

À quelle altitude trouve-t-on des chênes sessiles et pédonculés en France métropolitaine ?

Pr Jean R. LOBRY

En croisant les données de l'inventaire forestier national de l'IGN et celles de l'altitude des mailles SAFRAN de Météo-France on trouve que les chênes sessiles et pédonculés ont une présence maximale dans la tranche d'altitude de 151 à 180 mètres. Question simple mais réponse plus compliquée que ce l'on pouvait espérer.

Table des matières

1	Les données sur le couvert forestier de l'IFN	2
1.1	Source	2
1.2	Import des données	3
1.3	Sélection des chênes pédonculés et sessiles	3
1.4	Jointure avec les placettes	4
2	Les données des mailles SAFRAN de Météo-France	4
2.1	Source	4
2.2	Clef d'identification des mailles	4
3	Rattachement des placettes IFN aux mailles SAFRAN	6
4	Calcul du taux de couverture moyen	6
4.1	Mise en œuvre	6
4.2	Effort d'échantillonnage	7
5	Exploitation des données sur l'altitude	12
	Références	14

1 Les données sur le couvert forestier de l'IFN

1.1 Source

LES données [3] sont celles de l'IGN¹. J'avais pensé dans un premier temps exploiter les données du fichier FLORE.csv [2], mais je suis tombé sur une difficulté inattendue. Quand je regarde le nombre d'observations disponibles pour le chêne pédonculé (`cd_ref = 139596`) et le chêne sessile (`cd_ref = 139584`) j'ai un trou entre 2007 et 2014, inclus :

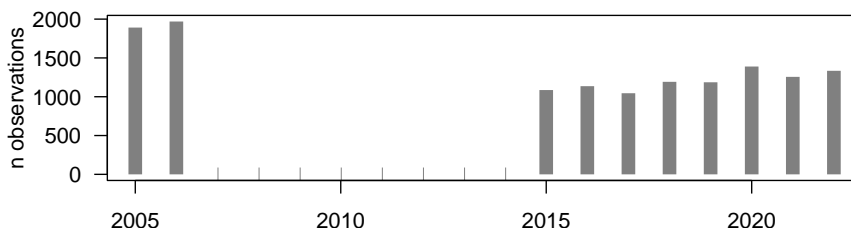
```
flore <- read.table("export_dataifn_2005_2022/FLORE.csv",
                  sep = ";", dec = ".", header = TRUE)
save(flore, file = "altichene/flore.Rda")

chmin <- "http://pbil.univ-lyon1.fr/R/donnees/altichene/"
load(url(paste0(chmin, "flore.Rda")))
chrocdref <- function(the_CD_REF, ...){
  with(flore, {
    tbl <- tapply(CD_REF, CAMPAGNE, \(x) sum(x == the_CD_REF))
    x <- as.numeric(names(tbl))
    par(lend = "butt")
    plot(x, tbl, type = "h", lwd = 10, col = grey(0.5), las = 1,
         ylab = "n observations", ...)
  })
}
par(mfrow = c(2, 1), mar = c(3, 4, 3, 2) + 0.1)
chrocdref(139596, main = "Chêne pédonculé")
chrocdref(139584, main = "Chêne sessile")
```

Chêne pédonculé



Chêne sessile



¹IGN – Inventaire forestier national français, Données brutes, Campagnes annuelles 2005 et suivantes, <https://inventaire-forestier.ign.fr/dataIFN/>, site consulté le 23/02/2024. Une sauvegarde de la version utilisée ici est disponible à <http://pbil.univ-lyon1.fr/R/donnees/altichene/>. Pour une introduction sommaire voir aussi la fiche « [g]éolocalisation de 11 espèces de chênes observées en France métropolitaine entre 2005 et 2021 » à <http://pbil.univ-lyon1.fr/R/pdf/dataIFN.pdf>

Je ne sais pas trop quoi en penser puisque dans la documentation associée au fichier FLORE.csv il est dit très clairement [2] pour la variable CD_REF : « Unité et modalités : identiques pour toutes les campagnes. » Comme je n'ai pas réussi à comprendre l'origine du problème, je me suis rabattu sur le fichier COUVERT.csv [1].

1.2 Import des données

```
couvert <- read.table("export_dataifn_2005_2022/COUVERT.csv",
  sep = ";", dec = ".", header = TRUE)
# On ne garde que le taux de couvert absolu de la strate recensable,
# plus de 23,5 cm de circonférence, puisque depuis la campagne 2015
# la strate non recensable ne fait plus l'objet de détermination
# du taux de couvert
couvert <- couvert[, 1:5]
couvert <- subset(couvert, STRATE == "R")
couvert <- couvert[, -3] # colonne de la strate
save(couvert, file = "altichene/couvert.Rda")
```

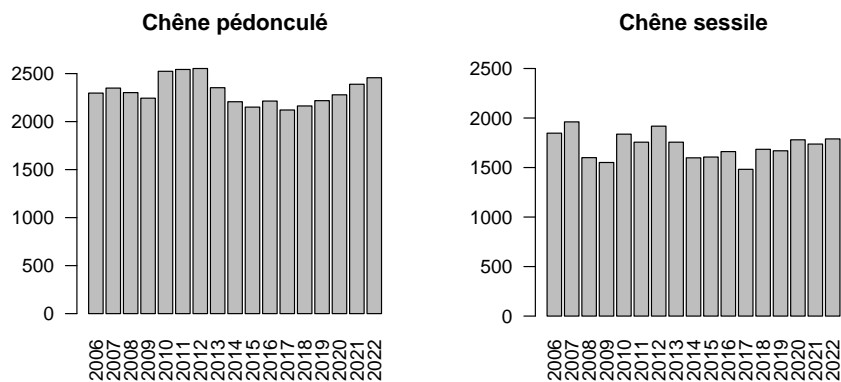
1.3 Sélection des chênes pédonculés et sessiles

LA NOMENCLATURE des espèces arborées a évolué au cours du temps avec des changements en 2007 et 2009 mais pour le chêne pédonculé (ESPAR_C = 02) et le chêne sessile (ESPAR_C = 03) c'est resté stable. Je sélectionne les couverts (absolus) documentés pour ces deux espèces.

```
load("altichene/couvert.Rda")
CHP <- subset(couvert, ESPAR_C == "02")
CHP <- CHP[, -3] ; names(CHP)[3] <- "TCA_CHP"
CHS <- subset(couvert, ESPAR_C == "03")
CHS <- CHS[, -3] ; names(CHS)[3] <- "TCA_CHS"
save(CHP, CHS, file = "altichene/CPS.Rda")
```

Je dispose de 39364 couples placette-campagne pour le chêne pédonculé et de 29232 pour le chêne sessile. Chaque année il y a de l'ordre de 2300 placettes où le chêne pédonculé est observé et 1700 où c'est le cas du chêne sessile, que ce soit en première ou seconde visite.

```
load(url(paste0(chmin, "CPS.Rda")))
par(mfrow = c(1, 2))
barplot(table(CHP$CAMPAGNE), las = 2, main = "Chêne pédonculé")
barplot(table(CHS$CAMPAGNE), las = 2, main = "Chêne sessile",
  ylim = c(0, 2500))
```



J E n'ai plus de problème de trou entre 2007 et 2014, en revanche l'année 2005 ne semble pas être disponible dans le fichier `COUVERT.csv`.

1.4 Jointure avec les placettes

```
placettes <- read.table("export_dataifn_2005_2022/PLACETTE.csv", sep = ";",
                      header = TRUE)
placettes <- placettes[, 1:5]
save(placettes, file = "altichene/placettes.Rda")
```

CHACQUE placette est identifiée par son IDP (identifiant externe de placette). Une placette n'étant relevée qu'une fois par campagne, le couple (CAMPAGNE-IDP) nous donne une clef d'identification pour faire les jointures. On conserve toutes les placettes (jointure à gauche) et on récupère le taux de couvert des chênes pédonculés et sessiles. Les valeurs manquantes sont forcées à zéro (si on n'a pas observé de chêne c'est que son taux de couvert est nul). On fait enfin la somme² des taux de couvert des deux espèces qui nous intéressent (variable `TCA_CPS` de la table `plachene`).

```
load("altichene/placettes.Rda")
load("altichene/CPS.Rda")
plachene <- merge(placettes, CHP, by.x = c("CAMPAGNE", "IDP"),
                 by.y = c("CAMPAGNE", "IDP"),
                 all.x = TRUE)
plachene[is.na(plachene$TCA_CHP), "TCA_CHP"] <- 0
plachene <- merge(plachene, CHS, by.x = c("CAMPAGNE", "IDP"),
                 by.y = c("CAMPAGNE", "IDP"),
                 all.x = TRUE)
plachene[is.na(plachene$TCA_CHS), "TCA_CHS"] <- 0
plachene$TCA_CPS <- with(plachene, TCA_CHP + TCA_CHS)
save(plachene, file = "altichene/plachene.Rda")
```

J E n'ai pas trouvé l'information sur l'altitude des placettes dans les données de l'IFN. Comme j'avais l'information pour les mailles SAFRAN de Météo-France je suis parti dans cette direction.

2 Les données des mailles SAFRAN de Météo-France

2.1 Source

ON trouvera sur le site de Météo-France³ toutes les informations utiles. J'ai trouvé ici⁴ l'information sur l'altitude des mailles SAFRAN. Les mailles SAFRAN étant tous les 8 km, on a donc, hors cas particulier des mailles périphériques, un maximum de 64 placettes IFN par maille.

2.2 Clef d'identification des mailles

POUR se faciliter la vie on va se construire une clef d'identification des mailles SAFRAN. On tire parti du fait que leurs coordonnées en LAMBERT II Carto

²Dans de rares cas (*viz.* placette 679298 en 2011 et placette 933613 en 2014) ce pourcentage peut dépasser les 100 %. Rien d'inquiétant puisqu'il s'agit d'un taux de couvert absolu [1] et que différents étages peuvent se chevaucher.

³<https://meteo.data.gouv.fr/datasets/6569b27598256cc583c917a7>

⁴<https://recherche.data.gouv.fr/fr/jeu-de-donnee/geopackage-des-mailles-safran-meteo-france-en-france-metro>

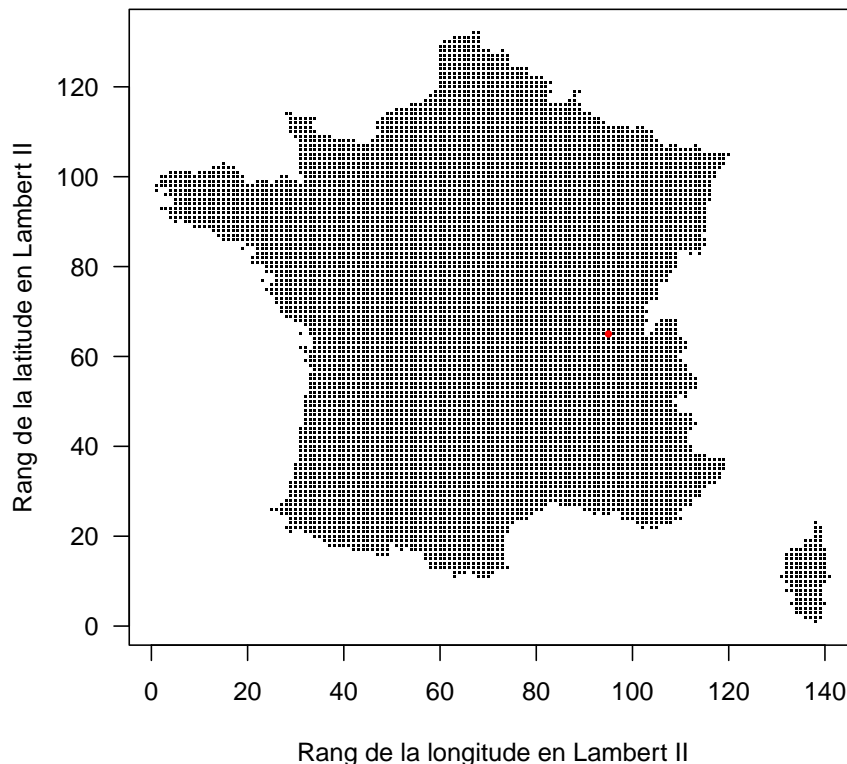
(Centre) ou LAMBERT II étendue sont régulièrement espacées de 8 km. On peut ainsi définir une clef IDij en se basant sur le rang⁵ des coordonnées en LAMBERT II étendu.

```
load("altichene/mailllesSAFRAN.Rda")
maillles$i <- maillles$LAMBIIx_hm/80 - 8.5
maillles$j <- maillles$LAMBIIy_hm/80 - 202.125
maillles$IDij <- with(maillles, paste(i, j, sep = "-"))
save(maillles, file = "altichene/mailllesIDij.Rda")
```

PAR EXEMPLE, la maille SAFRAN la plus proche de la forêt domaniale de SEILLON, en rouge ci-dessous, est de clef d'identification entière IDij = 95-65, ce qui signifie que c'est la 95^e maille en partant de la gauche et la 65^e en partant du bas.

```
load(url(paste0(chmin, "mailllesIDij.Rda")))
with(maillles, plot(i, j, pch = ".", las = 1,
  xlab = "Rang de la longitude en Lambert II",
  ylab = "Rang de la latitude en Lambert II",
  main = "Principe du calcul des clefs d'identification\ndes mailles SAFRAN"))
points(95, 65, pch = 19, col = "red", cex = 0.5)
```

Principe du calcul des clefs d'identification des mailles SAFRAN



⁵Si on chipote ce n'est pas le rang *stricto sensu* pour les longitudes parce que les mailles situées en CORSE induisent une discontinuité territoriale. Disons que ce sont des rangs troués, et le tour est joué, le tout étant d'avoir saisi l'idée.

3 Rattachement des placettes IFN aux mailles SAFRAN

ON veut rattacher chaque placette IFN à la maille SAFRAN la plus proche. Pour ce faire on définit une fonction qui renvoie la maille SAFRAN la plus proche à partir de coordonnées en LAMBERT 93 de la maille IFN.

```
library(sp)
getMaille <- function(xlon, ylat){
  # WGS84 : proj4string(Objet) <- CRS("+init=epsg:4326")
  # RGF93 (Lambert 93) : proj4string(Objet) <- CRS("+init=epsg:2154")
  proj_WGS84 <- CRS("EPSG:4326")
  proj_RGF93 <- CRS("EPSG:2154")
  coords_origine <- SpatialPoints(matrix(c(xlon, ylat), ncol = 2),
                                     proj4string = proj_RGF93)
  coords_destination <- spTransform(coords_origine, proj_WGS84)
  mailles$dist <- spDistsN1(as.matrix(mailles[, c("LON_DG", "LAT_DG")]),
                           coords_destination, longlat = TRUE)
  imin <- which.min(mailles$dist)
  madist <- unlist(mailles[imin, "dist"])
  if(madist > sqrt(2^4 + 2^4)){
    msg <- paste0("cible externe : distance à la maille la plus proche : ",
                  signif(madist, 3), " km \n")
    warning(msg)
  }
  return(imin)
}
```

IL suffit ensuite de boucler sur toutes les placettes IFN pour trouver quelle est la maille SAFRAN la plus proche. C'est un peu longuet, mais j'ai sauvegardé le résultat.

```
plachene$IDij <- NA
for(i in seq_len(nrow(plachene))){
  xlon <- plachene[i, "XL"]
  ylat <- plachene[i, "YL"]
  ii <- getMaille(xlon, ylat)
  plachene[i, "IDij"] <- mailles[ii, "IDij"]
}
save(plachene, file = "altichene/placheneIDij.Rda")
```

4 Calcul du taux de couverture moyen

4.1 Mise en œuvre

POUR chaque maille SAFRAN on veut calculer le nombre de placettes IFN disponibles et le taux de couverture moyen en chêne sessile et pédonculé (TCA_CPS). On fait ces calculs uniquement sur la première visite⁶ pour ne pas compter deux fois la même placette.

```
load("altichene/maillesIDij.Rda")
load("altichene/placheneIDij.Rda")
mailles$n <- mailles$TCA_CPS <- NA
for(i in seq_len(nrow(mailles))){
  the_IDij <- mailles[i, "IDij"]
  with(subset(plachene, IDij == the_IDij & VISITE == 1L),{
    nplac <- length(TCA_CPS)
    mailles[i, "n"] <- nplac
  })
}
```

⁶J'ai rencontré une autre difficulté ici, à savoir que le taux de couverture des chênes sessiles et pédonculés n'est que très rarement renseigné (40 placettes seulement) en seconde visite. Je ne sais pas pourquoi.

```

if(nplac == 0L){
  mailles[i, "TCA_CPS"] <- 0
} else {
  mailles[i, "TCA_CPS"] <- mean(TCA_CPS)
}
})
}
save(mailles, file = "altichene/maillesTCA.Rda")

```

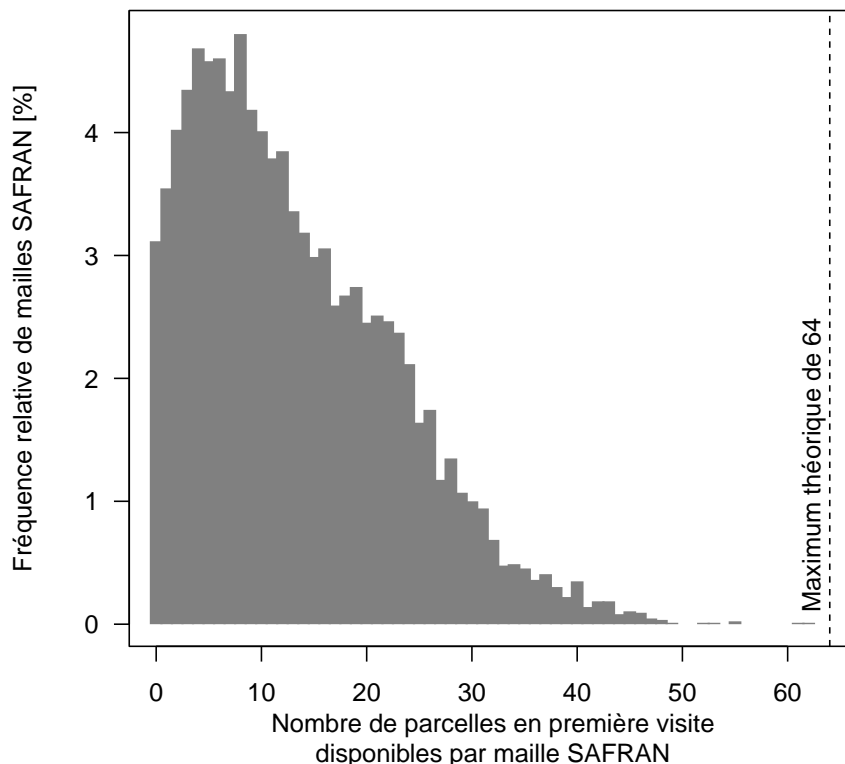
4.2 Effort d'échantillonnage

```

load(url(paste0(chmin, "maillesTCA.Rda")))
load(url(paste0(chmin, "placheneIDij.Rda")))
x <- mailles$n ; tbl <- table(x)
par(lend = "butt")
yy <- 100*tbl/sum(tbl) ; xx <- as.numeric(names(tbl))
plot(xx, yy, type = "h", lwd = 8, col = grey(0.5),
      yaxt = "n", xlab = "Nombre de parcelles en première visite\ndisponibles par maille SAFRAN",
      ylab = "Fréquence relative de mailles SAFRAN [%]",
      main = "Distribution de l'effort d'échantillonnage\npar maille SAFRAN",
      xlim = c(0, 64))
axis(2, pretty(yy), las = 1)
abline(v = 64, lty = 2)
text(64, par("usr")[4]/2, "Maximum théorique de 64", srt = 90, pos = 2)

```

**Distribution de l'effort d'échantillonnage
par maille SAFRAN**

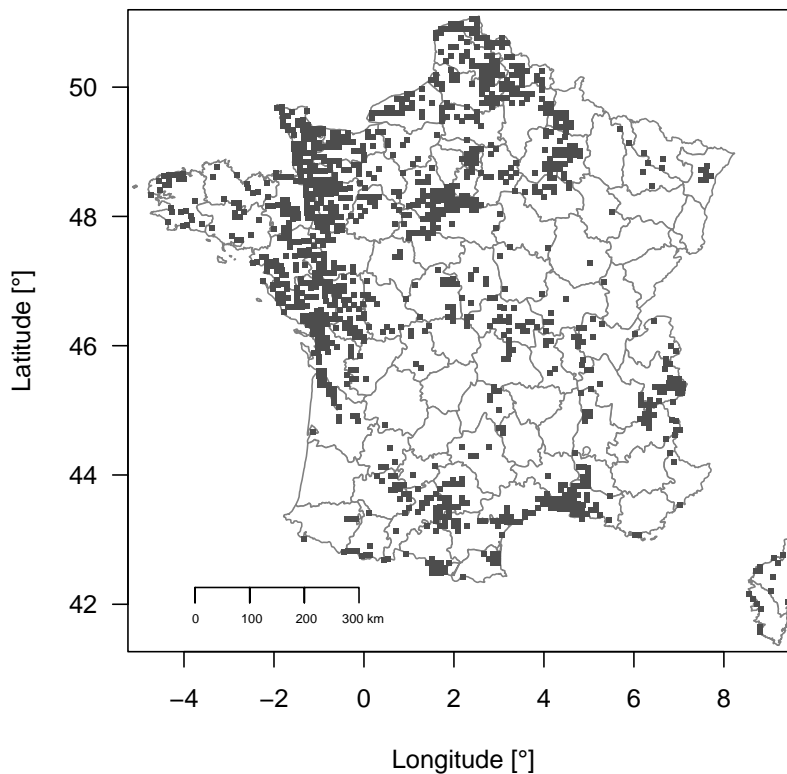


Le nombre de placettes disponibles par maille suit une distribution unimodale, asymétrique à droite, de moyenne 13.4. Il n'y a finalement que très peu de

mailles (environ 3 %) sans aucune placette. Regardons la localisation des mailles peu documentées.

```
mapFrance <- function(border = grey(0.5), col = "white",
  mar = c(5, 4, 4, 0), ...){
  require(maps)
  map("france", mar = mar,
    fill = TRUE, col = col, border = border, ...)
  map.axes(las = 1)
  map.scale(ratio = FALSE, cex = 0.5, relwidth = 0.2)
  title(xlab = "Longitude [°]", ylab = "Latitude [°]")
}
mapFrance()
with(subset(mailles, n <= 3),{
  points(LON_DG, LAT_DG, pch = 15, cex = 0.5, col = grey(0.3))
})
title(main = "Les mailles SAFRAN avec 3 placettes ou moins")
```

Les mailles SAFRAN avec 3 placettes ou moins



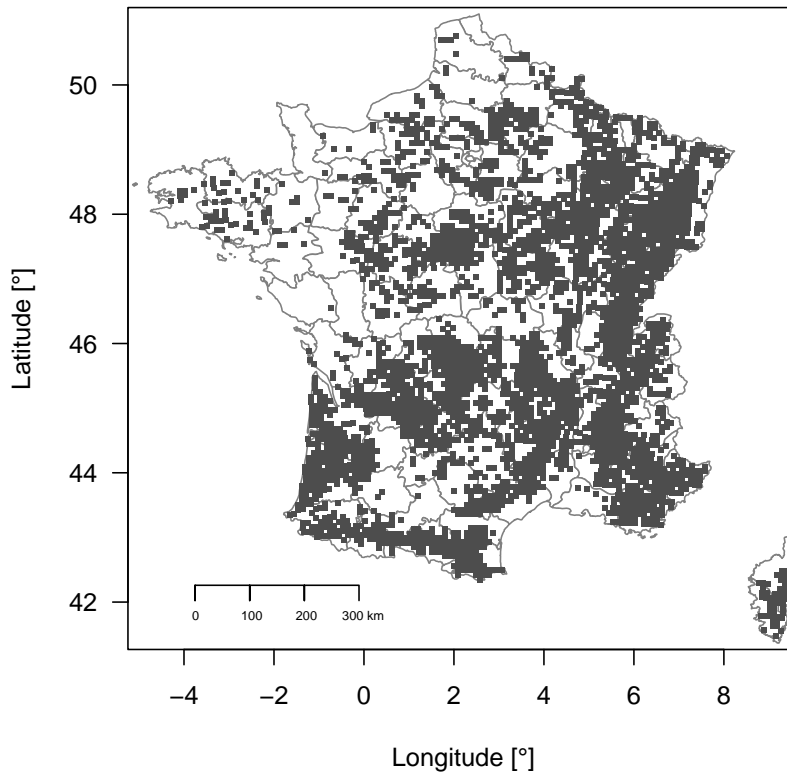
LES mailles se trouvent dans des zones difficiles d'accès (haute montagne des Alpes et Pyrénées), des endroits où il ne peut matériellement pas y avoir de forêt (par exemple le bassin d'Arcachon), des zones fortement urbanisées (Paris, Lyon, Marseille, Nord) et des zones de forte emprise agricole et quelques ZICAD éparses. Tout semble cohérent ici. Si on regarde au contraire les mailles les mieux documentées :

```
mapFrance()
with(subset(mailles, n > 13),{
```



```
points(LON_DG, LAT_DG, pch = 15, cex = 0.5, col = grey(0.3))
})
title(main = "Les mailles SAFRAN avec plus de 13 placettes")
```

Les mailles SAFRAN avec plus de 13 placettes



ON retrouve les contours des principaux massifs forestiers, donc tout semble s'être bien passé pour le rattachement des placettes aux mailles. Pour mieux s'en convaincre, dans la représentation suivante, on fait un zoom sur le département de l'Ain. Les points noirs régulièrement espacés de 8 kilomètres sont au centre des mailles SAFRAN. La maille SAFRAN au centre du carré noir est celle qui est la plus proche de la forêt domaniale de SEILLON (site RENECOFOR CHS01), de rang 6958 dans la table `mailles` et de clef d'identification entière IDij 95-65. Les coordonnées des placettes de l'inventaire forestier national ne sont pas documentées de façon précise mais sont au plus à 700 m du centre de la maille kilométrique (carrés verts) utilisée pour segmenter le territoire en LAMBERT 93 (ce qui fait que nous ne sommes pas parfaitement raccord avec les mailles SAFRAN : léger décalage de l'alignement des carrés verts). Il y a 35 couples placette-campagne qui ont été raccrochés ici à la maille SAFRAN d'intérêt, mais on n'en voit que 20 car certaines placettes on fait l'objet d'une seconde visite (carré vert plus foncé).

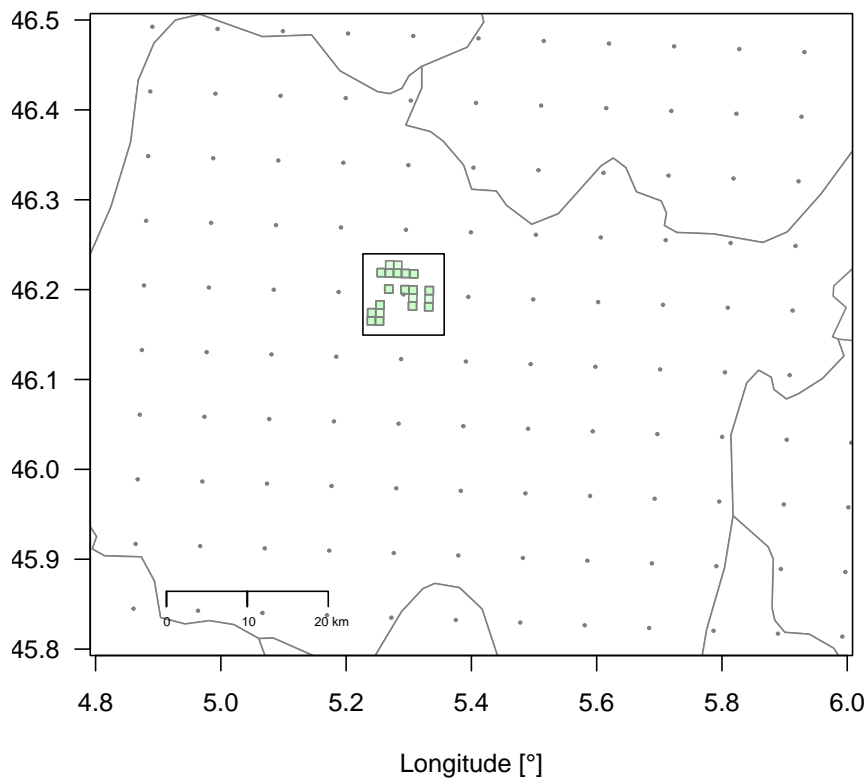
```
imamaille <- 6958L # Seillon CHS01
mapFrance(xlim = c(4.8, 6), ylim = c(45.8, 46.5))
points(mailles$LON_DG, mailles$LAT_DG, pch = 19, col = rgb(0,0,0,0.5)),
```

```

    cex = 0.25)
the_IDij <- mailles[imamaille, "IDij"]
npl <- numeric(0)
with(subset(plachene, IDij == the_IDij), {
  npl <- length(XL)
  proj_WGS84 <- CRS("EPSG:4326")
  proj_RGF93 <- CRS("EPSG:2154")
  coords_origine <- SpatialPoints(matrix(c(XL, YL), ncol = 2),
    proj4string = proj_RGF93)
  coords_destination <- spTransform(coords_origine, proj_WGS84)
  points(coordinates(coords_destination), pch = 22,
    bg = rgb(0.5, 1, 0.5, 0.25), cex = 0.8, col = grey(0.5))
})
title(main = paste("Les", npl, "placette-campage associées à la maille SAFRAN CHS01"))
points(mailles[imamaille, "LON_DG"], mailles[imamaille, "LAT_DG"], pch = 22,
  cex = 8)

```

Les 35 placette-campage associées à la maille SAFRAN CHS01



LA maille SAFRAN la plus documentée avec 62 placettes est au Sud du département du Doubs, mais c'est un peu un artéfact avec l'attraction de placettes périphériques car la maille SAFRAN la plus proche tomberait majoritairement en Suisse et n'est pas présente dans la table `mailles`.

```

imamaille <- which.max(mailles$n)
mapFrance(xlim = c(5.5, 6.6), ylim = c(46.4, 47))
points(mailles$LON_DG, mailles$LAT_DG, pch = 19, col = rgb(0,0,0,0.5),
  cex = 0.25)
the_IDij <- mailles[imamaille, "IDij"]
npl <- numeric(0)
with(subset(plachene, IDij == the_IDij), {

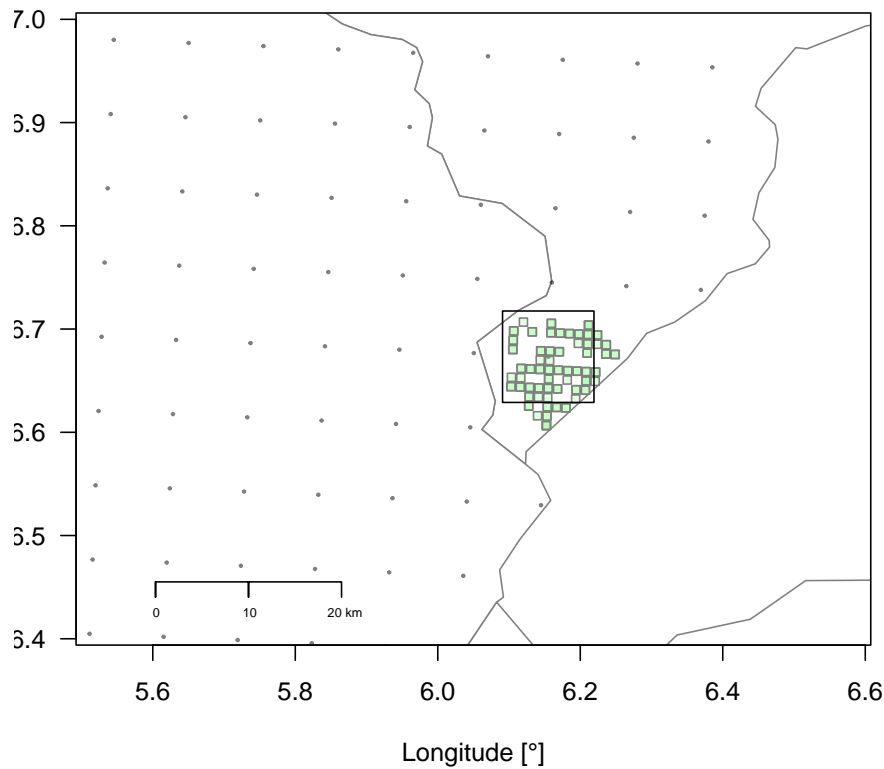
```

```

npl <- length(XL)
proj_WGS84 <- CRS("EPSG:4326")
proj_RGF93 <- CRS("EPSG:2154")
coords_origine <- SpatialPoints(matrix(c(XL, YL), ncol = 2),
                                   proj4string = proj_RGF93)
coords_destination <- spTransform(coords_origine, proj_WGS84)
points(coordinates(coords_destination), pch = 22,
        bg = rgb(0.5, 1, 0.5, 0.25), cex = 0.8, col = grey(0.5))
})
title(main = paste("Les", npl, "placette-campage de la maille SAFRAN record"))
points(mailles[imamaille, "LON_DG"], mailles[imamaille, "LAT_DG"], pch = 22,
      cex = 9)

```

Les 108 placette-campage de la maille SAFRAN record



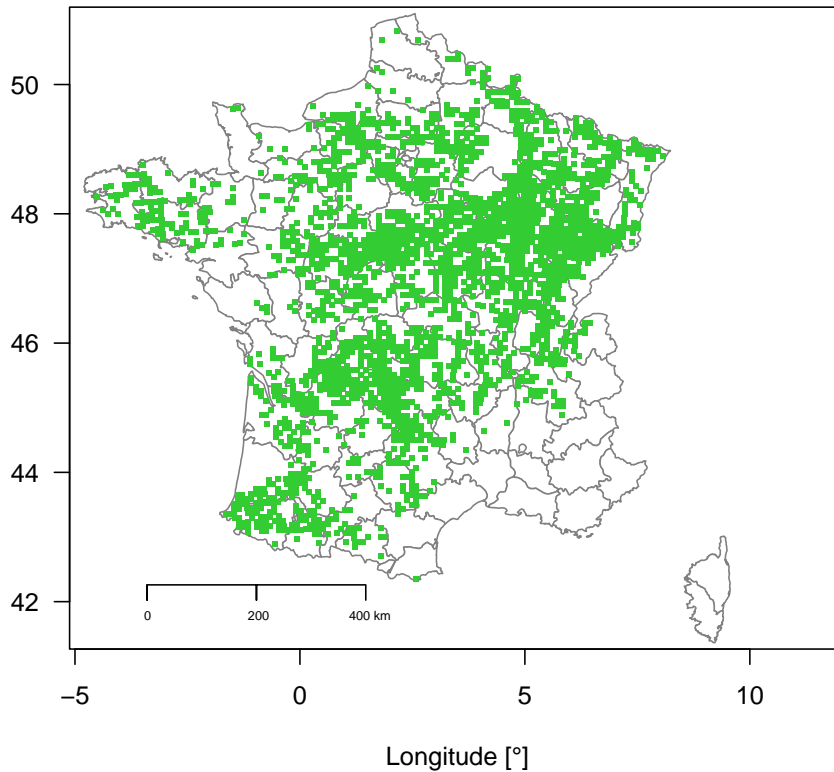
COMME dernière vérification on représente les mailles SAFRAN où plus de 10 placettes sont disponibles et où le taux de couvert moyen des chênes sessiles et pédonculés est supérieur à 10 %. On retrouve bien la répartition de ces espèces avec leur exclusion de Corse et de la zone méditerranéenne.

```

mapFrance(xlim = c(-5, 12))
title(main = "Chênes sessiles et pédonculés")
with(subset(mailles, n > 10 & TCA_CPS > 10), {
  points(LON_DG, LAT_DG, pch = 15, cex = 0.5,
        col = rgb(0.2, 0.8, 0.2))
})

```

Chênes sessiles et pédonculés

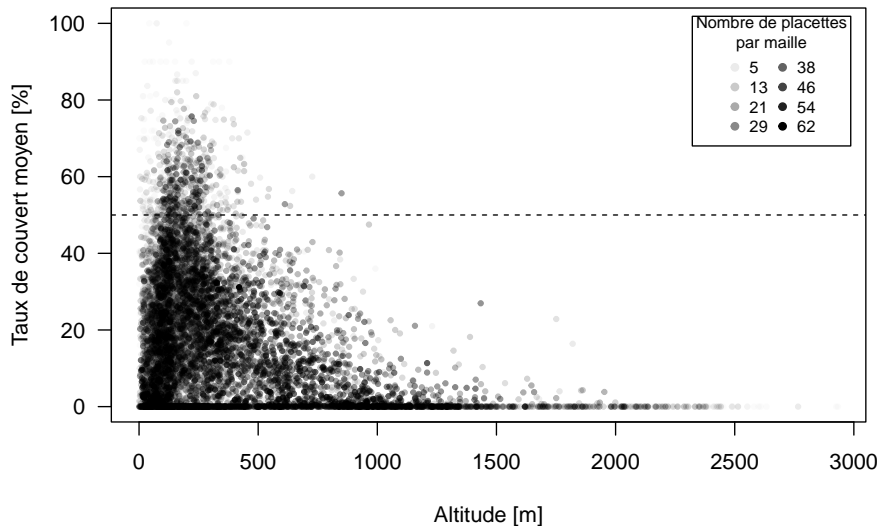


5 Exploitation des données sur l'altitude

DANS cette première représentation, très directe, chaque point correspond à une maille SAFRAN. Les points sont d'autant plus opaques que le nombre de placettes rattachées à la maille est important, pour éviter de donner trop de poids graphiquement à des mailles faiblement documentées.

```
with(mailles, {
  main <- paste("Altitude des chênes sessiles et pédonculés\n(n =",
    length(TCA_CPS),
    "mailles SAFRAN)")
  plot(altitude, TCA_CPS, pch = 19, col = rgb(0, 0, 0, n/max(n)),
    xlab = "Altitude [m]", las = 1, cex = 0.5,
    ylab = "Taux de couvert moyen [%]",
    ylim = c(0, 100),
    main = main)
  abline(h = 50, lty = 2)
  npts <- 8
  myseq <- round(seq(5, max(n), le = npts))
  legend("topright", inset = 0.02, legend = myseq,
    pch = 19, col = rgb(0, 0, 0, myseq/max(n)),
    title = "Nombre de placettes\npar maille",
    ncol = 2, cex = 0.75)
})
```

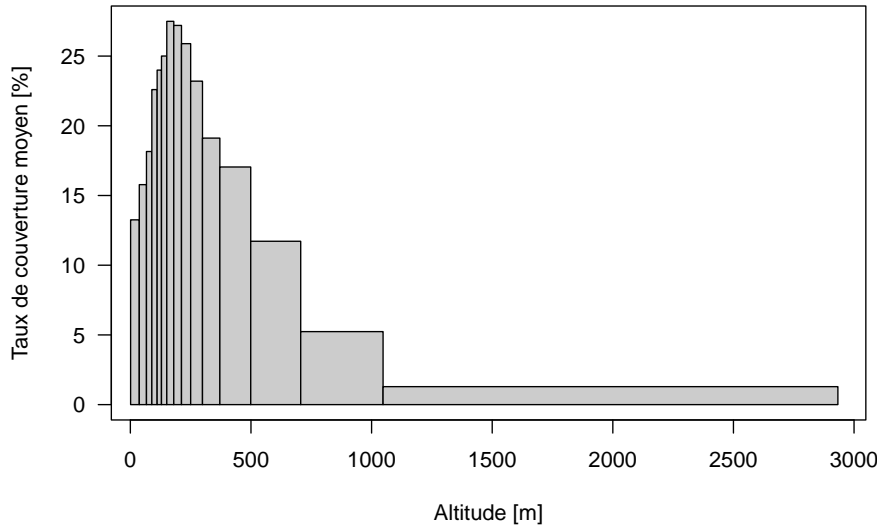
Altitude des chênes sessiles et pédonculés (n = 8602 mailles SAFRAN)



QUAND le taux de couverture moyen est supérieur à 50 % c'est que le chêne sessile et pédonculé sont dominants. Comme on peut le constater, cette situation de dominance se rencontre principalement entre 100 et 400 mètres d'altitude. Au delà de 1500 mètres ces deux espèces ne sont quasiment plus jamais rencontrées. Pour synthétiser l'information on découpe les altitudes en tranches de même effectifs du point de vue du nombre de mailles SAFRAN, en découpant en 15 tranches comme ci-après on a environ 575 mailles par tranche d'altitude. Pour chaque tranche d'altitude on calcule le taux de couverture moyen, en pondérant par le nombre de placettes disponibles par maille SAFRAN.

```
nclass <- 15
mybreaks <- quantile(mailles$altitude, seq(0, 1, le = nclass + 1))
mailles$fac <- cut(mailles$altitude,
                   breaks = mybreaks, include.lowest = TRUE)
grad <- numeric(nclass)
for(icl in seq_len(nclass)){
  grad[icl] <- with(subset(mailles, fac == levels(fac)[icl]), {
    weighted.mean(TCA_CPS, n)
  })
}
main <- paste("Altitude des chênes sessiles et pédonculés\n(n =",
             nrow(mailles), "mailles SAFRAN)")
plot(mybreaks[-1], grad, type = "n", las = 1, main = main,
     xlab = "Altitude [m]", ylim = c(0, max(grad)),
     ylab = "Taux de couverture moyen [%]")
rect(mybreaks[-(nclass+1)], 0, mybreaks[-1], grad, col = grey(0.8))
```

Altitude des chênes sessiles et pédonculés (n = 8602 mailles SAFRAN)



ON a une distribution unimodale, asymétrique à droite, du taux de couverture moyen en fonction de l'altitude. Le maximum (27.5 %) est observé dans la tranche d'altitude 151-180 mètres. Le taux de couverture moyen est supérieur à 20 % dans les tranches d'altitude comprises entre 89 et 299 mètres. Le taux de couverture moyen est supérieur à 10 % dans les tranches d'altitude comprises entre 1 et 706 mètres. C'est donc à des altitudes modérées que l'on a le plus de chances de rencontrer des chênes sessiles et pédonculés en France métropolitaine.

Références

- [1] Anonymous. Documentation des données brutes de l'inventaire forestier mises en ligne sur DATAIFN. fichier : `COUVERT.csv`. Technical report, Service de l'information statistique forestière et environnementale and Institut National de l'Information Géographique et Forestière, 2022. 3 pp. Version 2.0.
- [2] Anonymous. Documentation des données brutes de l'inventaire forestier mises en ligne sur DATAIFN. fichier : `FLORE.csv`. Technical report, Service de l'information statistique forestière et environnementale and Institut National de l'Information Géographique et Forestière, 2022. 3 pp. Version 2.0.
- [3] Anonymous. Données brutes de l'inventaire forestier mises en ligne sur DATAIFN. Technical report, Service de l'information statistique forestière et environnementale and Institut National de l'Information Géographique et Forestière, 2022. 8 pp. Version 2.0.