

# Package Forestree

Max Bruciamacchie

mars 2018

Ce package R a été construit dans le cadre de la formation des ingénieurs forestiers (FIF) d'AgroParisTech. Il contient des fonctions permettant de faciliter le travail des gestionnaires forestiers dans des domaines variés tels que la dendrométrie, la gestion foncière, la cartographie, l'évaluation économique, l'estimation forestière ou de la gestion des risques. Il fonctionne en interaction avec deux autres packages, DataForet et PPtools

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Dendrométrie</b>	<b>2</b>
1.1	Tarifs de cubage classiques à une entrée . . . . .	2
1.1.1	Tarifs Schaeffer . . . . .	2
1.1.2	Trouver un tarif Schaeffer . . . . .	2
1.1.3	Calcul d'erreur avec un tarif Schaeffer . . . . .	3
1.2	Tarifs de cubage à deux entrées . . . . .	3
1.2.1	Tarifs Chaudé . . . . .	3
1.2.2	Tarifs Schaeffer à 2 entrées . . . . .	4
1.2.3	Tarif EMERGE . . . . .	5
1.3	Données IFN . . . . .	7
1.3.1	Bases IFN . . . . .	7
1.3.2	Accroissement sur le diamètre . . . . .	7
1.3.3	Variables dendrométriques . . . . .	7
1.3.4	Cartographie des essences par sylvoécorégions . . . . .	8
1.3.5	Cartographie des essences par sylvoécorégions . . . . .	8
<b>2</b>	<b>Milieux</b>	<b>8</b>
2.1	Données climatiques . . . . .	8
2.1.1	Diagramme ombrothermique . . . . .	8
2.1.2	Rayonnement . . . . .	9
2.1.3	EssenceClimat . . . . .	9

# 1 Dendrométrie

## 1.1 Tarifs de cubage classiques à une entrée

Lorsqu'ils sont utilisés pour de petits lots d'arbres, ils reposent sur l'hypothèse que pour une station donnée, des arbres de même essence et même diamètre ont sensiblement même hauteur, même forme et donc même volume. Utilisés pour des lots d'arbres de plus d'une centaine de tiges, ils ont le mérite d'être plus rapides à utiliser que des tarifs à 2 entrées, et suffisamment précis à partir du moment où leur numéro est choisi correctement (voir paragraphes 1.1.2 et 1.1.3).

### 1.1.1 Tarifs Schaeffer

La fonction `TarifSch` renvoie le volume calculé avec un tarif Schaeffer à une entrée, que ce soit un tarif rapide (SchR), intermédiaire (SchI), lent (SchL) ou très lent (SchTL). Le résultat est exprimé en m<sup>3</sup>, les diamètres doivent être saisis en cm.

```
Types = c("SchR", "SchR", "SchL", "SchTL")
Nums = c(9, 8, 9, 8)
Diams = c(45, 45, 50, 50)
TarifSch(Types, Nums, Diams)

FALSE [1] 1.700000 1.600000 2.125000 1.975309
```

En cas d'erreur sur le type de tarif, la fonction renvoie NA.

```
Types2 = c("SchR", "Sch", "SchL", "SchTL") # erreur dans type tarif
TarifSch(Types2, Nums, Diams)

FALSE [1] 1.700000 NA 2.125000 1.975309
```

### 1.1.2 Trouver un tarif Schaeffer

La fonction `TarifFindSch` permet de trouver parmi les tarifs Schaeffer, ceux qui sont le plus adaptés au cubage d'un échantillon d'arbres. La fonction nécessite en entrée un tableau contenant au moins 3 colonnes : Essence, Diam et Vol.

```
data("Vol", package = "DataForet") # donnée présente dans le package DataForet
if (sum(c("Essence", "Vol", "Diam") %in% names(Vol)) == 3) {
  res <- TarifFindSch(Vol)
} else {print("Le fichier doit au moins contenir les 3 colonnes Essence, Vol et Diam")}
```

Le résultat de la fonction `TarifFindSch` peut être stocké dans un objet dénommé "res" (le nom peut évidemment être changé). Cela permet de visualiser ses 2 composantes : "tab" et "graph".

#### Tableau

```
print(xtable(res$tab,
  caption = "Numéros des tarifs Schaeffer et coefficients de variation associés.",
  digits=c(rep(0,3),rep(1,4),rep(2,4)), label = "FindSch", caption.placement = "top"),
  include.rownames=F, size="\small")
```

Essence	Nb	SchR	SchI	SchL	SchTL	SchRcv	SchIcv	SchLcv	SchTLcv
Chêne	20	4.2	4.3	4.3	4.4	0.40	0.32	0.31	0.31
Hêtre	19	7.7	7.3	6.9	6.6	0.17	0.14	0.18	0.23

Tableau 1 – Numéros des tarifs Schaeffer et coefficients de variation associés.

## Graphique

res\$graph

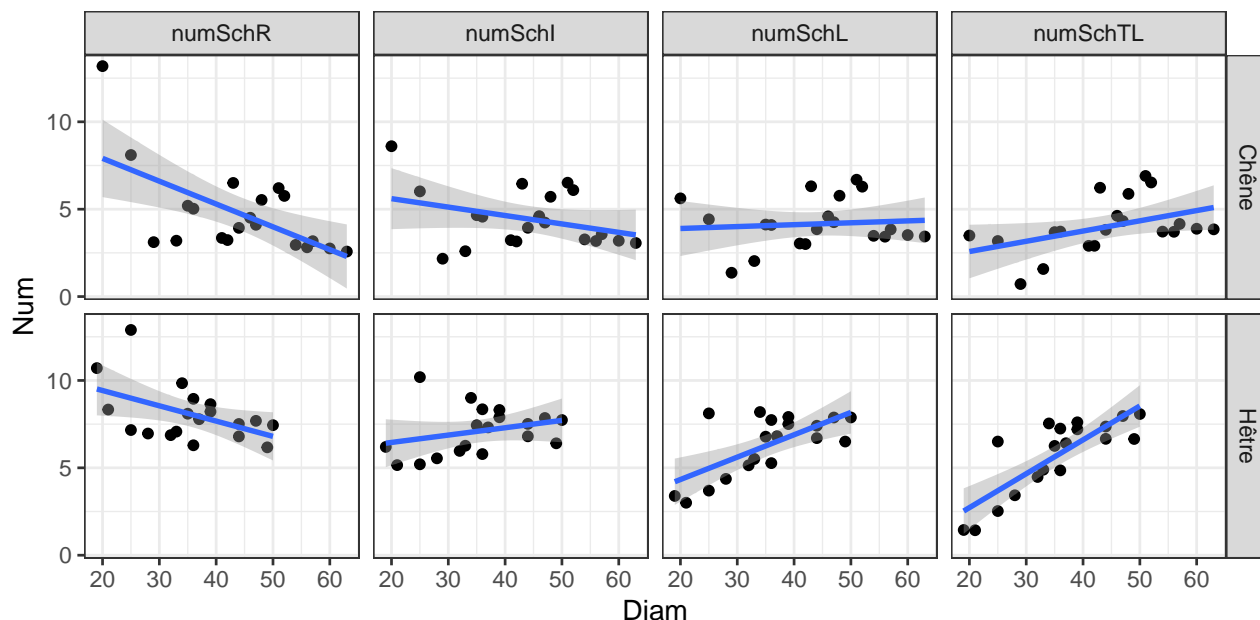


Figure 1 – Choix d'un tarif Schaeffer.

Le tableau n°1 et la figure n°1 montrent que pour cette application numérique, dans le cas du chêne il faudra utiliser un SchL n° 4.3 et un SchI n°7.3 pour le hêtre (numéros et types correspondants aux plus faibles coefficients de variation).

### 1.1.3 Calcul d'erreur avec un tarif Schaeffer

La fonction `TarifErreurSch` calcule l'erreur liée à l'estimation du volume d'un lot par utilisation d'un tarif Schaeffer. A titre d'application numérique, le tableau 2 contient dans ses 2 premières colonnes l'échantillon d'arbres qui permet de trouver la moyenne des numéros et leur variance pour les 4 types de tarif Schaeffer, les 2 dernières colonnes correspondant au lot à cuber. Les données utilisées dans l'application numérique ci-après sont fournies avec le package `Forestree`.

```
data("VolEchan", package = "DataForet")
data("VolLot", package = "DataForet")
tab <- TarifErreurSch(VolEchan, VolLot)
```

A titre d'exemple la fonction `TarifErreurSch` renvoie le tableau n°3 qui fournit par type de tarif Schaeffer rapide, intermédiaire, lent ou très lent le numéro à utiliser, le volume du lot accompagné de son erreur d'estimation. Dans le cas de l'application numérique, c'est un tarif Schaeffer lent n° 4.2 qui conduira à l'erreur d'estimation la plus faible.

## 1.2 Tarifs de cubage à deux entrées

### 1.2.1 Tarifs Chaudé

Ils nécessitent la connaissance du diamètre à 1,3 m et de la hauteur découpe. Ils sont basés sur la formule suivante :

$$V(D, H, \delta) = \frac{\pi}{40000} * [D - \delta * (\frac{H}{2} - 1,3)]^2 * H$$

Diam	Volume	Diam	Nombre
47	1.344	20	1
43	1.299	25	3
51	1.914	30	5
52	1.940	35	6
35	0.707	40	2
29	0.362	45	2
46	1.319	50	1
54	1.687		
42	0.950		
25	0.345		
63	2.322		
60	2.112		
48	1.579		
57	1.950		
56	1.813		
41	0.905		
36	0.750		
44	1.130		
33	0.515		
20	0.227		

Tableau 2 – Données utilisées pour le calcul d’erreur avec un tarif Schaeffer.

Type	Num	Volume	Erreur
SchI	4.4	13.6	0.093
SchL	4.2	13.8	0.081
SchR	4.8	13.4	0.139
SchTL	4.0	14.1	0.088

Tableau 3 – Volume estimé d’un lot d’arbres avec erreur associée.

où  $D$  est exprimé en cm,  $H$  en m et  $\delta$  en cm par mètre. Il existe 20 tarifs Chaudé classiques numérotés de 1 à 20 caractérisés par une décroissance métrique sur le diamètre variable selon la classe de diamètre. Le choix d’un numéro revient à choisir la fonction de décroissance métrique (voir tableau n°4).

La fonction **TarifChaudé** renvoie le volume calculé avec un tarif Chaudé à deux entrées. Le résultat est exprimé en m<sup>3</sup>. Le diamètre doit être exprimé en cm, la hauteur en m.

```
Hauts <- c(13,14,14)
Diams = c(45,45,50)
TarifChaudé(13, Diams, Hauts) # cas d'un Chaudé n°13

FALSE [1] 1.412925 1.460875 1.837552
```

### 1.2.2 Tarifs Schaeffer à 2 entrées

Ils sont moins connus que les tarifs de même nom à une entrée. Ils sont basés sur le coefficient de décroissance ( $k = D_m/D$ ). Ils se calculent à l’aide de la formule

$$V = \frac{\pi}{40000} * D_m^2 * H = \frac{\pi}{40000} * k^2 * D^2 * H$$

Pour les tarifs Schaeffer à 2 entrées, le coefficient de décroissance est fourni par la formule suivante.

$$k = \frac{a - b * H - k' C}{100}$$

où,

- $a$ ,  $b$  et  $k'$  sont des paramètres que l’utilisateur va devoir choisir parmi ceux proposés au tableau 5 ;
- $H$  correspond à la hauteur découpe ;

Diam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	1.9	1.6	1.3	1.0	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
15	2.2	1.9	1.6	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2
20	2.5	2.2	1.9	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3
25	2.7	2.5	2.2	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
30	2.9	2.7	2.4	2.1	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
35	3.2	2.9	2.6	2.3	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
40	3.4	3.1	2.8	2.5	2.3	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.5
45	3.5	3.2	2.9	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	0.9	0.8	0.6
50	3.6	3.3	3.0	2.7	2.5	2.4	2.2	2.0	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0	0.9	0.7
55	3.7	3.4	3.1	2.8	2.6	2.5	2.3	2.1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	0.8
60	3.8	3.5	3.2	3.0	2.7	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	0.9
65	4.0	3.6	3.3	3.1	2.8	2.6	2.5	2.4	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0
70	4.1	3.7	3.4	3.2	2.9	2.7	2.6	2.5	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1
75	4.2	3.8	3.5	3.3	3.0	2.7	2.6	2.6	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.3	1.2
80	4.4	3.9	3.6	3.4	3.1	2.8	2.7	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
85	4.5	4.1	3.8	3.5	3.2	2.9	2.8	2.8	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4
90	4.6	4.3	3.9	3.5	3.3	3.1	3.0	2.9	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5
95	4.7	4.5	4.1	3.8	3.5	3.3	3.1	3.0	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
100	4.7	4.5	4.1	3.8	3.5	3.3	3.1	3.0	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6

Tableau 4 – Décroissance métrique sur le diamètre (en cm/m) en fonction du diamètre pour les 20 tarifs classiques Chaudé.

-  $C$  à la circonférence exprimée en cm.

Num	a	b	k'	Essences	Commentaires
1	100	1,1		Toutes	Très grosse découpe
2	97	1		Chêne, hêtre	Massifs clairs, hauteurs corrigées
3	98	1,5		Bouleau	Peuplement clair
4.1	100	1,8		Peupliers	Bien élagués découpe de 60 à 120 cm au dessous de 12m
4.2	86,8	0,7		Peupliers	Bien élagués découpe de 60 à 120 cm au dessus de 12m
5.1	96	1,8		Peupliers	Mal élagués découpe de 60 à 120 cm au dessous de 12m
5.2	82,8	0,7		Peupliers	Mal élagués découpe de 60 à 120 cm au dessus de 12m
6	93	0,5	0,03	Sapins	Arbres élancés, découpe relativement forte
7	92	0,5	0,05	Epicéas	Arbres à empatement marqué, découpe fine
8.1	93	1,6		Ep, Mél, Pins	Plantation claire, inférieure à 10 m
8.2	82	0,5		Ep, Mél, Pins	Plantation claire, supérieure à 10 m
9	80	0,25		Pin sylvestre	Peuplements naturels Auvergne, découpe 10 cm
10	92	1,5		Pin sylvestre	Plantation claire

Tableau 5 – Paramètres des tarifs Schaeffer à 2 entrées

```
Hauts <- c(13,14,14)
Diams = c(45,45,50)
TarifSch2(2, Diams, Hauts) # cas d'un Schaeffer2 n°2

FALSE [1] 1.458871 1.533907 1.893713
```

### 1.2.3 Tarif EMERGE

Le tarif EMERGE proposé par l'ONF est un tarif à deux entrées (hauteur totale et circonférence à 1,30 m) mais dont les coefficients dépendent de l'essence. Sa finalité est de calculer le volume total d'un arbre (volume total aérien, jusqu'à extrémité des rameaux).

```
Tarif_EMERGE(df, df$Haut, df$C130)
```

La fonction `Vifn_Vonf` cartographie par sylvoécocorégion le ratio entre le volume EMERGE et le volume géométrique bois fort tige de l'IFN.

```
res <- Vifn_Vonf(ess = c("02", "03", "05", "06"))
plot(res$g)
```

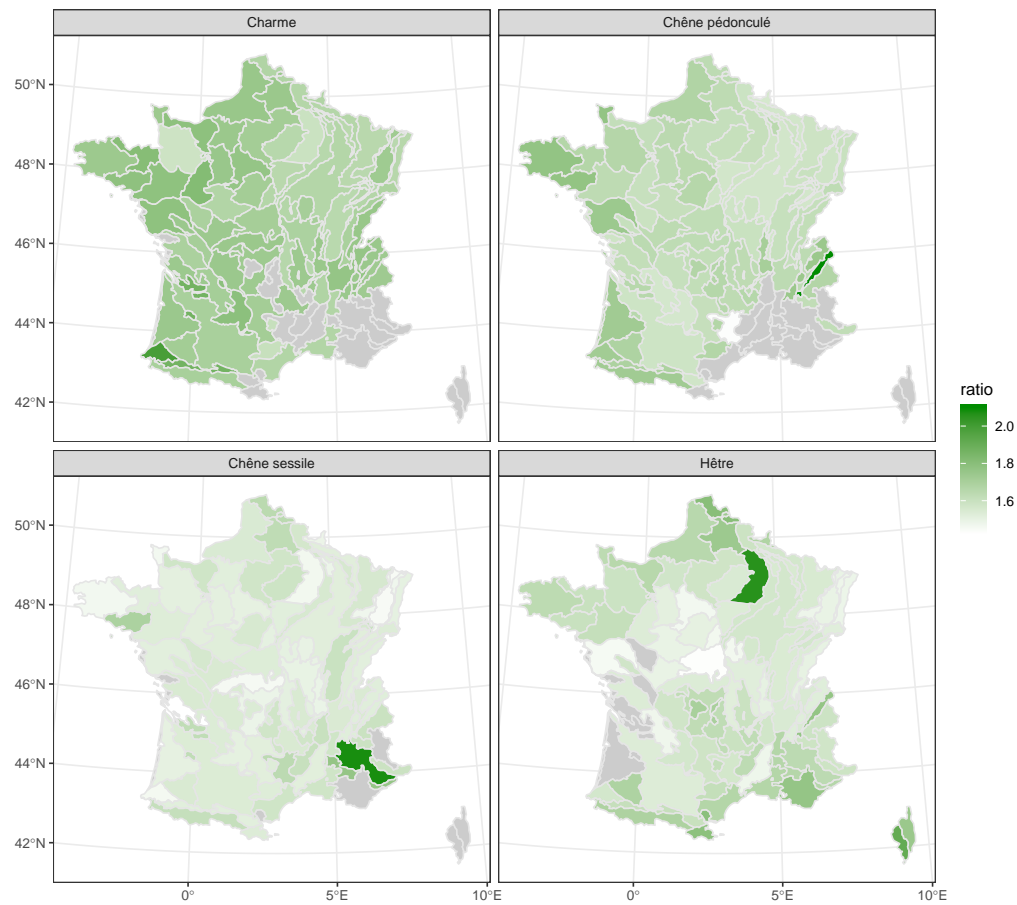


Figure 2 – *Ratio entre volume EMERGE et volume IFN.*

La figure 2 permet de visualiser par sylvoécorégion le ratio entre le volume EMERGE et le volume géométrique bois fort tige de l'IFN.

## 1.3 Données IFN

### 1.3.1 Bases IFN

Les bases de données arbres et placettes de l'IFN sont stockées dans le package DataForet. Elles sont accessibles avec l'instruction suivante. Des informations complémentaires sur les fonctions permettant d'exploiter les données de l'IFN se trouvent dans le package DataForet.

```
data("IFNarbres", package = "DataForet")
data("IFNplacettes", package = "DataForet")
```

### 1.3.2 Accroissement sur le diamètre

La fonction IFNacctD du package DataForet récupère dans la base de données de l'IFN les arbres vivants ne semblant pas avoir subi d'accident, ayant moins de 25 % de branches mortes dans la partie supérieure du houppier qui ont directement accès à la lumière.

Le script suivant fournit les accroissements sur le diamètre pour l'ancienne forêt domaniale de Saint-Gobain (sans la partie Coussy-Basse).

```
# ----- données
data("IFNarbres", package = "DataForet")
data("IFNplacettes", package = "DataForet")
data("CodesEssIFN", package = "DataForet")
data("Ecorces", package = "DataForet")
data("ser", package = "DataForet")
# ----- Choix
data("FD", package = "DataForet")
perim = FD %>% filter(IIDTN_FRT == "F10451Y")
# ----- Fonction
acct <- IFNacctD(perim)
# ----- Résultats
# acct$tab
# acct$Effectif
acct$Graph

# # ou bien choix du périmètre
# acct <- IFNacctD()
```

### 1.3.3 Variables dendrométriques

La fonction IFNdendro fournit une estimation de la surface terrière sur un périmètre choisi par l'opérateur :

- des principales essences ;
- de la structure en PER, PB, BM, GB ;
- de l'importance en BM + GB des deux essences contribuant le plus à la surface terrière totale.

Toutes ces informations sont accompagnées de leur coefficient de variation. Les calculs sont faits en supposant que toutes les placettes ont le même poids.

La fonction nécessite en entrée un shape correspondant au périmètre retenu : forêt, massif, sylvoécORégion, etc. Si le périmètre n'est pas indiqué, une boîte de dialogue permet de la choisir.

```
data(perim)
load("IFNdata.Rdata")
res <- IFNdendro(perim)
# Résultats détaillés
res$tab          # Répartition de la surface terrière
res$Nb           # nombre de placettes IFN
res$perimetre    # périmètre retenu
res$placettes    # placettes IFN
```

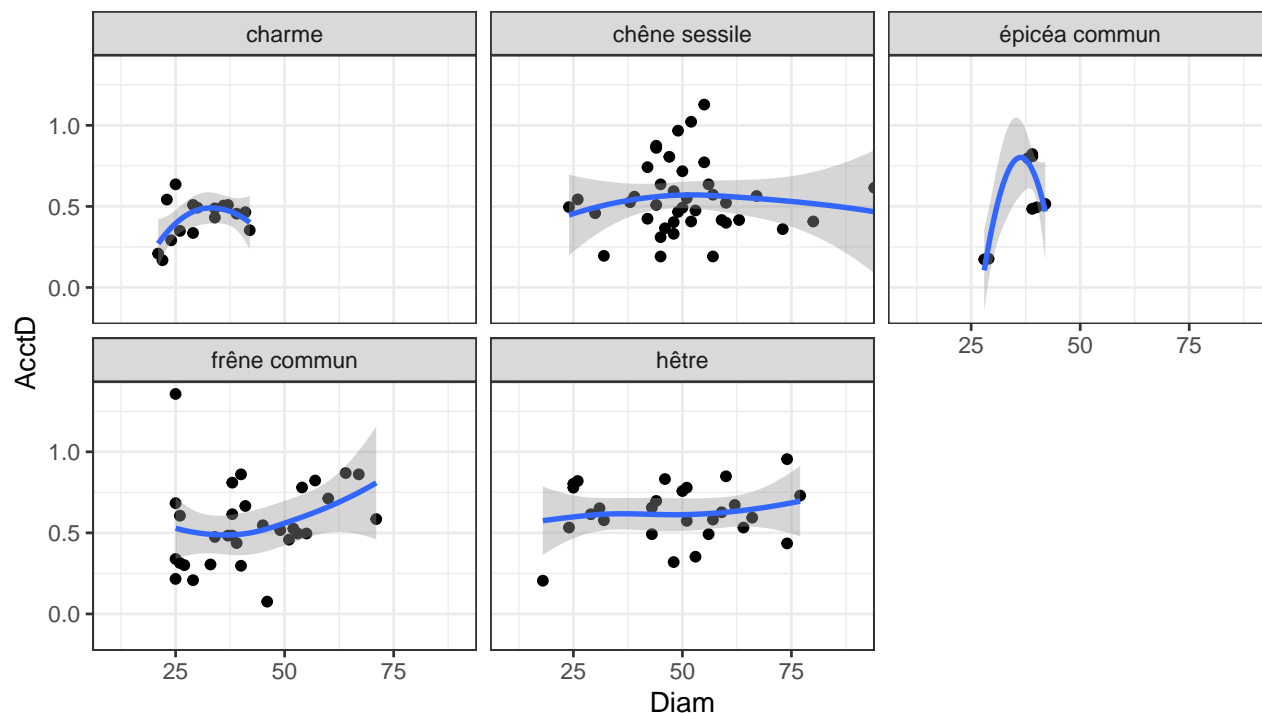


Figure 3 – accroissements sur le diamètre pour l'ancienne forêt domaniale de Saint-Gobain.

#### 1.3.4 Cartographie des essences par sylvoécorégions

#### 1.3.5 Cartographie des essences par sylvoécorégions

La fonction fournit la répartition du volume d'une essence par classe de diamètre et par région. Les deux découpages par régions sont ceux des GRECO ou des types de climats.

```
data(IFNarbres)
data(IFNplacettes)
data(ser)
EvolEssence(ess="05", group="climat")
```

## 2 Milieux

### 2.1 Données climatiques

#### 2.1.1 Diagramme ombrothermique

La fonction `ClimatOmbro` permet l'édition d'un diagramme ombrothermique à partir d'informations mensuelles sur les températures et les précipitations. La figure 4 présente un exemple.

```
Precipitation = c(62,52,40,34,19,8,11,15,26,38,66,65)
Temperature = c(6.4,7.6,9.6,11.6,15.4,18.3,20.8,20.9,18.1,14.2,9.4,7.3)
ClimatOmbro(Temperature, Precipitation)
```



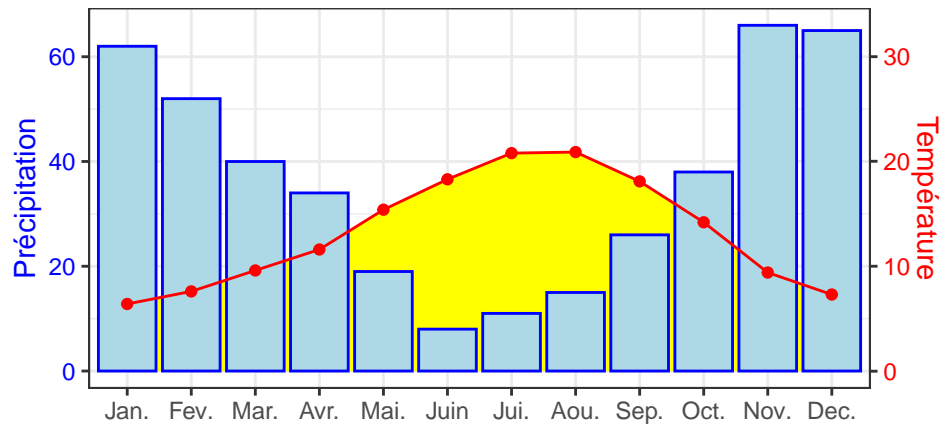


Figure 4 – Exemple de diagramme ombrothermique

```
##### Données
data("DataMeteo")
##### Visualisation
head(DataMeteo)
##### Utilisation fonction
ClimatOmbroMF(DataMeteo)
```

### 2.1.2 Rayonnement

La quantité de rayonnement solaire conditionne le besoin en eau des plantes. La fonction **Rayonnement** nécessite en entrée le périmètre du territoire sous forme d'objet sf ainsi que son MNT. Elle renvoie un raster des écarts par rapport au rayonnement moyen.

```
library(sf)
library(tidyverse)
library(raster)
library(insol)

data(razel)
r <- SiteMnt(razel)
rad <- Rayonnement(razel, r)

plot(rad, axes=F, box=F)
plot(st_geometry(razel), add=T)
# writeRaster(rad, "Rad.tif", format="GTiff", overwrite=TRUE)
```

### 2.1.3 EssenceClimat

La fonction **EssenceClimat** permet de visualiser l'importance en volume d'une ou plusieurs essences selon le découpage de la France métropolitaine en 8 grands types de climat. Elle s'appuie sur la base IFN. Elle a comme argument la ou les essences retenues avec leur code IFN, ainsi le laps de temps sur lequel est calculée la moyenne des volumes. Par défaut les calculs portent sur les 7 dernières années.

```
library(sf)
library(tidyverse)
library(DataForet)
library(Forestree)
```

```
EssenceClimat(c("02", "03", "05", "06"))  
EssenceClimat(c("09", "61", "62", "52"))  
EssenceClimat("09")  
EssenceClimat(c("10", "11"))
```