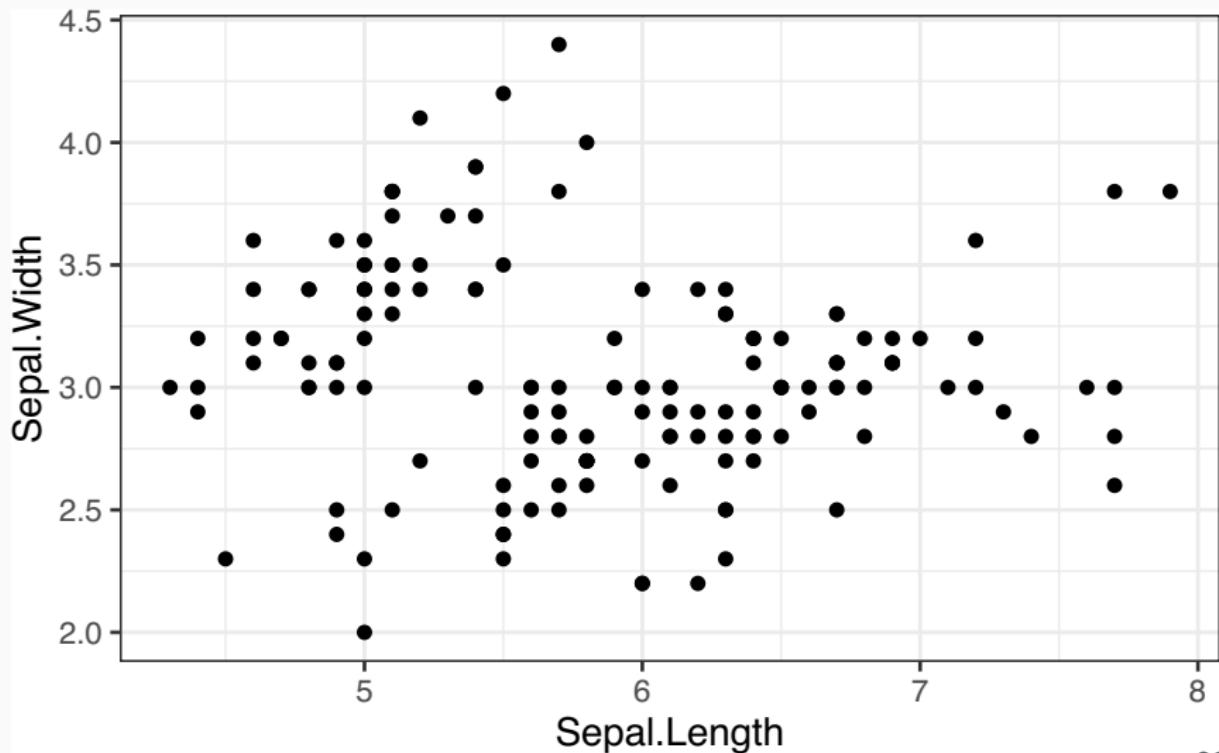
```
> library(ggiraph)
> p <- ggplot(data=iris) +
+   aes(x=Sepal.Length,y=Sepal.Width,
+        tooltip=Petal.Width,data_id=Species) +
+   geom_point_interactive(size=1,hover_nearest=TRUE)
```

## Interprétation

- **data\_id=Species** : identifie les points de la même espèce que celui où se trouve la souris.
- **tooltip=Petal.Width** : affiche la largeur de pétales du point où se trouve la souris.

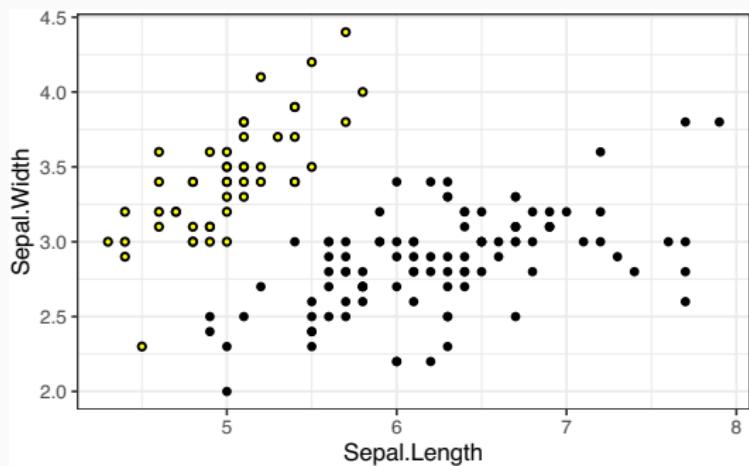
- Visualisation avec la fonction `girafe`

```
> girafe(ggobj=p)
```



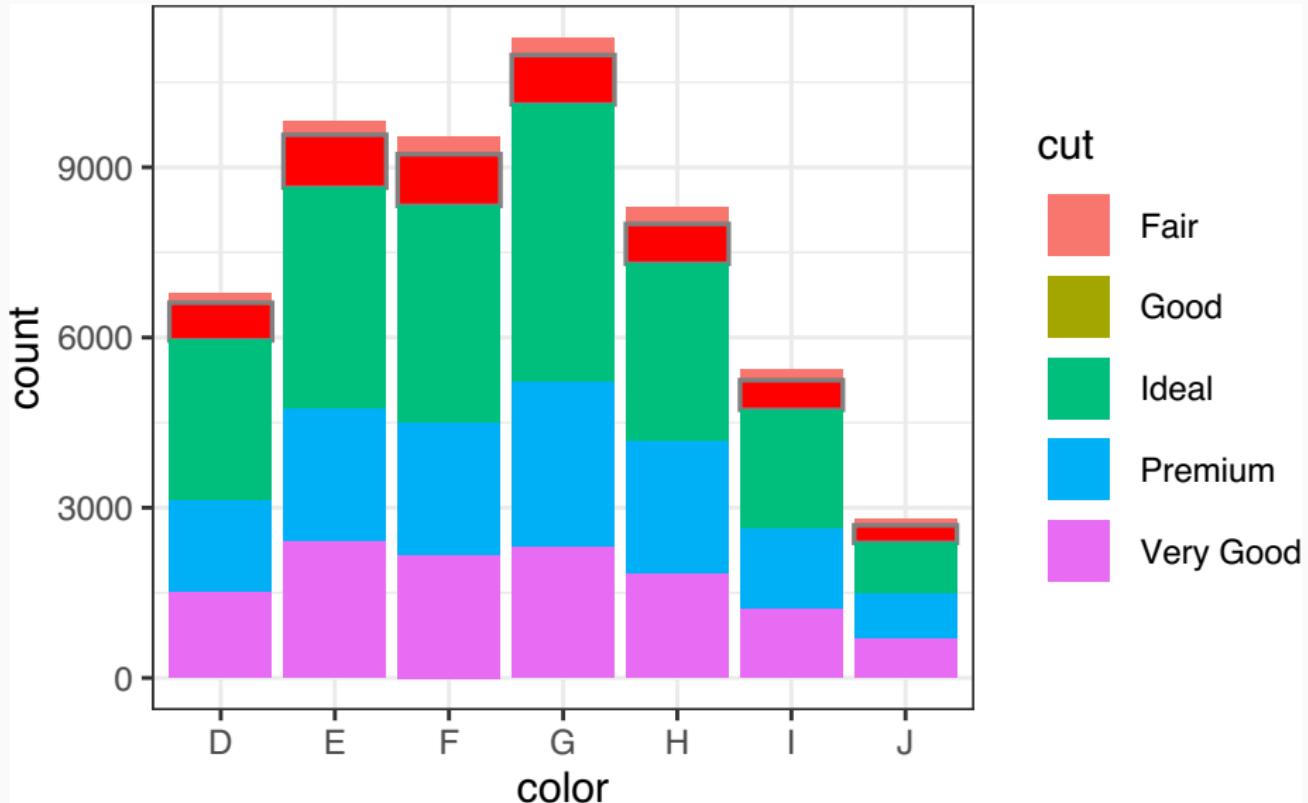
## Améliorer avec du css

```
> preselection <- iris$Species[1]  
> girafe(ggobj = p,  
+         options=list(  
+             opts_hover(css="fill:blue;stroke:black;stroke-width:2px;"),  
+             opts_selection(  
+                 css="fill:yellow;stroke:black;stroke-width:1px;",  
+                 selected=preselection,type="multiple",only_shiny = FALSE)))
```



## Autre exemple

```
> p1 <- ggplot(  
+   data = diamonds,  
+   mapping = aes(x = color, fill = cut, data_id = cut)  
+ ) +  
+   geom_bar_interactive(  
+     aes(tooltip = sprintf("%s: %.0f", fill, after_stat(count))),  
+     size = 3  
+   )  
> girafe(ggobj = p1,  
+         options=list(  
+           opts_selection(  
+             selected="Good",  
+             only_shiny = FALSE  
+           )  
+         )  
+       )  
+ )
```



## Quelques outils de visualisation dynamiques

---

Graphes avec visNetwork

## Connexions entre individus

- De nombreux jeux de données peuvent être visualisés avec des **graphes**, notamment lorsque l'on souhaite étudier des **connexions** entre individus (génétique, réseaux sociaux, système de recommandation...)

## Connexions entre individus

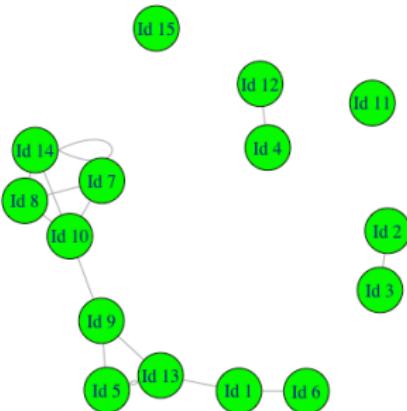
- De nombreux jeux de données peuvent être visualisés avec des **graphes**, notamment lorsque l'on souhaite étudier des **connexions** entre individus (génétique, réseaux sociaux, système de recommandation...)
- Un individu = **un nœud** et une connexion = **une arête**.

```
> set.seed(123)
> nodes <- data.frame(id = 1:15, label = paste("Id", 1:15))
> edges <- data.frame(from = trunc(runif(15)*(15-1))+1,
+                       to = trunc(runif(15)*(15-1))+1)
> head(edges)
   from to
1     5 13
2    12  4
3     6  1
4    13  5
5    14 14
6     1 13
```

# Graphe statique : le package **igraph**

- Références : <http://igraph.org/r/>,  
<http://kateto.net/networks-r-igraph>

```
> library(igraph)
> net <- graph_from_data_frame(d=edges, vertices=nodes, directed=F)
> plot(net,vertex.color="green",vertex.size=25)
```

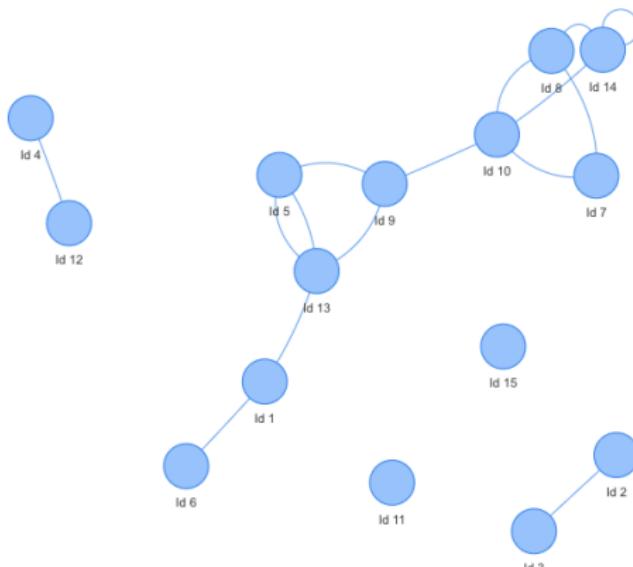


# Graph dynamique : le package visNetwork

- Référence :

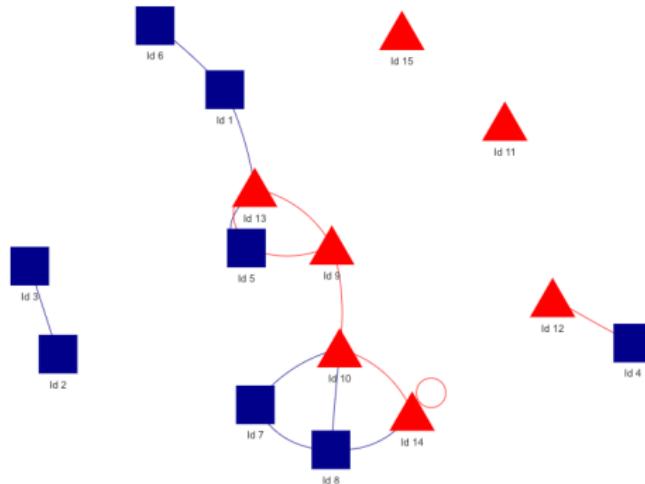
<https://datastorm-open.github.io/visNetwork/interaction.html>

```
> library(visNetwork)
> visNetwork(nodes, edges)
```



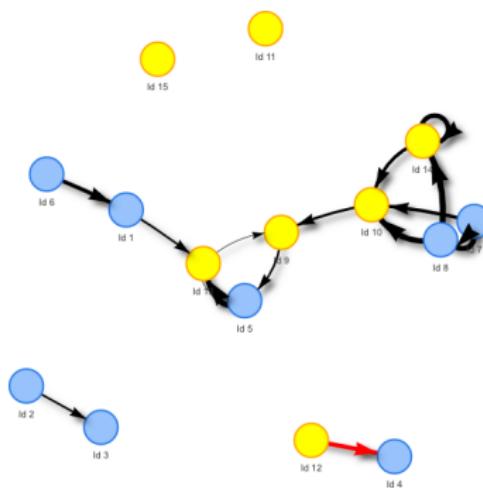
## Nodes color

```
> nodes$group <- c(rep("A",8),rep("B",7))  
> visNetwork(nodes,edges) |>  
+   visGroups(groupname = "A", color = "darkblue",  
+             shape = "square") |>  
+   visGroups(groupname = "B", color = "red",  
+             shape = "triangle")
```



## Edges width

```
> edges$width <- round(runif(nrow(edges), 1, 10))
> visNetwork(nodes,edges) |>
+   visEdges(shadow = TRUE,
+             arrows = list(to = list(enabled = TRUE)),
+             color = list(color = "black", highlight = "red"))
```



## **Quelques outils de visualisation dynamiques**

---

**Tableau de bord avec flexdasboard**

- Juste un outil... mais **un outil important** en science des données
- Permet **d'assembler des messages importants** sur des données et/ou modèles

- Juste un outil... mais **un outil important** en science des données
- Permet **d'assembler des messages importants** sur des données et/ou modèles
- **Package** : flexdashboard
- **Syntaxe** : simple... juste du **Rmarkdown**
- **Référence** : <https://rmarkdown.rstudio.com/flexdashboard/>

# Header

```
---
```

```
title: "My title"
output:
  flexdashboard::flex_dashboard:
    orientation: columns
    vertical_layout: fill
    theme: default
---
```

- Le thème par défaut peut être remplacé par d'**autres thèmes** (cosmo, bootstrap, cerulean...) (voir [ici](#)). Il suffit d'ajouter

```
theme: yeti
```

# Flexdashboard | code

Descriptive statistics

```
=====
```

Column {data-width=650}

---

### Dataset

```
```{r}
```

```
DT::datatable(df, options = list(pageLength = 25))
```

```
```
```

Column {data-width=350}

---

### Correlation matrix

```
```{r}
```

```
cc <- cor(df[,1:11])
```

```
mat.cor <- corrplot::corrplot(cc)
```

```
```
```

### Histogram

```
```{r}
```

```
amHist(df$max03)
```

```
```
```

# Flexdashboard | dashboard

Linear models to predict ozone concentrations Descriptive statistics Full linear model Selecting a simple linear model Selecting a linear model

Dataset Show 25 entries

|          | maxO3 | T9   | T12  | T15  | Ne9 | Ne12 | Ne15 | Vx9     | Vx12    | Vx15    | maxO3v | vent  | pluie |
|----------|-------|------|------|------|-----|------|------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 20010601 | 87    | 15.6 | 18.5 | 18.4 | 4   | 4    | 8    | 0.6946  | -1.7101 | -0.6946 | 84     | Nord  | Sec   |
| 20010602 | 82    | 17   | 18.4 | 17.7 | 5   | 5    | 7    | -4.3301 | -4      | -3      | 87     | Nord  | Sec   |
| 20010603 | 92    | 15.3 | 17.6 | 19.5 | 2   | 5    | 4    | 2.9544  | 1.8794  | 0.5209  | 82     | Est   | Sec   |
| 20010604 | 114   | 16.2 | 19.7 | 22.5 | 1   | 1    | 0    | 0.9848  | 0.3473  | -0.1736 | 92     | Nord  | Sec   |
| 20010605 | 94    | 17.4 | 20.5 | 20.4 | 8   | 8    | 7    | -0.5    | -2.9544 | -4.3301 | 114    | Ouest | Sec   |
| 20010606 | 80    | 17.7 | 19.8 | 18.3 | 6   | 6    | 7    | -5.6382 | -5      | -6      | 94     | Ouest | Pluie |
| 20010607 | 79    | 16.8 | 15.6 | 14.9 | 7   | 8    | 8    | -4.3301 | -1.8794 | -3.7588 | 80     | Ouest | Sec   |
| 20010610 | 79    | 14.9 | 17.5 | 18.9 | 5   | 5    | 4    | 0       | -1.0419 | -1.3892 | 99     | Nord  | Sec   |
| 20010611 | 101   | 16.1 | 19.6 | 21.4 | 2   | 4    | 4    | -0.766  | -1.0261 | -2.2981 | 79     | Nord  | Sec   |
| 20010612 | 106   | 18.3 | 21.9 | 22.9 | 5   | 6    | 8    | 1.2856  | -2.2981 | -3.9392 | 101    | Ouest | Sec   |
| 20010613 | 101   | 17.3 | 19.3 | 20.2 | 7   | 7    | 3    | -1.5    | -1.5    | -0.8682 | 106    | Nord  | Sec   |
| 20010614 | 90    | 17.6 | 20.3 | 17.4 | 7   | 6    | 8    | 0.6946  | -1.0419 | -0.6946 | 101    | Sud   | Sec   |
| 20010615 | 72    | 18.3 | 19.6 | 19.4 | 7   | 5    | 6    | -0.8682 | -2.7362 | -6.8944 | 90     | Sud   | Sec   |
| 20010616 | 70    | 17.1 | 18.2 | 18   | 7   | 7    | 7    | -4.3301 | -7.8785 | -5.1962 | 72     | Ouest | Pluie |
| 20010617 | 83    | 15.4 | 17.4 | 16.6 | 8   | 7    | 7    | -4.3301 | -2.0521 | -3      | 70     | Nord  | Sec   |
| 20010618 | 88    | 15.9 | 19.1 | 21.5 | 6   | 5    | 4    | 0.5209  | -2.9544 | -1.0261 | 83     | Ouest | Sec   |
| 20010620 | 145   | 21   | 24.6 | 26.9 | 0   | 1    | 1    | -0.342  | -1.5321 | -0.684  | 121    | Ouest | Sec   |
| 20010621 | 81    | 16.2 | 22.4 | 23.4 | 8   | 3    | 1    | 0       | 0.3473  | -2.5712 | 145    | Nord  | Sec   |
| 20010622 | 121   | 19.7 | 24.2 | 26.9 | 2   | 1    | 0    | 1.5321  | 1.7321  | 2       | 81     | Est   | Sec   |
| 20010623 | 146   | 23.6 | 28.6 | 28.4 | 1   | 1    | 2    | 1       | -1.9284 | -1.2155 | 121    | Sud   | Sec   |
| 20010624 | 121   | 20.4 | 25.2 | 27.7 | 1   | 0    | 0    | 0       | -0.5209 | 1.0261  | 146    | Nord  | Sec   |
| 20010625 | 146   | 27   | 32.7 | 33.7 | 0   | 0    | 0    | 2.9544  | 6.5778  | 4.3301  | 121    | Est   | Sec   |
| 20010626 | 108   | 24   | 23.5 | 25.1 | 4   | 4    | 0    | -2.5712 | -3.8567 | -4.6985 | 146    | Sud   | Sec   |
| 20010627 | 83    | 19.7 | 22.9 | 24.8 | 7   | 6    | 6    | -2.5981 | -3.9392 | -4.924  | 108    | Ouest | Sec   |
| 20010628 | 57    | 20.1 | 22.4 | 22.8 | 7   | 6    | 7    | -5.6382 | -3.8302 | -4.5963 | 83     | Ouest | Pluie |

Showing 1 to 25 of 112 entries

Previous 1 2 3 4 5 Next

Correlation matrix

Histogram