

# 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 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 climat . . . . .	9
<b>2 Milieux</b>	<b>10</b>
2.1 Données climatiques . . . . .	10
2.1.1 Diagramme ombrothermique . . . . .	10
2.1.2 Rayonnement . . . . .	10
2.1.3 Course du soleil . . . . .	11
2.2 Recherche statuts de protection . . . . .	11
2.3 Géologie . . . . .	12
2.4 Topographie . . . . .	12
2.4.1 MNT . . . . .	12
2.4.2 Indicateurs dérivés du MNT . . . . .	13
2.4.3 Fonction Countour2Line . . . . .	14

# 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  $m^3$ , 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
```

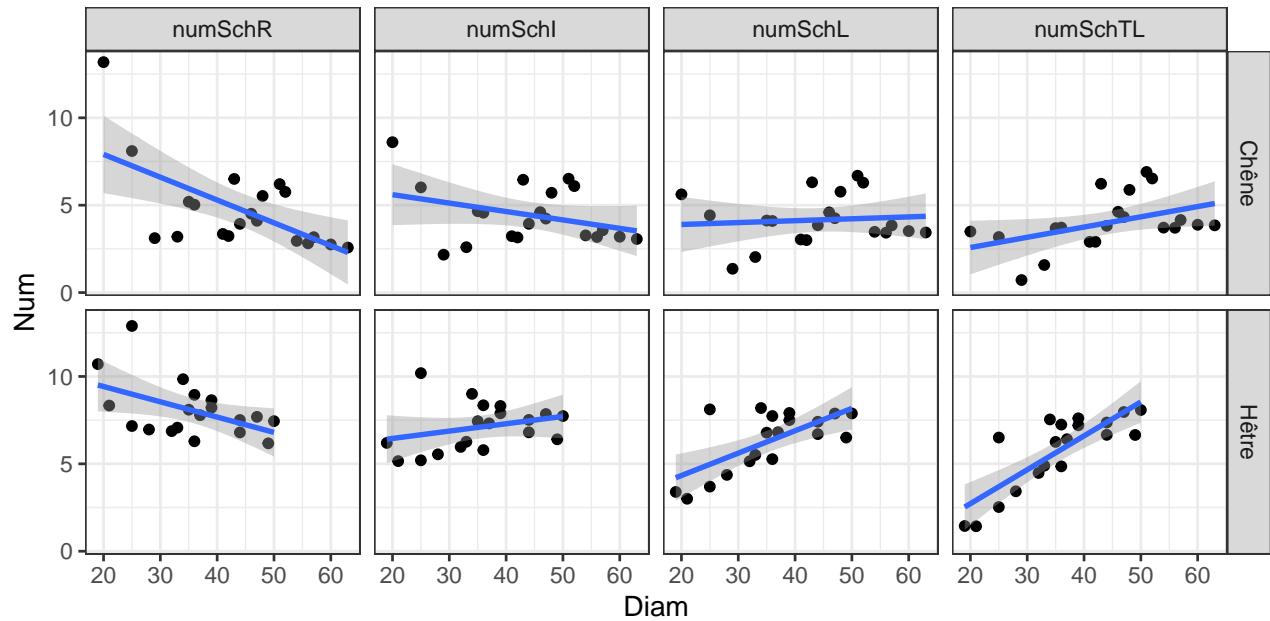


Figure 1 – Choix d'un tarif Schaeffer.

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 découpé. 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 et 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	0.2	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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	1.3	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	
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	
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	
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	
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	

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 empattement 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 sylvoécorégion 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)
```

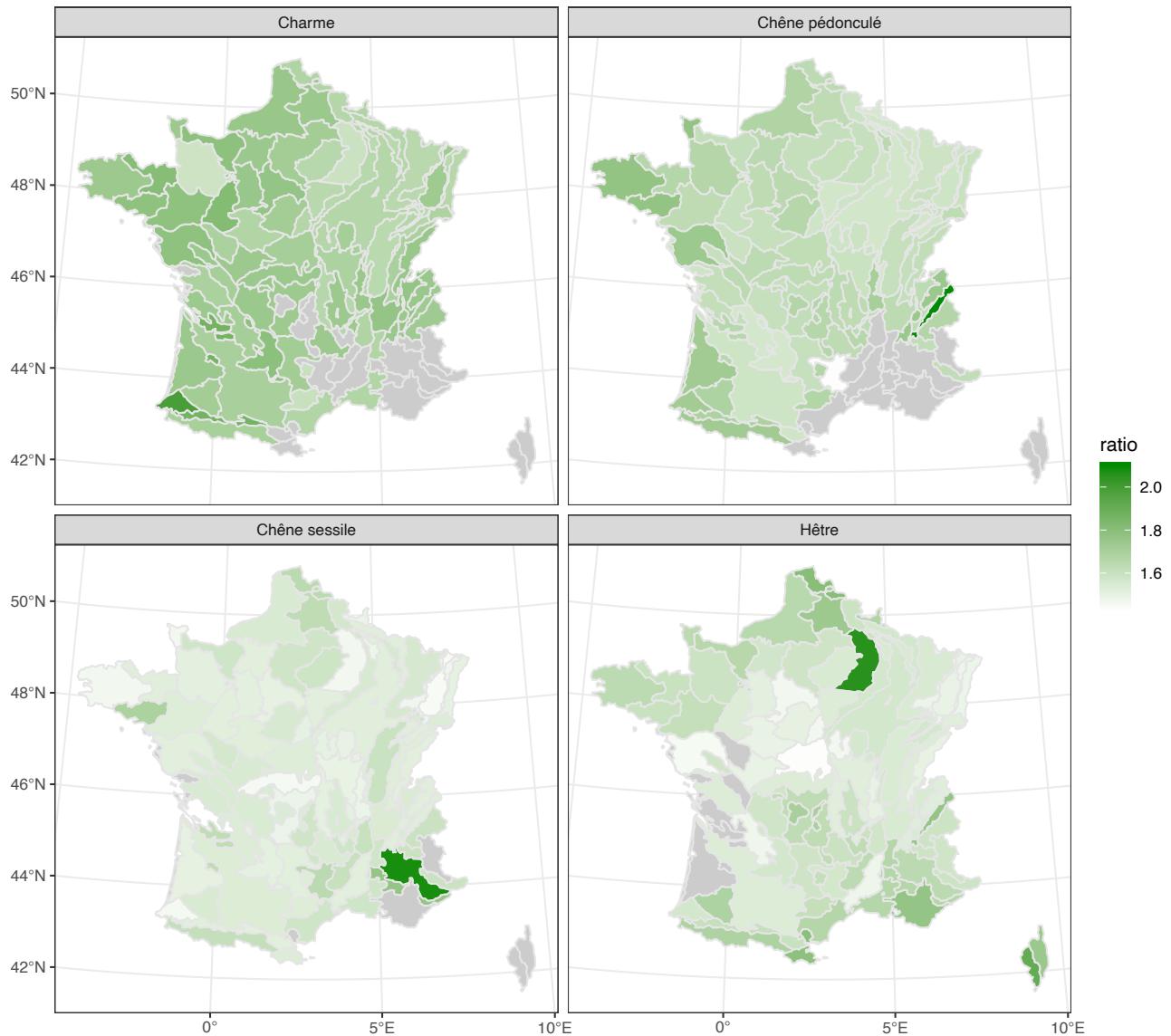


Figure 2 – Ratio entre volume EMERGE et volume IFN.

La figure 2 permet de visualiser par sylvoécorégion le ratio entre le volume EMERGE et le volume géométrique bois fort tige de l'IFN pour 4 essences feuillus.

## 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
```

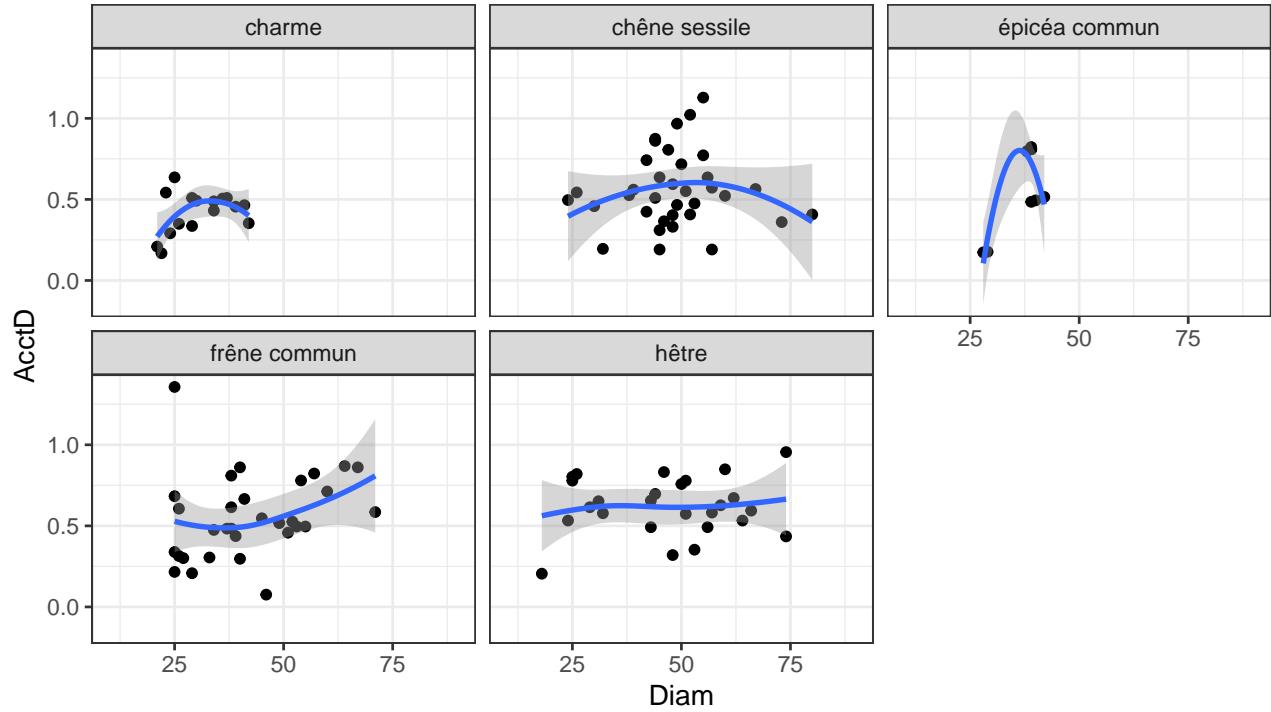


Figure 3 – accroissements sur le diamètre pour l'ancienne forêt domaniale de Saint-Gobain.

#### 1.3.4 Cartographie des essences par sylvoécorégions

La fonction `CarteEssenceSer` renvoie une carte des sylvoécorégions avec un niveau de rouge proportionnel au volume bois fort tige de l'essence retenue. Elle rest construite en conservant toutes les placettes de l'IFN depuis 2005. Cela permet d'attester la présence de l'essence y compris dans des peuplements qui auraient fait l'objet d'une coupe quelques années auparavant. Les sylvoécorégions qui ne contiennent pas l'essence retenue sont en gris foncé. Les points bleus permettent de localiser les placettes IFN contenant l'essence retenue. Leur densité permet d'estimer la précision du volume. La fonction nécessite en entrée le code IFN de l'essence retenue. Par exemple le code "09" correspond au hêtre.

```
EssenceSer("09")
```

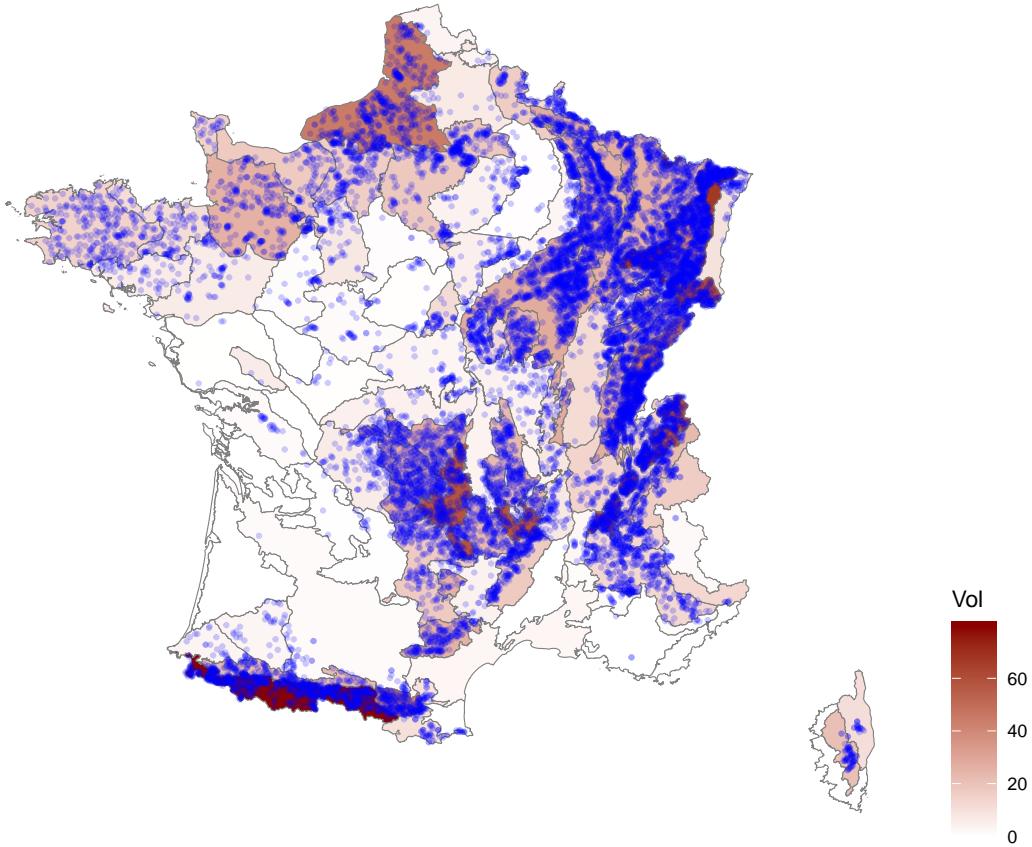


Figure 4 – Localisation et importance en volume du hêtre - Source IFN

### 1.3.5 Cartographie des essences par climat

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. Par rapport à la fonction `CarteEssenceSer`, elle permet de visualiser une ou plusieurs essences également désignées par leur code IFN. Les volumes sont calculés sur les dernières années avec un laps de temps choisi par l'opérateur. 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"))
```

## 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 5 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)
```

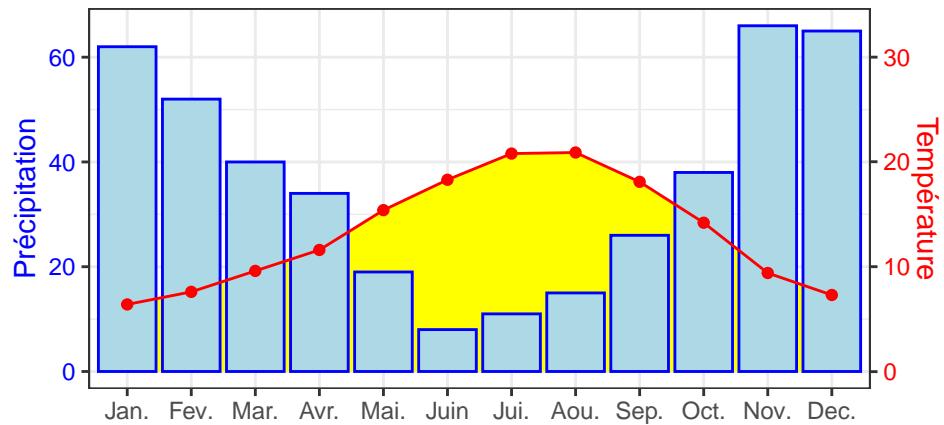


Figure 5 – Exemple de diagramme ombrothermique

La fonction `ClimatOmbroMF` permet également l'édition d'un diagramme ombrothermique mais cette fois-ci à partir d'un tableau contenant les informations classiques de météoFrance : Station, Année, Mois, RR (Précipitations), TN (température minimale) et TX (température maximale). Si le tableau en entrée contient plusieurs stations, une boîte de dialogue permet de n'en sélectionner qu'une.

```
##### 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 Course du soleil

La fonction `CourseSoleil` renvoie la hauteur du soleil exprimée en degré au premier jour du printemps (20 mars) et de l'été (20 juin). Elle peut être utilisée pour calculer des masques solaires.

```

library(tidyverse)
library(suncalc)

res <- CourseSoleil(Lat = 50.1, Lon = 1.83)
res$graph

```

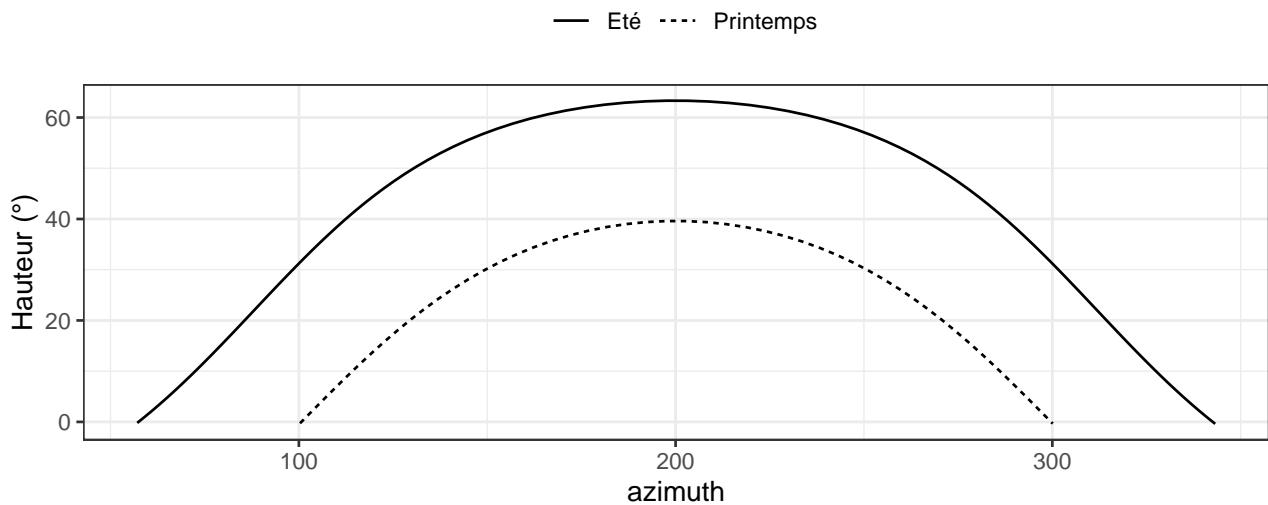


Figure 6 – Hauteur du soleil en degré à l'équinoxe de printemps et au solstice d'été.

## 2.2 Recherche statuts de protection

La fonction `NetProtectData` recherche sur internet les statuts de protection applicables sur un territoire donné. La fonction nécessite en entrée un fichier géoréférencé des limites du territoire au format sf ou shp. Si le fichier en entrée est au format shp, la fonction le transforme au format sf.

Le tableau n°6 fournit la liste des liens internet recherchés

La fonction `ProtectDataCreate` du package DataFoet va rechercher sur internet les fichiers géoréférencés des statuts de protection listés dans le tableau 6 et les rassemble dans un objet sf. Puis la fonction `ProtectDataUse` fait une intersection avec les limites d'un territoire choisi et si le territoire est concerné par certains des statuts, renvoie une carte de localisation des statuts et les enregistre dans un format .shp. .

Thème	Lien
Znieff1	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/znieff1.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/znieff1.zip</a>
Znieff2	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/znieff2.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/znieff2.zip</a>
Zico	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/zico.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/zico.zip</a>
Sic	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/sic.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/sic.zip</a>
Zps	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/zps.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/zps.zip</a>
Apb	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/apb.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/apb.zip</a>
Aspim	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/aspim.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/aspim.zip</a>
Bpm	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/bpm.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/bpm.zip</a>
Pn	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/pn.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/pn.zip</a>
Ripn	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/ripn.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/ripn.zip</a>
Pnr	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/pnr.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/pnr.zip</a>
Rb	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/rb.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/rb.zip</a>
Bios	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/bios.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/bios.zip</a>
Rn	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/rnn.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/rnn.zip</a>
Rncfs	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/rncfs.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/rncfs.zip</a>
Rnr	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/rnr.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/rnr.zip</a>
Cen	<a href="https://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/cen.zip">https ://inpn.mnhn.fr/docs/Shape/cen.zip</a>

Tableau 6 – Statuts de protection : liens internet.

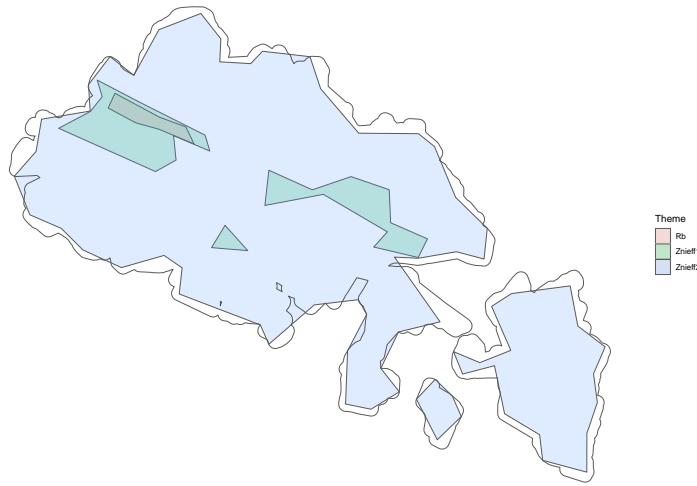


Figure 7 – Recherche des statuts de protection applicables sur un territoire donné. Cas de la forêt domaniale de Montmorency.

## 2.3 Géologie

## 2.4 Topographie

### 2.4.1 MNT

La topographie joue un rôle important dans la définition des stations et dans leur organisation spatiale. De nombreux indicateurs topographiques peuvent être calculés dès que l'on possède un modèle numérique de terrain. En France l'IGN met à disposition gratuitement un MNT à la résolution de 75 m. Il est possible, d'acheter auprès de l'IGN, des MNT à la résolution de 5 m. La NASA met à disposition des MNT (DEM en anglais) à la résolution de 30 m.

Le package `elevatr` offre une alternative intéressante. Il permet de récupérer un MNT à partir d'une zone d'extension qui est calculée par le biais d'un périmètre fourni en entrée. Avant janvier 2018 la recherche de MNT pouvait être faite sur 2 sources. Depuis une seule source est disponible.

```
library(elevatr)
library(raster)
library(sf)
```

```

perim <- FD %>% filter(IIDTN_FRT == "F10451Y")
r <- SiteMnt(perim)
par(mar = c(0,0,0,0))
plot(r, axes=F, box=F)
plot(st_geometry(perim), add=T)

```

La fonction `SiteMnt` est basée sur la fonction `get_elev_raster` du package `elevatr` qui donne accès sur des serveur AWS à des données d'altitude à l'échelle de la planète. La recherche nécessite en entrée le périmètre de la zone désirée ainsi que la résolution. Le paramètre `zoom` permet de choisir la résolution du raster en sortie. Ce doit être un entier. Sa valeur par défaut a été fixée à 14. Dans ce cas la résolution sera égale à environ 3,2 m. Si `zoom` est égal à 1 la résolution est de 7600 m, c'est pourquoi la fonction `SiteMnt` ramène automatiquement le zoom à 10 (résolution d'environ 51 m) si le zoom choisi par l'opérateur est inférieur à 10.

La figure 8 permet de comparer le MNT de l'IGN vendu à une résolution de 5 m avec celui issu d'un serveur de MNT (serveur AWS) avec une résolution annoncée légèrement supérieure à 3 m. La forêt retenue pour cette comparaison est située sur la commune d'Allevard en Isère, avec des altitudes comprises entre 500 et 2700 m. Cette figure montre que la résolution réelle du serveur AWS est supérieure à 5m et que le mnt fourni par le serveur AWS a tendance à lisser le mnt réel. En utilisant les points géodésiques de l'IGN comme référence les écarts entre le mnt issu du serveur AWS et celui de l'IGN sont en moyenne comparable. Le principal intérêt du mnt issu du serveur AWS est que l'information est gratuite, disponible sur l'ensemble de la planète et de résolution largement suffisante pour de nombreux emplois en forêt.

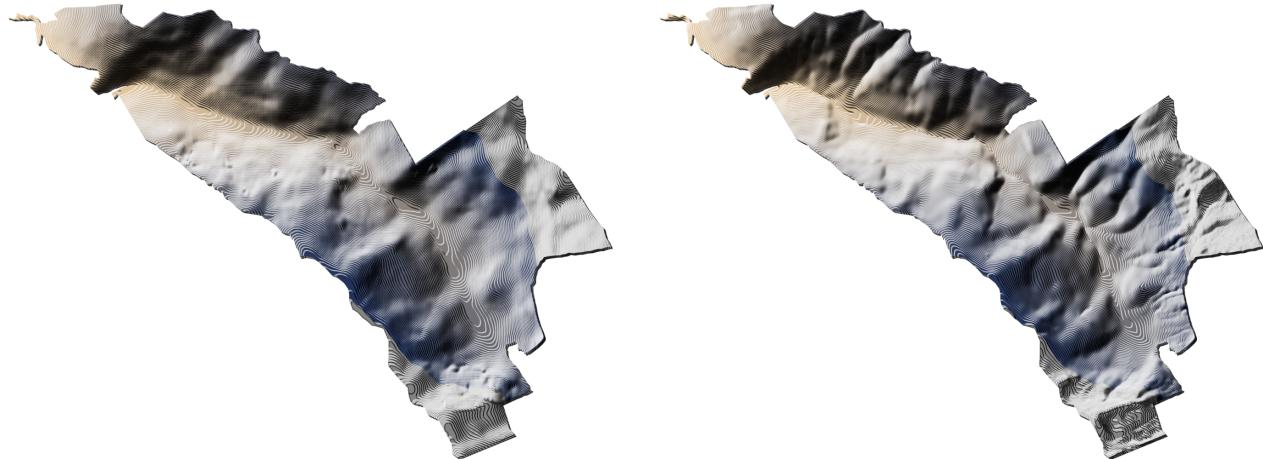


Figure 8 – Comparaison des résolutions entre le MNT de l'IGN (à droite) avec celui issu d'un serveur AWS (à gauche)

#### 2.4.2 Indicateurs dérivés du MNT

La fonction `SiteTopo` permet de calculer des indicateurs topographiques sur un périmètre donné. Elle renvoie trois indicateurs topographiques : pente, classes de pente par exposition et direction de la ligne de plus grande pente.

```

library(raster)
library(sf)
library(tidyverse)
library(scales)

res <- SiteTopo(perim, r)
res$Pente
res$ExpoPente
res$Ecoul

```

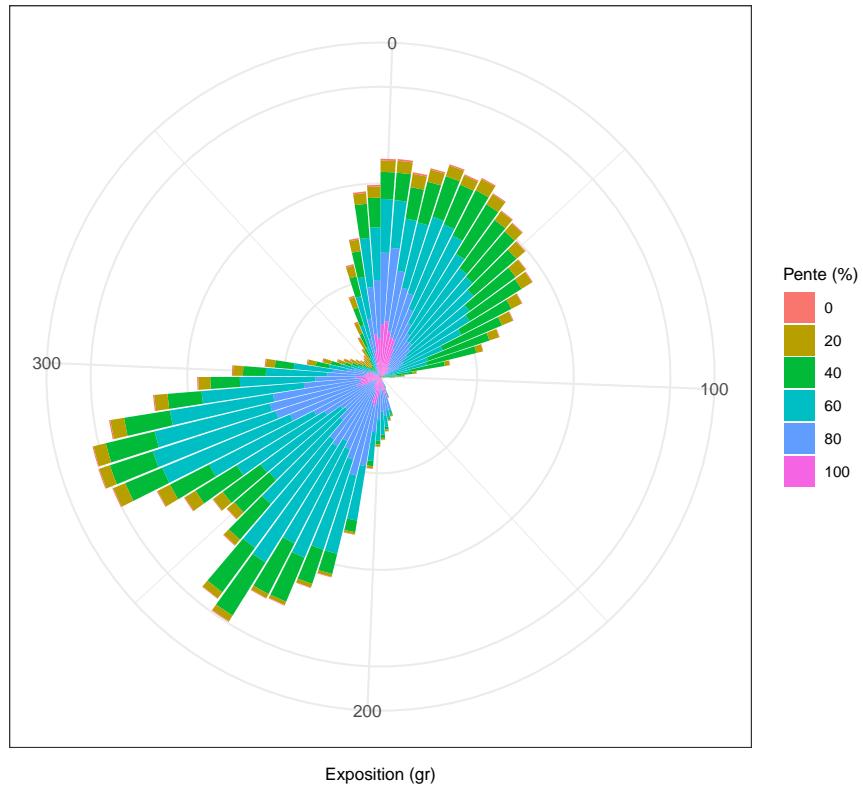


Figure 9 – Exemple de répartition des pentes par exposition.

#### 2.4.3 Fonction Contour2Line

```

library(sf, quietly =T, warn.conflicts =F)
library(Forestree)
data(razel)
mnt = SiteMnt(razel)
res <- Contour2Line(razel, mnt, valline="430")
courbes <- res$courbes
Ligne <- res$ligne

plot(st_geometry(razel))
plot(st_geometry(courbes), add=T, col='orange', lwd=0.5)
plot(st_geometry(Ligne), add=T, col='red')

```

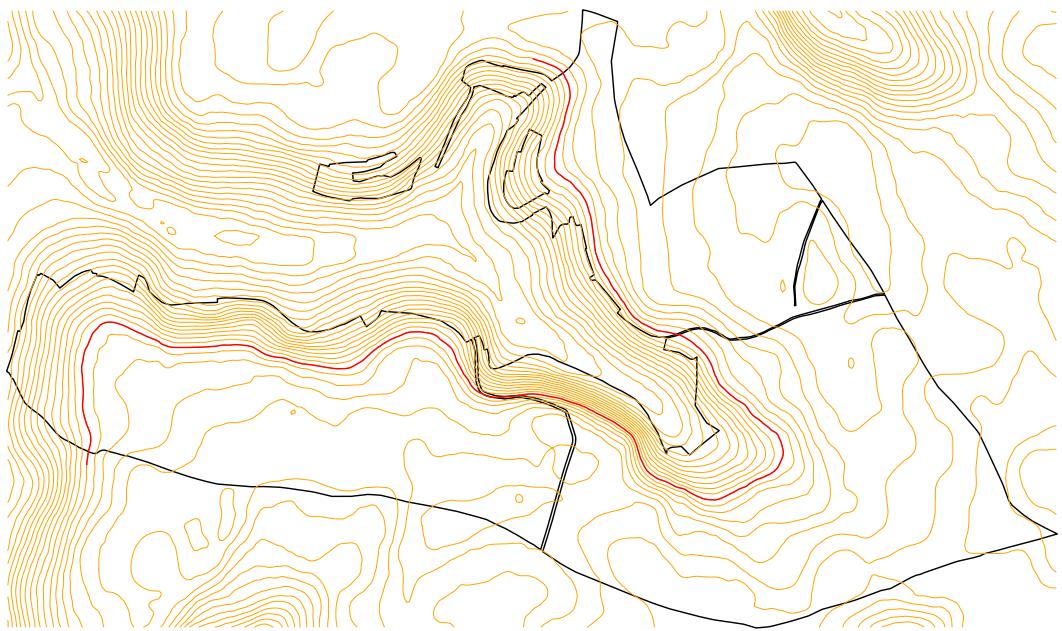


Figure 10 – Transformation d'un raster en courbes de niveau.