

Introduction à R

Laurent Rouvière

Septembre 2020

Plan

Table des matières

1	Présentation de la formation	1
2	Rstudio, Rmarkdown et packages R	8
3	Objets R	8
4	Importer des données	12
5	Manipuler les données avec Dplyr	16
6	Visualiser des données	20
7	Visualisation avec ggplot2	22
8	Cartes leaflet	27
9	Modèles de régression avec R	30

Site web - doc formation

https://lrouviere.github.io/intro_R/

1 Présentation de la formation

Présentation

- *Prérequis* : bases en programmation, probabilités et statistique.
- *Objectifs* : comprendre et utiliser les outils R classiques en datascience :
 - importer et assembler des tables, manipuler des individus et des variables.
 - visualiser des données.
 - outils classiques et tidyverse.
- *Enseignant* : Laurent Rouvière, 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.

Ressources

- Diapo et fiches d'exercices (1 fiche=1 ou 2 notions+exercices)
- Le net
- 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 :
 - 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 scientists) 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*.
- 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

La problématique

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

```

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*.

```

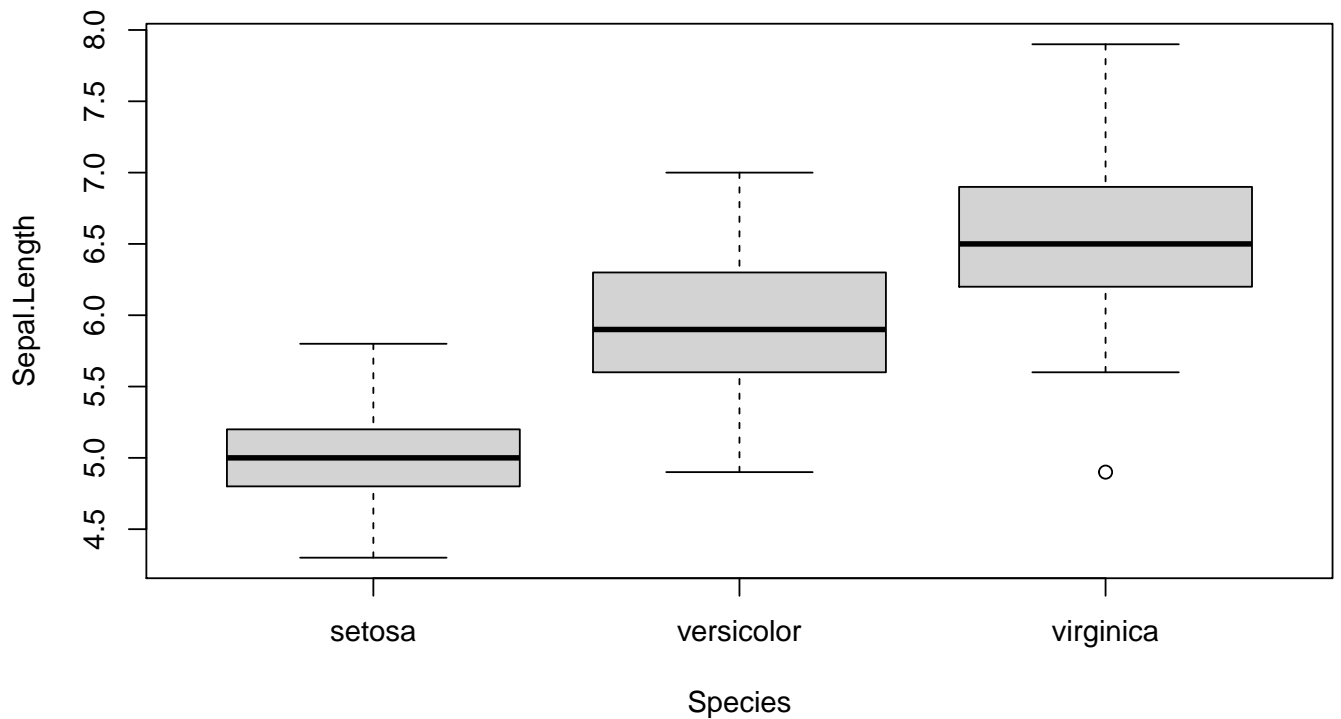
> library(dplyr)
> iris %>% group_by(Species) %>% summarise_all(mean)
## # A tibble: 3 x 5
##   Species      Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width
##   <fct>          <dbl>         <dbl>         <dbl>         <dbl>
## 1 setosa          5.01           3.43           1.46           0.246
## 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*.

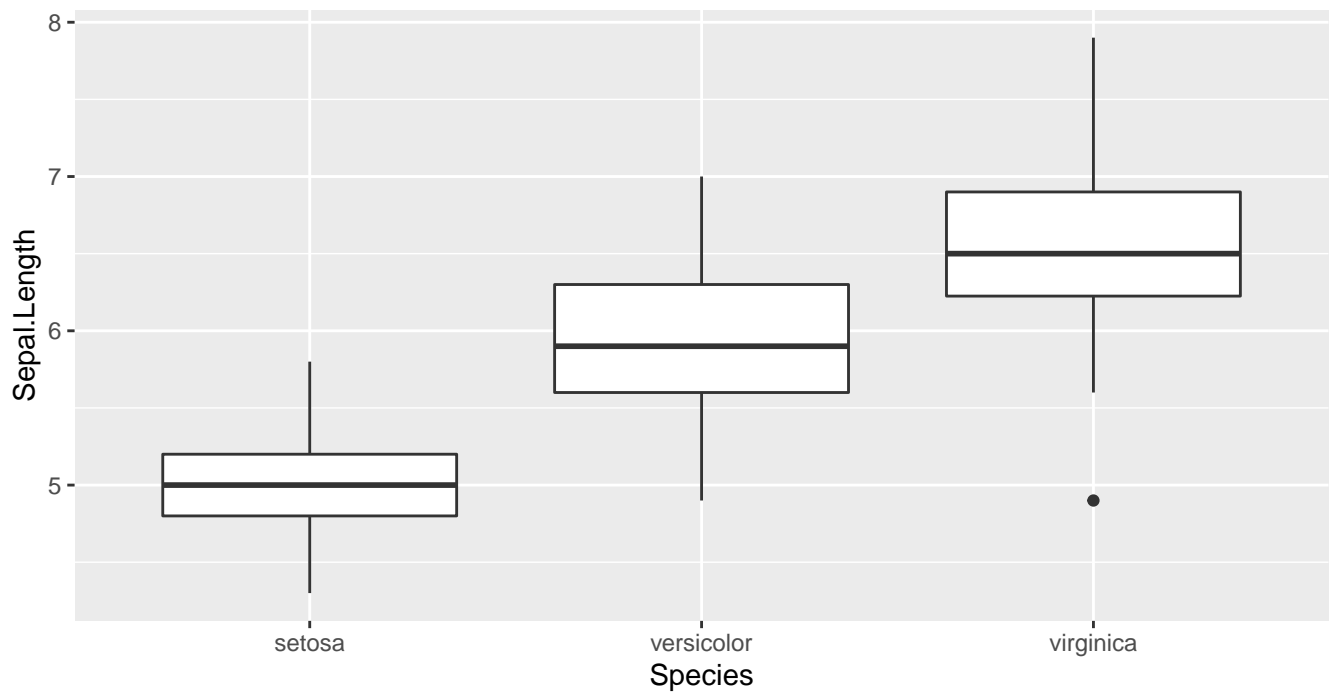
Visualisation

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



Visualisation avec ggplot2

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

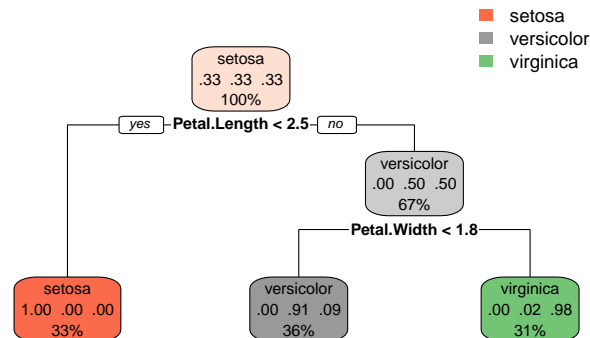


Un modèle d'arbre

```

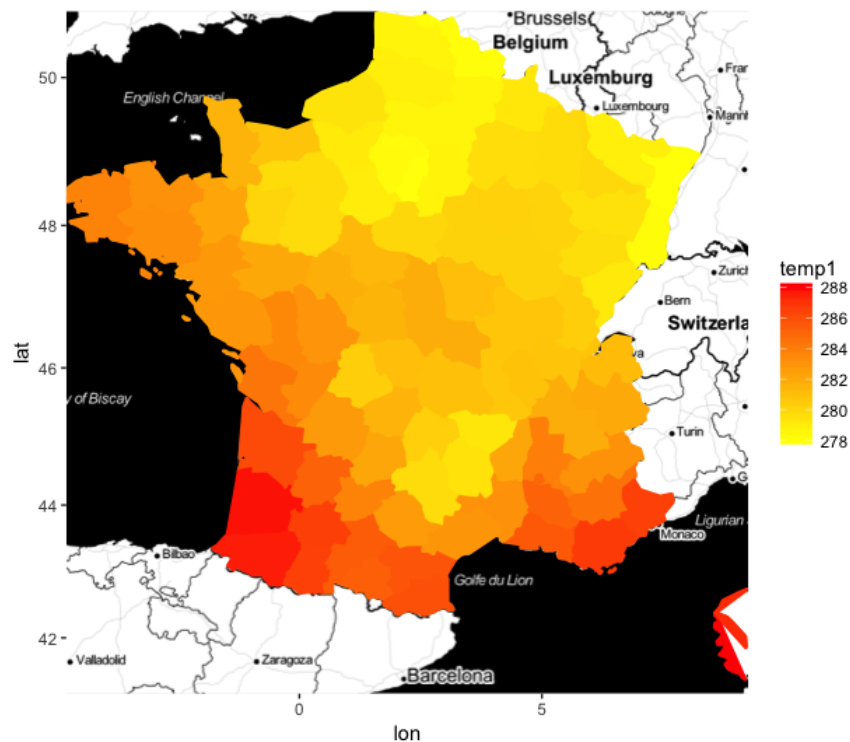
> library(rpart)
> tree <- rpart(Species~.,data=iris)
> library(rpart.plot)
> rpart.plot(tree)

```



Carte avec ggmap

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



Chargement des données + fond de carte

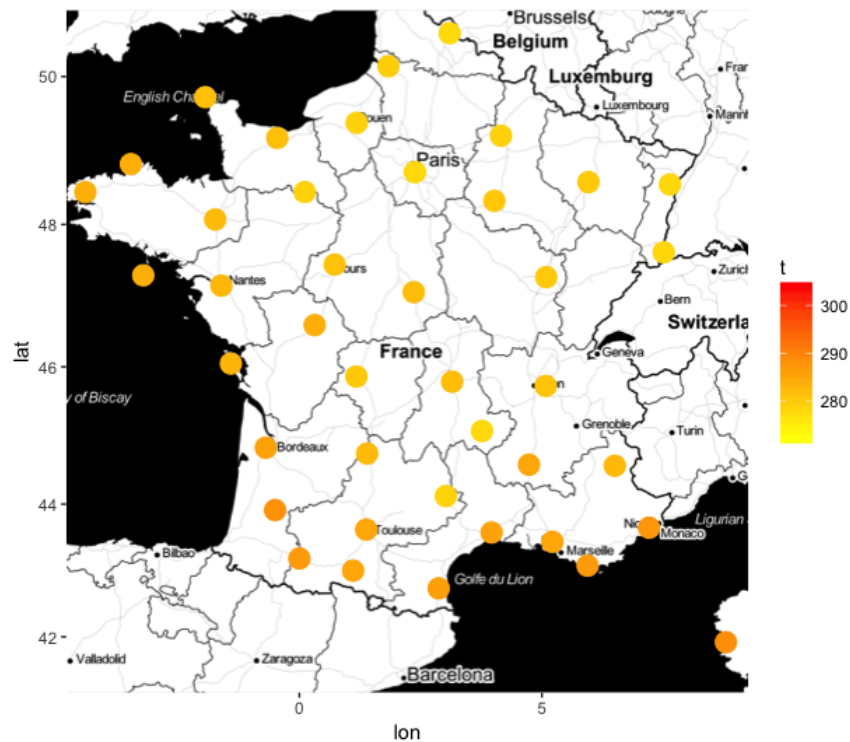
— Données téléchargées sur le site de meteofrance (températures d'à peu près 60 stations).

```

> 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

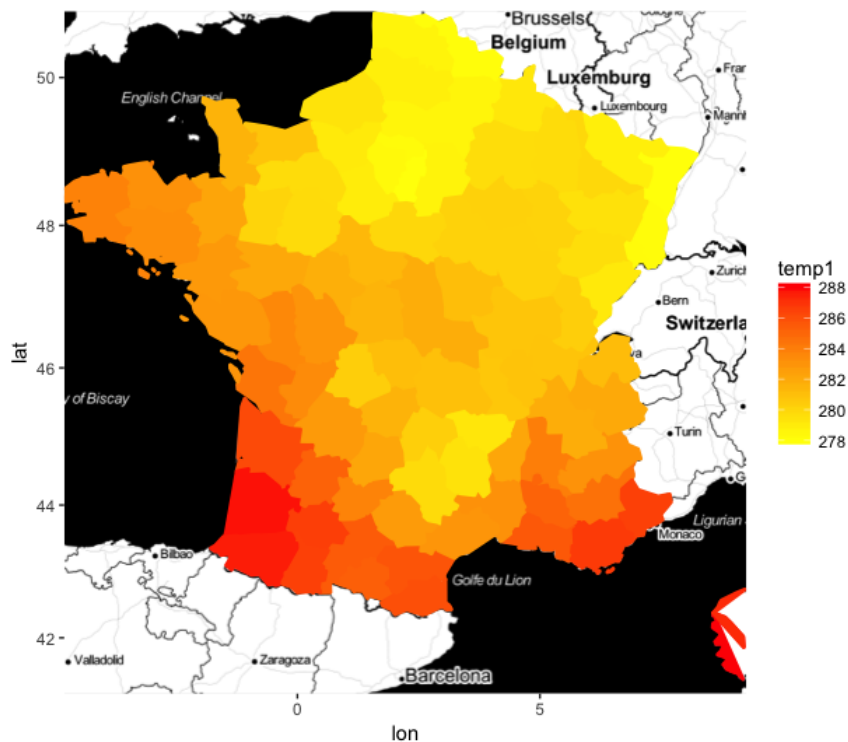
- **Algorithme** de *plus proche voisins* pour estimer la température sur toutes les longitudes et latitudes du territoire.

```
> 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**.
- **Exemple** : graphiques standards pour un jeu de données.

```
> library(shiny)
> runApp('desc_app.R')
```

Dans cette formation

- 18 heures pour 5 (ou 6) thèmes
- 1 thème = **slides** + **fiche** (notebook) à compléter (ajouter des commentaires et faire les exercices)

Notebook R

- reporting qui combine des **commandes R** et leurs **sorties** avec du **texte**.
- le code peut être **exécuté de façon interactive**, la **sortie est visible** immédiatement sous la code.
- très approprié pour des rapports de très bonne qualité.

Plan

Thèmes

1. Rstudio - Rmarkdown (notebook et slides) (J1)
2. Objets R (vecteurs, matrices, dates, data.frames...) (J1)
3. Importation de données et manipulation "standard" (J1)
4. Manipulation avec dplyr (J2)
5. Visualisation avec ggplot2 (J2-3)
6. Carte ? Modèles ?

2 Rstudio, Rmarkdown et packages R

Rstudio

- **RStudio** est une *interface* facilitant l'utilisation de R.
- Egalement *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*!

Rmarkdown

Fichier Rmarkdown

- Un fichier **Rmarkdown (.Rmd)** 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 grande qualité** de différentes formes (documents, diaporama, etc...).
- Ce diaporama est du *Rmarkdwn*.
- *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 *13 000* 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**.

⇒ *Fiche 1.*

3 Objets R

Numérique et caractères

- Numérique (facile)

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

- Caractères


```
> b <- "X"
> paste(b,1:5,sep="")
## [1] "X1" "X2" "X3" "X4" "X5"
```

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
```

Logique

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

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

```
> size <- runif(5,150,190) #5 sizes randomly generated between
> #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 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 configurée

— 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** \implies 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
```

Matrice

— Création

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

— Extraction

```
> m[1,2]
> m[1,] #First row
> m[,2] #Second column
```

Liste

— Permet de considérer *plusieurs objets* :

```
> 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
## Charlotte:1  Min.   :0.0  Min.   :165.0
## Mary       :1  1st Qu.:0.0  1st Qu.:168.0
## Paul       :1  Median :0.0  Median :170.0
## Peter      :1  Mean    :0.4  Mean    :171.6
## Steven     :1  3rd Qu.:1.0  3rd Qu.:175.0
##           Max.    :1.0  Max.    :180.0

```

Problème

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

```

> data$sex <- as.factor(data$sex)
> levels(data$sex) <- c("man", "woman")
> summary(data)
##      name      sex      size
## Charlotte:1  man   :3  Min.   :165.0
## Mary       :1  woman:2  1st Qu.:168.0
## Paul       :1           Median :170.0
## Peter      :1           Mean    :171.6
## Steven     :1           3rd Qu.:175.0
##           Max.    :180.0

```

Problème

`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**.

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
> summary(data)
##           sex           size           age
## Min.      :0.0      Min.    :165.0      old   :3
## 1st Qu.:0.0      1st Qu.:168.0      young:2
## 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
```

Exemple : tibble

```
> library(tidyverse)
> data1 <- tibble(name,sex,size,age)
> #data1 <- column_to_rownames(data1,var="name")
> summary(data1)
##      name           sex           size           age
## Length:5      Min.    :0.0      Min.    :165.0      Length:5
## Class :character 1st Qu.:0.0      1st Qu.:168.0      Class :character
## Mode  :character Median :0.0      Median :170.0      Mode  :character
##              Mean    :0.4      Mean    :171.6
##              3rd Qu.:1.0      3rd Qu.:175.0
##              Max.    :1.0      Max.    :180.0
```

dataframe vs tibbles

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

⇒ *fiche 2*.

4 Importer des données

- Les données sont généralement contenues dans un *fichier* 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*.
- Pour les fichiers *.xls*, on peut les *convertir* en *.csv* ou utiliser des packages spécifiques.

```
> data <- read.table("file",...)
> data <- read.csv("file",...)
```

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

Indiquer le chemin

- Le **fichier des données** doit être placé dans le **répertoire de travail**. Sinon, il faut indiquer le *chemin* à **read.table**.
- *Example* : 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,...)
```

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 repérer les données manquantes.
- ...

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("~/COURS/EDHEC/R/SLIDES/", "data_imp.txt")
```

```
> df <- read.table(path)
> summary(df)
##           V1
## John;174;32 :1
## Mary;165.5;NA:1
## name;size;age:1
## Peter;?;28   :1
```

Problème

R considère 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
```

Package readr

- Version *tidyverse* pour l'importation.
- Il contient `read_table` et `read_csv` à la place de `read.table` et `read.csv` (underscores à la place des points).
- Dans *Rstudio*, on peut lire des données avec `readr` en cliquant sur **Import Dataset** (pas toujours efficace pour des données complexes).

Autres outils importations

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

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
```

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
```

⇒ Pas un bon 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
```

⇒ 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.

Conclusion

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

⇒ *Fiche 3 - Partie 1*

5 Manipuler les données avec Dplyr

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

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

- On peut faire la même chose avec **dplyr**

```
> library(dplyr)
> iris %>% filter(Species=="setosa") %>%
+   summarise(mean(Sepal.Length))
##   mean(Sepal.Length)
## 1                5.006
```

Grammaire dplyr

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

- **select()** : sélectionner des colonnes (variables)
- **filter()** : filter 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
```

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 pipe **%>%** permet d'organiser les commandes *étape par étape*.
- 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
```

or (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
```

— Avec le *pipe*, on **décompose** 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)
```

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,

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

Reshaping data

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

```
> df <- iris %>% group_by(Species) %>%
+   summarize_all(funs(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
```

gather

- **Assembler** des colonnes en lignes avec *gather* :

```
> df1 <- df %>% gather(key=variable,value=value,-Species)
> head(df1)
## # A tibble: 6 x 3
##   Species    variable    value
##   <fct>      <chr>      <dbl>
## 1 setosa    Sepal.Length  5.01
## 2 versicolor Sepal.Length  5.94
## 3 virginica Sepal.Length  6.59
## 4 setosa    Sepal.Width   3.43
## 5 versicolor Sepal.Width   2.77
## 6 virginica Sepal.Width   2.97
```

Remarque

Même information avec un **format différent**.

Spread

- Décomposer une ligne en plusieurs colonnes avec *spread*.

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

Separate

- *Séparer* une colonne en plusieurs.

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

> df1 <- df %>% separate(date,into = c("year","month","day"))
> df1
## # 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
```

Unite

- Assembler des colonnes.

```
> df1 %>% unite(date,year,month,day,sep="/")
## # A tibble: 3 x 2
##   date      temp
##   <chr>    <dbl>
## 1 2015/01/03    18
## 2 2017/05/18    21
## 3 2018/09/14    15
```

⇒ Fiche 3, partie 2.

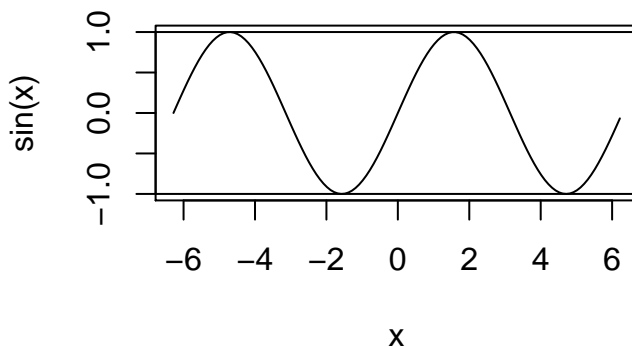
6 Visualiser des données

- 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) présentations des graphes classiques,
- suivie par les graphes ggplot.

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

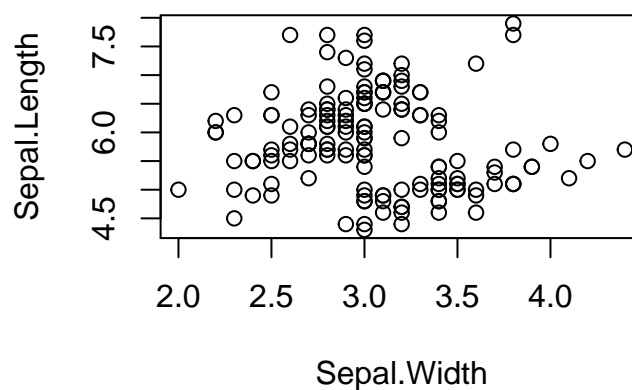
- Histogramme pour une variable continue, diagramme en barre pour une variable qualitative.
- Nuage de points pour 2 variables continues.
- Boxplot pour une distribution continue.

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)
```



```
> #same as
> plot(iris$Sepal.Width,iris$Sepal.Length)
```

Histogramme (variable continue)

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

Histogram of iris\$Sepal.Length

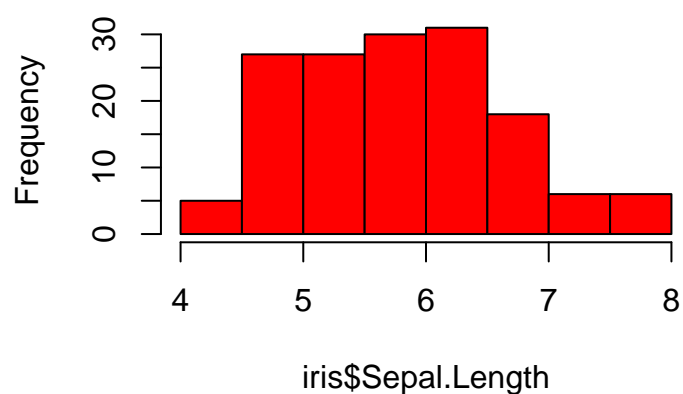
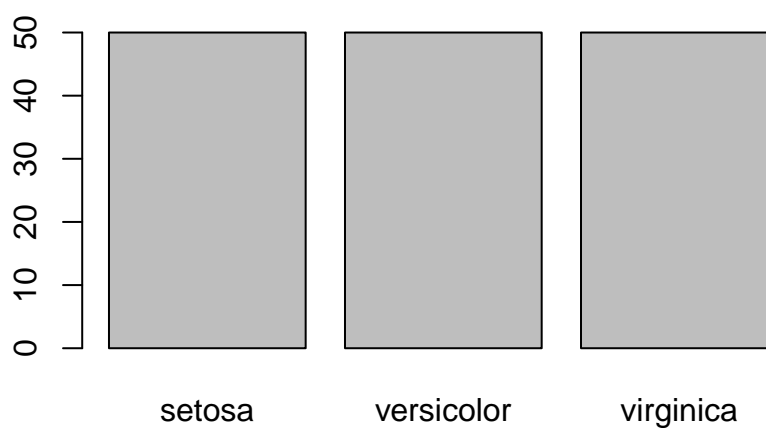


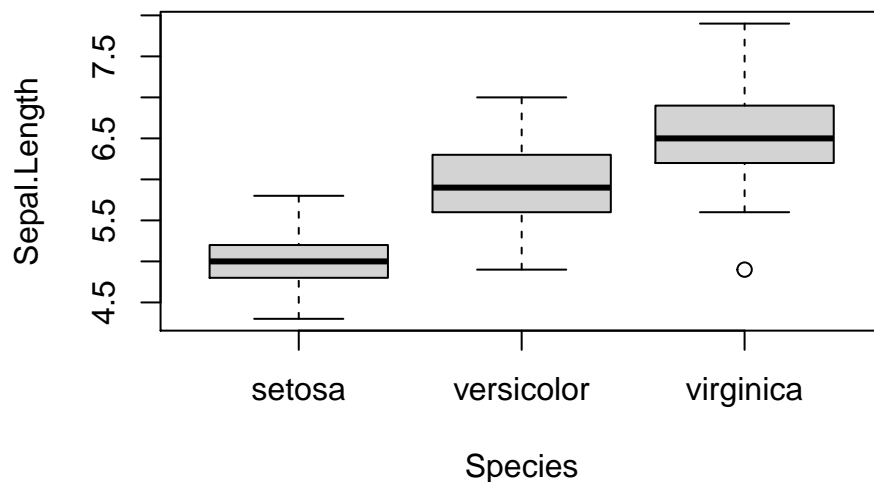
Diagramme en barres (variable qualitative)

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



Boxplot (distribution)

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



7 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 *agréables à regarder* (pas toujours le cas avec les graphes conventionnels).
- La *grammaire ggplot* permet d'obtenir des **graphes "complexes"** avec une **syntaxe claire et lisible**.

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

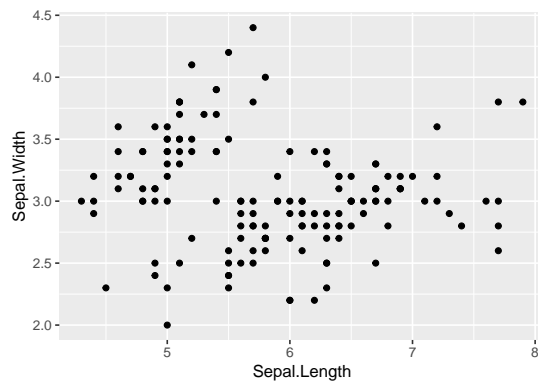
Les principaux *verbes* sont

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

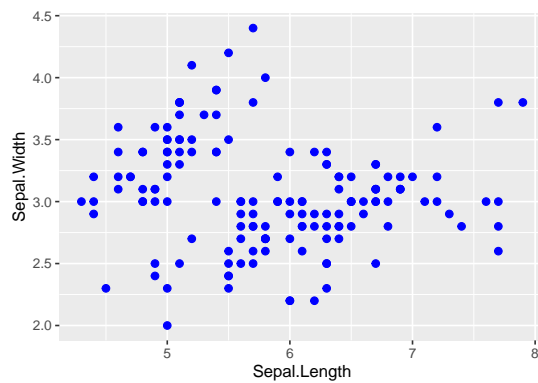
Un exemple

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



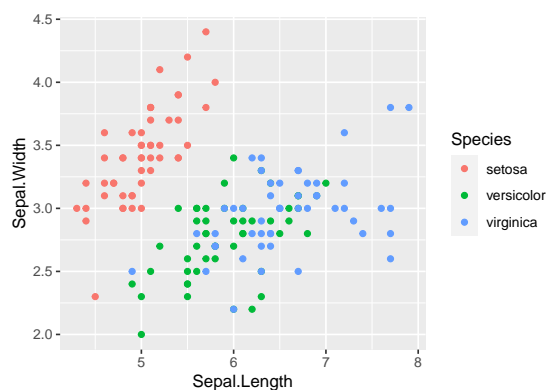
Couleur et taille

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



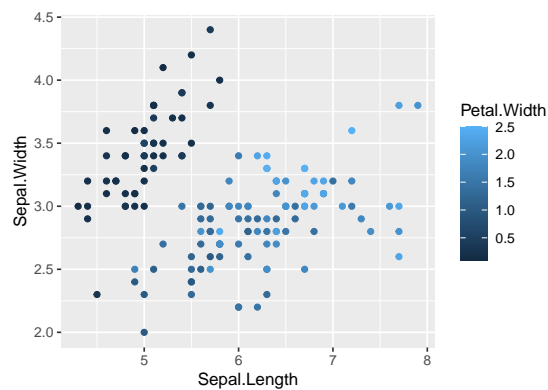
Couleur avec une variable qualitative

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



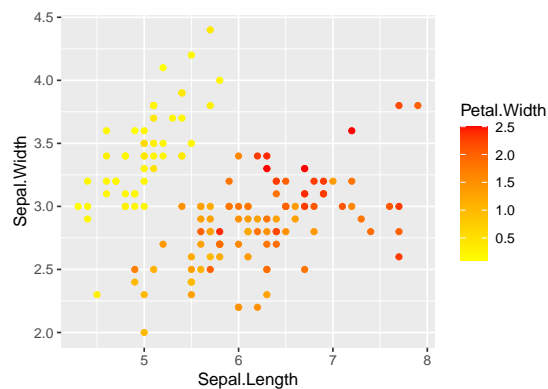
Couleur avec une variable continue

```
> 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")
```

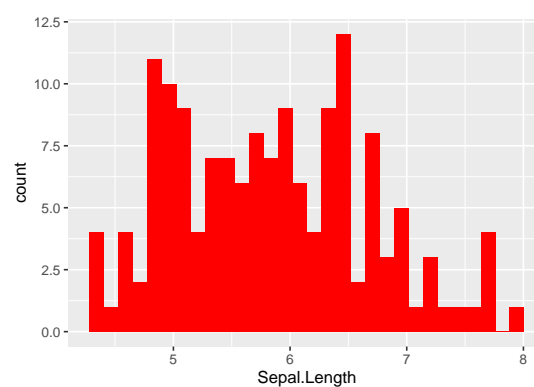
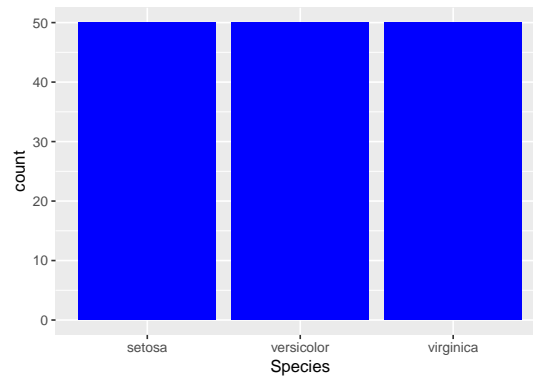


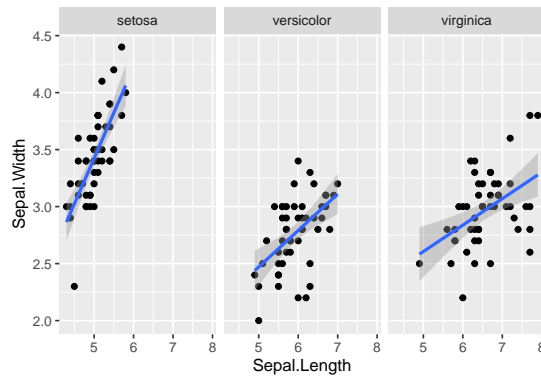
Diagramme en barres

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



Facetting (plus compliqué)

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

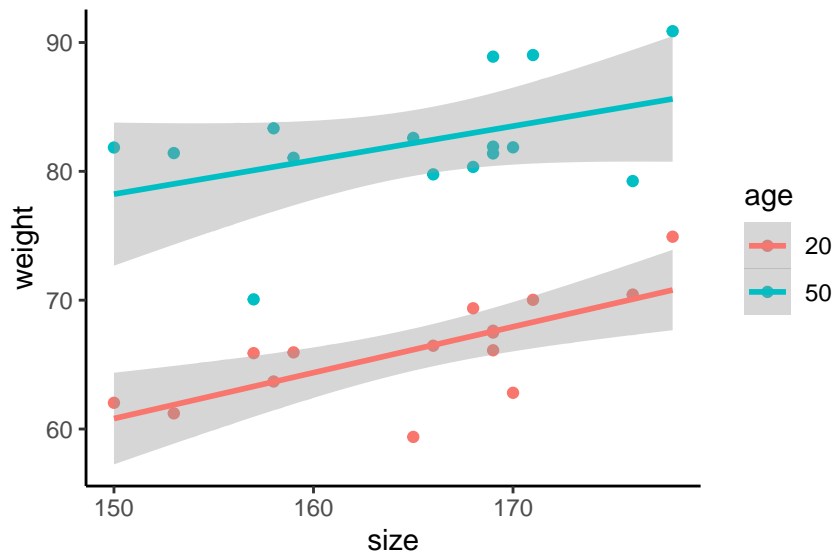


Combiner ggplot et dplyr

- 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



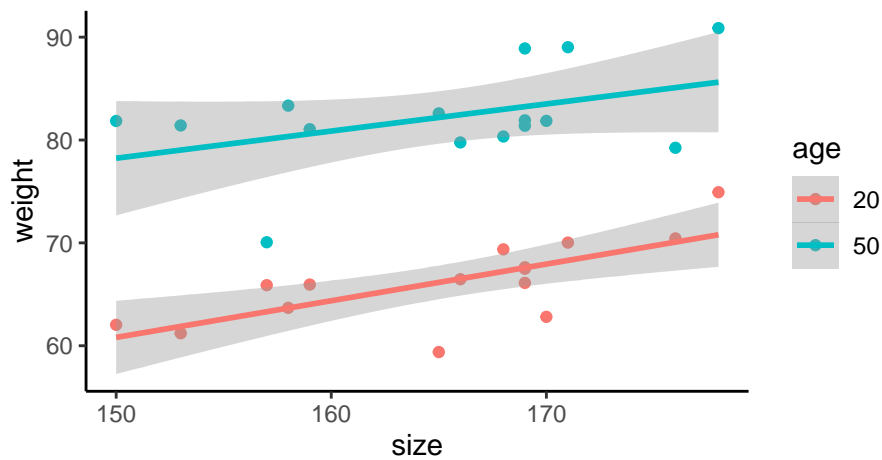
Etape dplyr

— Assembler les colonnes `weight.M` et `weight.W` en une colonne `weight` :

```
> df1 <- df %>% gather(key=age,value=weight,-size)
> df1 %>% head()
## # A tibble: 6 x 3
##   size age      weight
##   <dbl> <chr>    <dbl>
## 1  153 weight.20  61.2
## 2  169 weight.20  67.5
## 3  168 weight.20  69.4
## 4  169 weight.20  66.1
## 5  176 weight.20  70.4
## 6  169 weight.20  67.6
> df1 <- df1 %>% mutate(age=recode(age,
+   "weight.20"="20", "weight.50"="50"))
```

Etape ggplot

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



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)

```

⇒ *Fiche 4.*

8 Cartes leaflet

Introduction

- De nombreuses applications nécessitent des *cartes* pour *visualiser* des **données** ou les résultats d'un **modèle**.
- De *nombreux packages R* : ggmap, RgoogleMaps, maps...
- Dans cette partie : *leaflet*.

Fond de carte

- *Leaflet* est une des bibliothèques open-source JavaScript les plus populaires pour faire des **cartes interactives**.
- *Documentation* : [here](#)

```

> library(leaflet)
> leaflet() %>% addTiles()

```

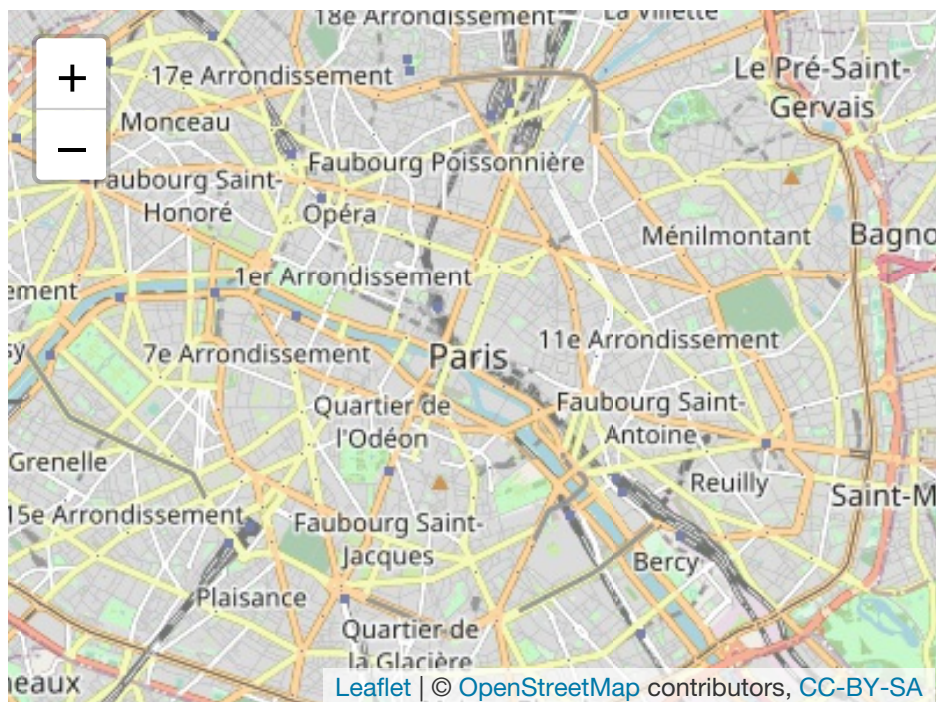


Différents styles de fonds de carte

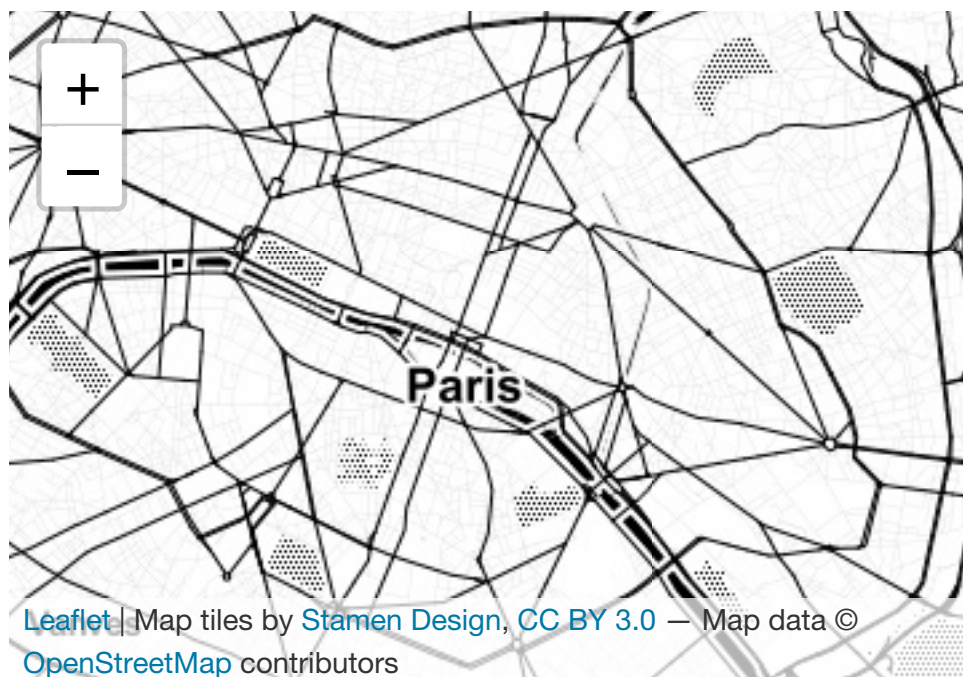
```

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

```



```
> leaflet() %>% addProviderTiles("Stamen.Toner") %>%
+   setView(lng = Paris[1], lat = Paris[2], zoom = 12)
```



Avec des données

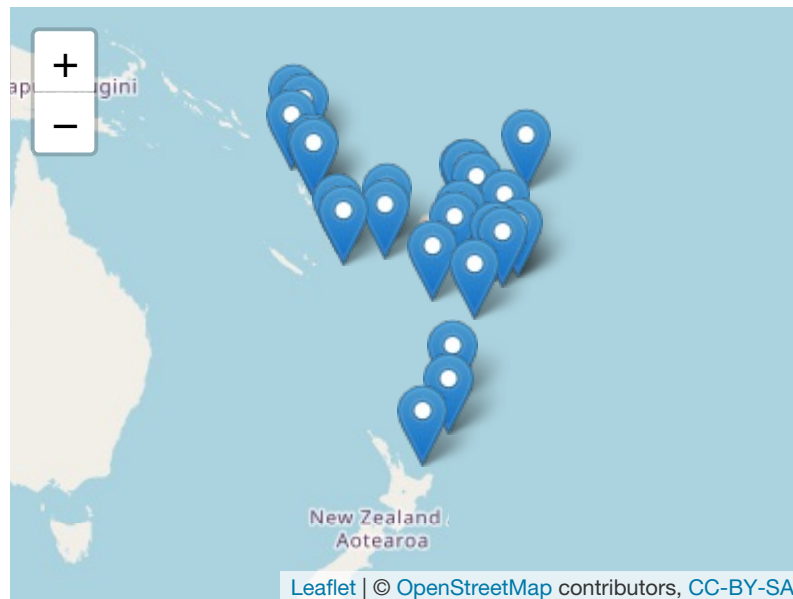
— Localiser 1000 séismes près des Fiji

```
> 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))
```

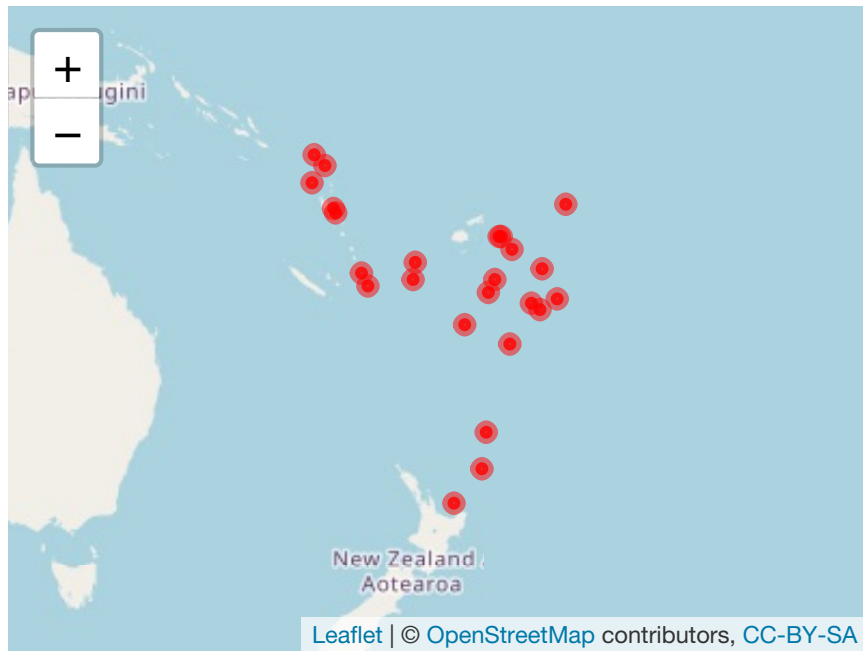


Remarque

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")
```



⇒ Fiche 5.

9 Modèles de régression avec R

Données

Y	X_1	X_2	\dots	X_p
y_1	$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	\dots	$x_{1,p}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
y_n	$x_{n,1}$	$x_{n,2}$	\dots	$x_{n,p}$

But

Expliquer ou prédire la **sortie** Y par les **entrées** X_1, \dots, X_p .

Exemple : ozone

```
> ozone <- read.table("ozone.txt")
> head(ozone %>% select(1:5))
##      maxO3    T9    T12    T15    Ne9
## 20010601    87 15.6 18.5 18.4     4
## 20010602    82 17.0 18.4 17.7     5
## 20010603    92 15.3 17.6 19.5     2
## 20010604   114 16.2 19.7 22.5     1
## 20010605    94 17.4 20.5 20.4     8
## 20010606    80 17.7 19.8 18.3     6
```

But

Expliquer ou prédire la *concentration maximale quotidienne en O₃* (colonne maxO3) par les autres variables.

Modélisation statistique

- Il existe une fonction *inconnue* $m : \mathbb{R}^p \rightarrow \mathbb{R}$ telle que

$$Y = m(X_1, \dots, X_p) + \varepsilon.$$

- ε : termes d'erreur (petits).
- *Job du statisticien* : trouver un bon estimateur \hat{m} de m à partir des données $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ où $x_i \in \mathbb{R}^p$ et $y_i \in \mathbb{R}$.

Modèle statistique

Permet de construire des estimateurs.

Un exemple : le modèle linéaire

- *Hypothèse* : la fonction inconnue m est **linéaire**

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon,$$

$\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p)$ sont les paramètres **inconnus**.

- *Moindres carrés* :

$$\hat{\beta} = (X^t X)^{-1} X^t Y.$$

- *Estimateur de m* :

$$\hat{m}(x) = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \dots + \hat{\beta}_p x_p.$$

Structure

- Les modèles sur **R** sont **souvent entraînés de la même façon** :

```
> method(formula,data=...,options)
```

avec

- *method* : nom de la méthode ;
- *formula* : sortie Y et les entrées X_j ;
- *data* : jeu de données ;
- *options* : options en fonction de la méthode.

La méthode (ou le modèle)

Remarque

Chaque modèle correspond à un **fonction R**.

fonction R	algorithme	Package	Problème
lm	modèle linéaire		Reg
glm	modèle logistique		Class
lda	analyse discriminante linéaire	MASS	Class
svm	Support Vector Machine	e1071	Class
knn.reg	plus proches voisins	FNN	Reg
knn	plus proches voisins	class	Class
rpart	arbres	rpart	Reg and Class
glmnet	ridge et lasso	glmnet	Reg and Class

Formules

Remarque

Pour spécifier les entrées et la sortie.

```
> lm(Y~X1+X3,data=df)
```

$$\Rightarrow Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

```
> lm(Y~X1+I(X3)^2,data=df)
```

$$\Rightarrow Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_3 X_3^2 + \varepsilon$$

```
> lm(Y~.,data=df)
```

$$\Rightarrow Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon$$

Exemple

```
> mod.lin <- lm(maxO3~T12+Ne9,data=ozone)
> mod.lin
##
## Call:
## lm(formula = maxO3 ~ T12 + Ne9, data = ozone)
##
## Coefficients:
## (Intercept)      T12      Ne9
##      7.638      4.457     -2.696
```

- **Modèle** : $\max O3 = \beta_0 + \beta_1 T12 + \beta_2 Ne9 + \varepsilon$.
- **Estimateurs** : $\hat{\beta}_0 = 7.638, \hat{\beta}_1 = 4.457, \hat{\beta}_2 = -2.696$.

Estimateur de m

$$\hat{m}(x) = 7.638 + 4.457 T12 - 2.696 Ne9.$$

Faire des prévisions

- Une fois le modèle ajusté, on peut l'utiliser pour *prédire*.

Exemple

- Météofrance prédit pour demain : T12=20 et Ne9=4.9.
- Concentration en ozone prédite par le modèle pour demain ?
- *Réponse* :

$$\hat{m}(T12 = 20, Ne9 = 4.9) = 7.638 + 4.457 * 20 - 2.696 * 4.9 = 83.5676$$

.

Fonction predict

- *predict* est une fonction **générique** : on peut l'utiliser pour n'importe quel modèle de régression (linéaire, logistique, arbre...)

```
> predict(model.name,newdata=newdataset,...)
```

- *Exemple*


```
> new.df <- data.frame(T12=20,Ne9=4.9)
> predict(mod.lin,newdata=new.df)
##      1
## 83.57509
```

Très important

Utiliser la même structure pour les 2 data-frames.

Estimer l'erreur quadratique de prédiction

- La performance d'un estimateur \hat{m} est souvent mesurée par son *erreur quadratique moyenne* :

$$MSE(\hat{m}) = E[(Y - \hat{m}(X))^2].$$

- Cette erreur (*inconnue*) peut être calculée par *validation hold out* :
 - Séparer les données en un échantillon d'*apprentissage* et un échantillon *test*.
 - Entraîner le modèle sur les données d'apprentissage $\Rightarrow \hat{m}$.
 - Calculer la MSE

$$\frac{1}{n_{test}} \sum_{i \in test} (y_i - \hat{m}(x_i))^2.$$

Un exemple

- Data splitting

```
> library(caret)
> set.seed(12345)
> index.train <- createDataPartition(1:nrow(ozone),p=2/3)
> train <- ozone %>% slice(index.train$Resample1)
> test <- ozone %>% slice(-index.train$Resample1)
```

- Ajustement du modèle

```
> mod <- lm(maxO3~.,data=train)
```

- Calcul de la MSE

```
> pred <- predict(mod,newdata=test)
> df <- data.frame(pred=pred,obs=test$maxO3)
> df %>% summarize(MSE=mean((pred-obs)^2))
##      MSE
## 1 387.5472
```

En pratique

- Très utile pour choisir un modèle.
- *Exemple* : plusieurs modèles (linéaire, arbre, forêt aléatoire...)

Méthode

1. Estimer la MSE pour tous les algorithmes ;
2. Choisir celui avec la plus petite MSE.

\Rightarrow *fiche 6*.

Merci