

Suivi mensuel de la croissance de dix arbres pendant deux ans en 1757 et 1758

Pr Jean R. LOBRY

CE SONT, à ma connaissance, les premières données disponibles de croissance de troncs d'arbres avec une résolution temporelle infra-annuelle. Elles sont reproduites dans la figure 1 page 2. Les circonférences des troncs des arbres mesurées à 5 pieds du sol (1.5 m) sont exprimées en pieds, pouces et huitième de pouces. La précision au huitième de pouce (environ 3 mm) ne semble pas exagérée puisque Robert MARSHAM écrit¹ : « j'ai observé que si je prenais une mesure peu de temps après une pluie, alors que l'écorce était saturée d'eau, la circonférence de l'arbre était 1/8 de pouce plus grande qu'après un jour ou deux de temps sec. »

DEPUIS le 1^{er} juillet 1959 le pouce a été raccroché au système métrique et vaut exactement 2.54 cm. Je ne sais pas quelle était la valeur en usage en Royaume-Uni à l'époque de la publication, on supposera que la différence est négligeable. Il y a 12 pouces dans un pied, on peut donc convertir en centimètres :

```
chmin <- "http://pbil.univ-lyon1.fr/R/donnees/MarshamR1759/data.csv"
data <- read.table(chmin, sep = "\t")
head(data[, 1:9])
  V1 V2 V3 V4 V5 V6 V7 V8 V9
1  4  9  7  4 10  1  4 10  3
2  0 11  0  0 11  1  0 11  5
3  4  2  4  4  3  0  4  3  1
4  2  9  4  2  9  5  2  9  6
5  4  2  5  4  2  7  4  3  0
6  1  7  0  1  7  4  1  8  0

circ <- matrix(NA, nrow = nrow(data), ncol = ncol(data)/3)
for(i in 1:nrow(circ))
  for(j in 1:ncol(circ)){
    jj <- 3*(j - 1) + 1
    cm <- 2.54*(12*data[i, jj] + data[i, jj + 1] + data[i, jj + 2])/8)
    circ[i, j] <- round(cm, 2)
  }
head(circ[, 1:3])
      [,1] [,2] [,3]
[1,] 147.00 147.64 148.27
[2,]  27.94  28.26  29.53
[3,] 128.27 129.54 129.86
[4,]  85.09  85.41  85.72
[5,] 128.59 129.22 129.54
[6,]  48.26  49.53  50.80
```

¹I observed, if I measured soon after a rain, whilst the bark was saturate with water, the tree would be 1/8 of an inch larger than after a day or two of dry weather.

Measures of the monthly Increase of the most thriving Trees I had, of the following several Kinds, taken at 5 Feet from the Ground in the Years 1757 and 1758.

TABLE II.

	Fect.	Inches.	1 June 1757.	3 July 1757.	3 Aug. 1757.	4 Sept. 1757.	Nov. 1757.	1 June 1758.	30 June 1758.	31 July 1758.	29 Aug. 1758.	29 Sept. 1758.
1. An Oak planted in 1720, No. 8. in the other table — — —	4	9 7 4	10 1	4 10 3	4 10 7	4 11 2	4 11 2	4 11 3	4 11 6	5 0 4	5 1 2	5 1 2
2. A Beech, a feed in 1741 — — —	0	11 0 0	11 1	0 11 5	1 0 1	1 0 4	1 0 4	1 0 7	1 1 3	1 1 7	1 2 2	1 2 3
3. A Scotch Fir, planted in 1734. about 2 feet high — — —	4	2 4 4	3 0	4 3 1	4 3 2	4 3 4	4 3 6	4 4 1	4 4 3	4 4 4	4 4 6	4 4 6
4. An Oak, an acorn in spring 1719. never removed — — —	2	9 4 2	9 5	2 9 6	2 10 1	2 10 2	2 10 2	2 10 4	2 10 6	2 11 1	2 11 5	2 11 6
5. A Spanish Chestnut 45 or 46 years old, No. 7. in the other table — —	4	2 5 4	2 7	4 3 0	4 3 1	4 3 4	4 3 4	4 3 4	4 3 5	4 4 1	4 4 4	4 4 4
6. An Elm, about 25 years old — —	1	7 0 1	7 4	1 8 0	1 8 2	1 8 4	1 8 4	1 9 0	1 9 4	1 9 7	1 10 2	1 10 3
7. A Spruce Fir, planted in 1735. about 2 feet high — — —	-	-	-	-	-	3 6 1	3 6 2	3 7 0	3 7 1	3 7 4	3 8 0	3 8 0
8. A Larch, planted in 1749 — — —	1	0 7 1	1 5	1 2 2	1 2 5	1 2 7	1 3 1	1 3 6	1 4 3	1 4 6	1 5 1	1 5 1
9. A Willow, set in spring 1736 — —	-	-	-	5 1 7	5 2 5	5 2 3	5 2 3	5 2 3	5 3 0	5 3 2	5 4 2	5 4 3
10. A Beech, a feed in 1733 — — —	-	-	-	-	-	-	1 10 4	1 10 5	1 11 3	1 11 3	1 11 3	1 11 3

Measured October 6, 1756, and on the 6th of November they were rather left.

Most of these trees were 1-8th of an inch less in the beginning of April 1757, than at their last measure; and had not increased on the 1st of May; but on the 1st of June they had thus.

July 3, 1757, the last month was very dry.

August 3, 1757, the first half of the last month was absolutely dry and hot, and the last half frequent showers.

September 4, 1757, from 3d Aug. to 10th very hot; the rest of the last month much cooler; and the last half frequent showers.

November.

June 1st, 1758, very dry spring.

June 30, 1758, last month rather dry.

July 31, 1758, last month very rainy, but hot.

August 29, 1758, last month hot, and rather moist.

Sept. 29, last month very wet and cool.

FIGURE 1 : Copie d'écran de la table II de [1]. Les dix arbres observés sont :

- 1° un chêne planté par Robert MARSHAM en 1720 ;
- 2° un hêtre qui était un gland en 1741 ;
- 3° un sapin sylvestre haut d'environ 60 cm planté en 1734 ;
- 4° un chêne qui était un gland au printemps 1719 ;
- 5° un châtaignier espagnol vieux de 45 ou 46 ans ;
- 6° un orme d'environ 25 ans ;
- 7° un épicéa haut d'environ 60 cm planté en 1735 ;
- 8° un mélèze planté en 1749 ;
- 9° un saule planté au printemps 1736 ;
- 10° un hêtre qui était un gland en 1733.

ON transpose ensuite le jeu de données de façon à avoir les séries temporelles en colonne et on renseigne le nom de ces dernières :

```
circ <- as.data.frame(t(circ))
colnames(circ) <- c("chêne_1", "hêtre_1", "sapin", "chêne_2", "châtaignier",
                  "orme", "épicéa", "mélèze", "saule", "hêtre_2")
head(circ[, 1:5])
```

	chêne_1	hêtre_1	sapin	chêne_2	châtaignier
1	147.00	27.94	128.27	85.09	128.59
2	147.64	28.26	129.54	85.41	129.22
3	148.27	29.53	129.86	85.72	129.54
4	149.54	30.80	130.18	86.68	129.86
5	150.50	31.75	130.81	87.00	130.81
6	150.50	31.75	131.44	87.00	130.81

La fonction `as.Date()` permet de gérer facilement des dates dans le calendrier grégorien pour des années comprises entre 0 et 9999. Le problème est que ce calendrier n'est en vigueur que depuis 1582. Pire, au Royaume-Uni, il n'a été adopté qu'en 1752, comme le disait apocryphement VOLTAIRE : « les brexiteurs préfèrent avoir tort avec le soleil que raison avec le pape. » Heureusement, ici, la première date est celle du 6 décembre 1756, nous n'aurons donc pas de problème de conversion avec le calendrier julien et nous pouvons définir une colonne portant la date :

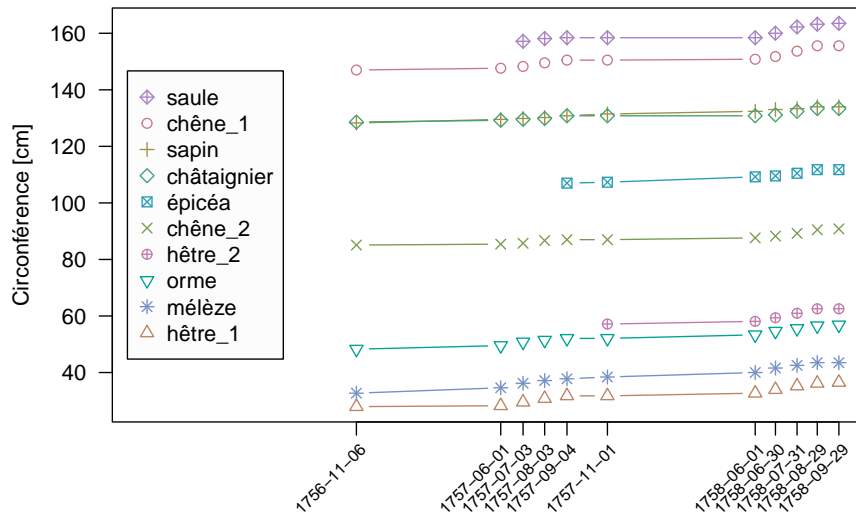
```
circ$date <- as.Date(c("1756-11-06", "1757-06-01", "1757-07-03",
                    "1757-08-03", "1757-09-04", "1757-11-01", "1758-06-01",
                    "1758-06-30", "1758-07-31", "1758-08-29", "1758-09-29"))
head(circ[, c(1:5, 11)])
```

	chêne_1	hêtre_1	sapin	chêne_2	châtaignier	date
1	147.00	27.94	128.27	85.09	128.59	1756-11-06
2	147.64	28.26	129.54	85.41	129.22	1757-06-01
3	148.27	29.53	129.86	85.72	129.54	1757-07-03
4	149.54	30.80	130.18	86.68	129.86	1757-08-03
5	150.50	31.75	130.81	87.00	130.81	1757-09-04
6	150.50	31.75	131.44	87.00	130.81	1757-11-01

ON peut maintenant visualiser l'augmentation des circonférences des arbres au cours du temps :

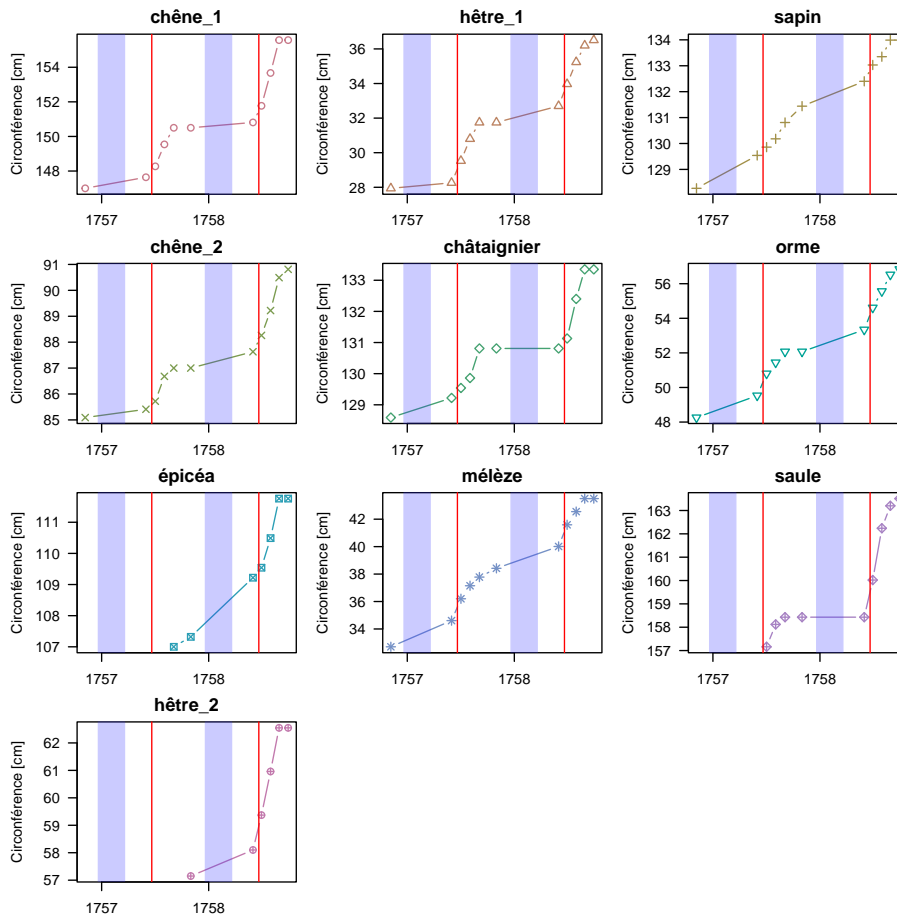
```
plot.new()
plot.window(xlim = range(c(as.Date("1756-01-01"), circ$date)),
            ylim = range(circ[, 1:10], na.rm = TRUE))
title(main = "Séries temporelles des circonférences",
      ylab = "Circonférence [cm]")
axis(1, at = circ$date, label = NA, las = 2, cex.axis = 0.75)
text(circ$date + 30, 0.6*par("usr")[3], circ$date, pos = 2,
     srt = 45, cex = 0.75, xpd = NA)
axis(2, las = 1) ; box()
mycol <- hcl.colors(10, "Dark 2")
for(j in seq_len(10)) points(circ$date, circ[, j], type = "b",
                             pch = j, col = mycol[j])
myo <- rev(order(colMeans(circ[, 1:10], na.rm = TRUE)))
legend("left", inset = 0.02, legend = colnames(circ)[1:10][myo],
      pch = myo, col = mycol[myo], bg = grey(0.99))
```

Séries temporelles des circonférences



CETTE figure permet de voir que l'augmentation des circonférences est faible par rapport à l'amplitude disponible : elles varient du simple au quadruple entre le hêtre n° 1 et le saule. Pour mieux apprécier les cinétiques il faut faire un graphique par arbre, et pour donner un point de repère on colorie en bleu la période hivernale et on ajoute une ligne rouge verticale pour le solstice d'été :

```
par(mfrow = c(4, 3), mar = c(2, 4, 2, 1))
for(j in seq_len(10)){
  plot(circ$date, circ[, j], type = "b", las = 1, xlab = "",
       pch = j, col = mycol[j], main = colnames(circ)[j],
       ylab = "Circonférence [cm]")
  p3 <- par("usr")[3] ; p4 <- par("usr")[4]
  col <- rgb(0.2, 0.2, 1, 0.25)
  rect(as.Date("1756-12-21"), p3, as.Date("1757-03-20"), p4, col = col, border = col)
  rect(as.Date("1757-12-21"), p3, as.Date("1758-03-20"), p4, col = col, border = col)
  abline(v = as.Date("1757-06-21"), col = "red")
  abline(v = as.Date("1758-06-21"), col = "red")
}
```



ON constate qu'il y a pendant la période hivernale un ralentissement de la croissance des circonférences, ralentissement particulièrement marqué chez les arbres à feuilles caduques. Les points d'inflexions, et donc la période de vitesse de croissance maximale, sont voisins du solstice d'été. Pour apprécier la croissance des arbres on utilise généralement la surface basale du tronc, s . Si on note c la circonférence et d le diamètre, alors on a :

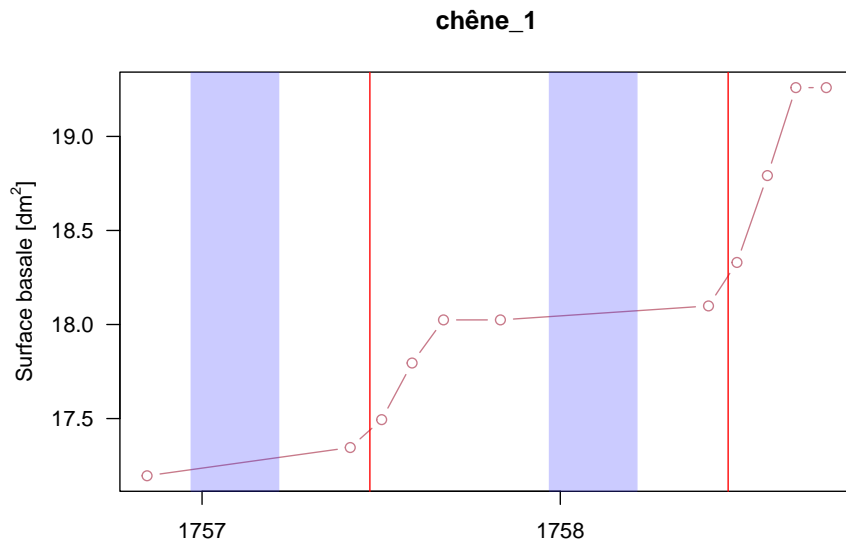
$$c = \pi d \iff \frac{c}{\pi} = d$$

et donc

$$s = \frac{\pi}{4} d^2 \iff s = \frac{\pi}{4} \left(\frac{c}{\pi} \right)^2 \iff s = \frac{c^2}{4\pi}$$

```
surf <- circ
surf[, 1:10] <- 0.01*surf[, 1:10]^2/(4*pi) # en dm^2
ylab <- expression(paste("Surface basale [", dm^2, "]"))
par(mar = c(5, 5, 4, 2))
plot(surf$date, surf[, 1], type = "b", las = 1, xlab = "",
pch = 1, col = mycol[1], main = colnames(surf)[1],
ylab = ylab)
p3 <- par("usr")[3] ; p4 <- par("usr")[4]
col <- rgb(0.2, 0.2, 1, 0.25)
rect(as.Date("1756-12-21"), p3, as.Date("1757-03-20"), p4, col = col, border = col)
rect(as.Date("1757-12-21"), p3, as.Date("1758-03-20"), p4, col = col, border = col)
```

```
abline(v = as.Date("1757-06-21"), col = "red")  
abline(v = as.Date("1758-06-21"), col = "red")
```



POUR ce chêne, dont le diamètre du tronc est de 48 cm, on observe une augmentation de la surface basale de l'ordre de 1 dm² chaque année. À titre de comparaison, sur une série contemporaine du suivi de 10 chênes de même classe de diamètre², on a des valeurs comprises entre 0.3 et 0.6 dm²y⁻¹, ce qui est tout à fait comparable.

Références

- [1] R. Marsham. Observations on the growth of trees. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, (51) :7–12, 1759.

²Voir <https://pbil.univ-lyon1.fr/R/pdf/dendroCHS57.pdf>