

projetDM

Hajer Abessi Nourchene Dridi Amira Baccouch

2022-12-28

On dispose de données sur les indicateurs du développement de la Tunisie depuis 1992 jusqu'à 2021. Les variables sont : PIB par habitant ; Importations de biens et de services ; Exportations de biens et de services ; Épargne brute ; Dépenses de consommation finale ; RNB (revenu nette brute) ; dette extérieure.

```
library("FactoMineR")
```

```
## Warning: le package 'FactoMineR' a été compilé avec la version R 4.2.2
```

```
library("factoextra")
```

```
## Warning: le package 'factoextra' a été compilé avec la version R 4.2.2
```

```
## Le chargement a nécessité le package : ggplot2
```

```
## Warning: le package 'ggplot2' a été compilé avec la version R 4.2.2
```

```
## Welcome! Want to learn more? See two factoextra-related books at https://goo.gl/ve3WBa
```

```
base<-read.csv2("D:/mastere/ESC/DM/projet/Data1.csv", check.names = F ,row.names="Annee")
print(head(base))
```

```
##      PIB par habitant Importations de biens et de services
## 1992      1760.547                      46.46500
## 1993      1627.344                      47.96563
## 1994      1709.748                      47.87211
## 1995      1940.034                      48.81010
## 1996      2077.007                      43.61098
## 1997      2170.587                      41.38663
##      Exportations de biens et de services epargne brute
## 1992      39.53509      3387921573
## 1993      40.44534      2861885494
## 1994      44.93227      3303515827
## 1995      44.90435      3666238025
## 1996      42.10938      4427566093
## 1997      39.11408      4496241438
##      Depenses de consommation finale      RNB Total de dette exterieure
## 1992      12046924469 14770013569      9.083556
## 1993      11435986849 13685164890      9.881715
## 1994      12239521550 14744266509      9.881677
## 1995      14281378873 17173628000      8.616460
## 1996      14981919047 18549619889      7.901501
## 1997      16143503029 19848539651      7.119430
```

```
attach(base)
str(base)
```

```
## 'data.frame': 30 obs. of 7 variables:
## $ PIB par habitant : num 1761 1627 1710 1940 2077 ...
## $ Importations de biens et de services: num 46.5 48 47.9 48.8 43.6 ...
## $ Exportations de biens et de services: num 39.5 40.4 44.9 44.9 42.1 ...
## $ epargne brute : num 3.39e+09 2.86e+09 3.30e+09 3.67e+09 4.43e+09 ...
## $ Depenses de consommation finale : num 1.20e+10 1.14e+10 1.22e+10 1.43e+10 1.50e+10 ...
## $ RNB : num 1.48e+10 1.37e+10 1.47e+10 1.72e+10 1.85e+10 ...
## $ Total de dette exterieure : num 9.08 9.88 9.88 8.62 7.9 ...
```

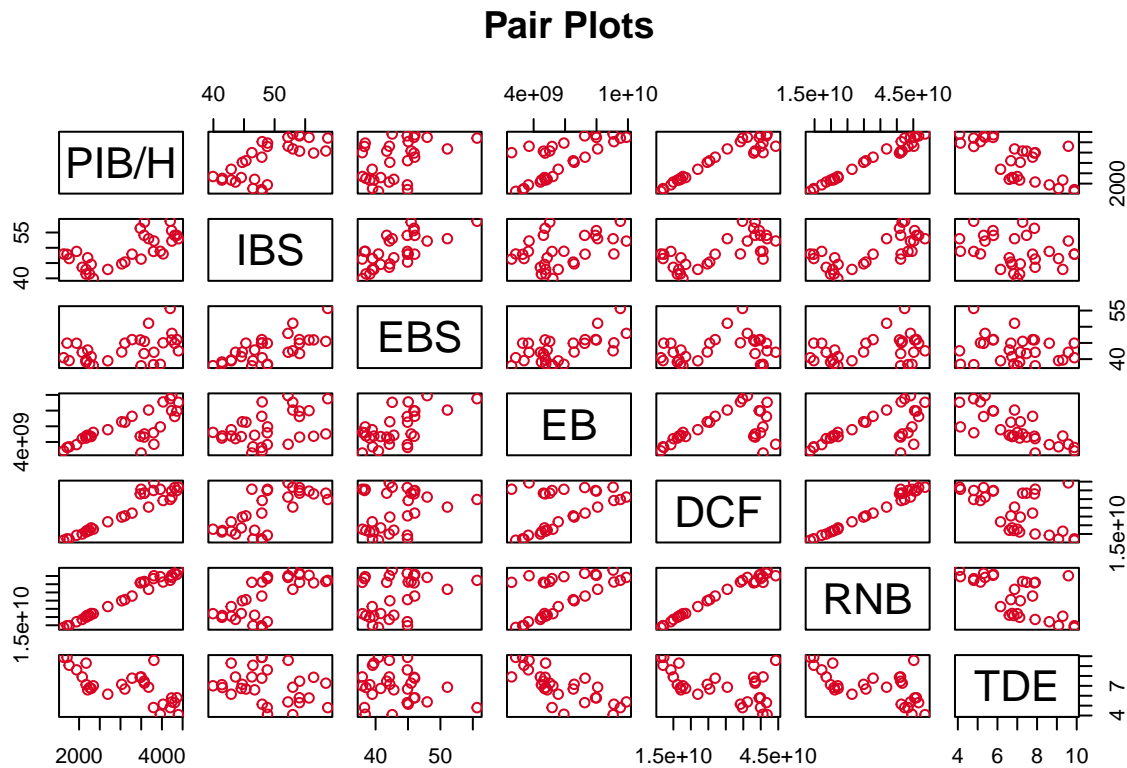
```
dim(base)
```

```
## [1] 30 7
```

```
summary(base)
```

```
## PIB par habitant Importations de biens et de services
## Min. :1627 Min. :39.93
## 1st Qu.:2219 1st Qu.:44.88
## Median :3379 Median :47.97
## Mean :3127 Mean :48.87
## 3rd Qu.:3923 3rd Qu.:52.98
## Max. :4399 Max. :58.69
## Exportations de biens et de services epargne brute
## Min. :37.95 Min. :2.598e+09
## 1st Qu.:39.58 1st Qu.:4.528e+09
## Median :42.38 Median :5.100e+09
## Mean :43.09 Mean :5.767e+09
## 3rd Qu.:45.37 3rd Qu.:7.268e+09
## Max. :55.65 Max. :9.901e+09
## Depenses de consommation finale RNB Total de dette exterieure
## Min. :1.144e+10 Min. :1.369e+10 Min. :4.087
## 1st Qu.:1.705e+10 1st Qu.:2.100e+10 1st Qu.:5.782
## Median :2.870e+10 Median :3.484e+10 Median :6.934
## Mean :2.820e+10 Mean :3.248e+10 Mean :6.962
## 3rd Qu.:3.927e+10 3rd Qu.:4.314e+10 3rd Qu.:7.892
## Max. :4.428e+10 Max. :4.857e+10 Max. :9.882
```

```
pairs(base[,1:7], col = "#D90423", main = " Pair Plots " ,
      labels = c("PIB/H", "IBS", "EBS", "EB", "DCF", "RNB", "TDE"))
```



Ici, dans le graphique de paires ci-dessus, les boîtes diagonales affichent le nom des variables.

Toutes les autres boîtes affichent un nuage de points entre chaque combinaison de variables par paires.

exemple, la deuxième boîte affiche un nuage de points entre PIB/H (PIB par habitant) et IBS (Importations de biens et de services) tandis que la troisième boîte affiche un nuage de points entre PIB/H (PIB par habitant) et EBS (Exportations de biens et de services).

```
matrice.corr<-cor(base[,1:7])
matrice.corr
```

```
##                                PIB par habitant
## PIB par habitant                1.0000000
## Importations de biens et de services  0.6968525
## Exportations de biens et de services  0.4454009
## epargne brute                    0.7239657
## Depenses de consommation finale    0.9485403
## RNB                             0.9845877
## Total de dette exterieure          -0.6954864
##                                Importations de biens et de services
## PIB par habitant                0.6968525
## Importations de biens et de services  1.0000000
## Exportations de biens et de services  0.6929676
## epargne brute                    0.4205828
## Depenses de consommation finale    0.7037684
## RNB                             0.7102076
## Total de dette exterieure          -0.2625296
```

```

##                                Exportations de biens et de services
## PIB par habitant                                0.4454009
## Importations de biens et de services            0.6929676
## Exportations de biens et de services            1.0000000
## epargne brute                                    0.6352785
## Depenses de consommation finale                  0.2750897
## RNB                                              0.3564258
## Total de dette exterieure                        -0.2008203
##                                epargne brute
## PIB par habitant                                0.7239657
## Importations de biens et de services            0.4205828
## Exportations de biens et de services            0.6352785
## epargne brute                                    1.0000000
## Depenses de consommation finale                  0.4750372
## RNB                                              0.6026784
## Total de dette exterieure                        -0.7459527
##                                Depenses de consommation finale      RNB
## PIB par habitant                                0.9485403  0.9845877
## Importations de biens et de services            0.7037684  0.7102076
## Exportations de biens et de services            0.2750897  0.3564258
## epargne brute                                    0.4750372  0.6026784
## Depenses de consommation finale                  1.0000000  0.9884006
## RNB                                              0.9884006  1.0000000
## Total de dette exterieure                        -0.5524729 -0.6332725
##                                Total de dette exterieure
## PIB par habitant                                -0.6954864
## Importations de biens et de services            -0.2625296
## Exportations de biens et de services            -0.2008203
## epargne brute                                    -0.7459527
## Depenses de consommation finale                  -0.5524729
## RNB                                              -0.6332725
## Total de dette exterieure                        1.0000000

```

```
det(matrice.corr)
```

```
## [1] 8.126814e-09
```

La matrice de corrélation des variables : La corrélation entre PIB et RNB est forte et positive (0.9845)

La corrélation entre épargne brute et dette extérieure est forte et négative (-0.7459).

On remarque que, La variable dette extérieure se distingue car elle est corrélée négativement avec toutes les autres variables.

```

res.pca<-PCA(base,scale.unit=TRUE,ncp=5,graph=FALSE)
#valeur propre+visualisation
valeur.propre<-get_eigenvalue(res.pca)
valeur.propre

```

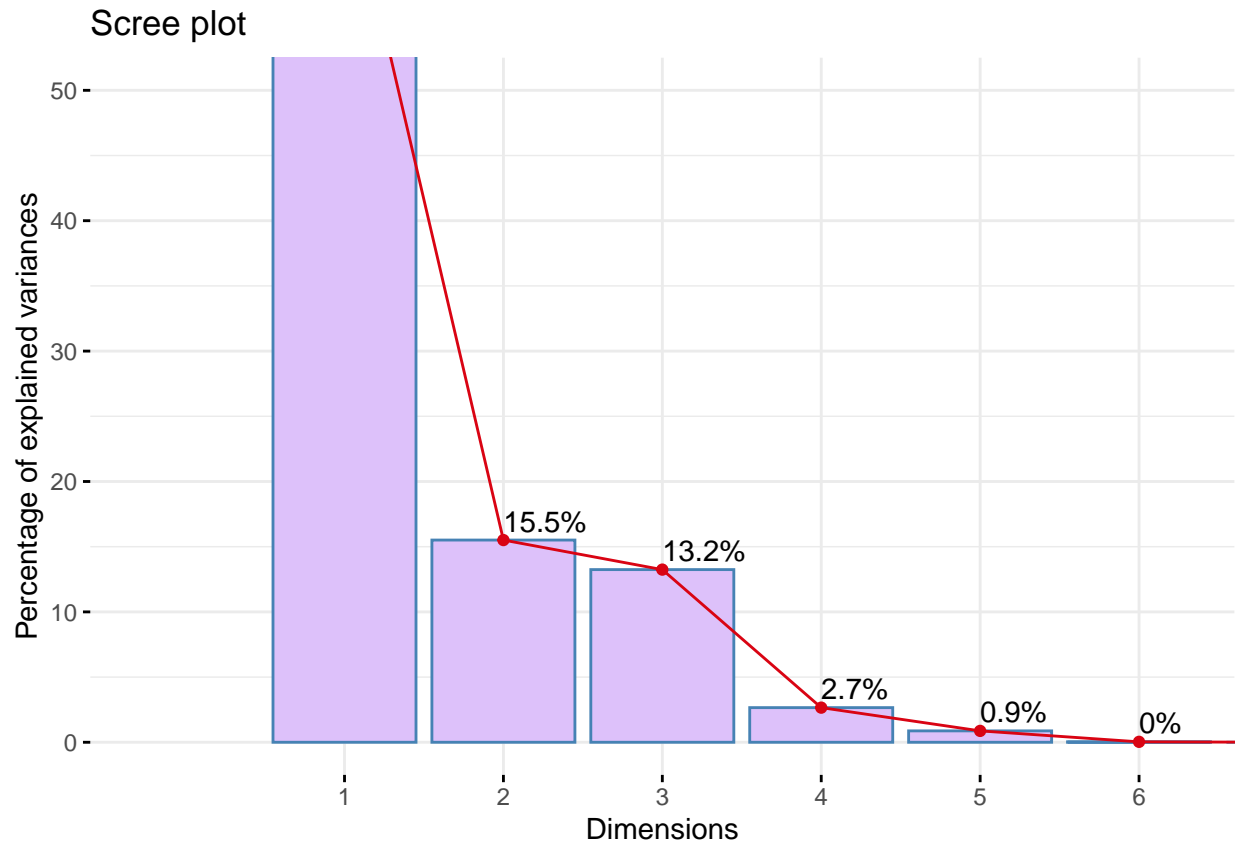
```

##          eigenvalue variance.percent cumulative.variance.percent
## Dim.1 4.737882e+00      6.768402e+01          67.68402
## Dim.2 1.085600e+00      1.550857e+01          83.19260
## Dim.3 9.269348e-01      1.324193e+01          96.43452
## Dim.4 1.860001e-01      2.657145e+00          99.09167

```

```
## Dim.5 6.114791e-02      8.735415e-01      99.96521
## Dim.6 2.372103e-03      3.388718e-02      99.99910
## Dim.7 6.318132e-05      9.025902e-04     100.00000
```

```
fviz_eig(res.pca,addlabels=T ,xlim=c(0,6),ylim=c(0,50), barfill="#DDC1FA", linecolor="#D90413")
```



Le critère de Kaiser nous conduit à sélectionner deux axes, expliquant 83% de l'inertie totale du nuage. On conserve les axes dont les valeurs propres sont supérieures à 1. Étant donné l'importance du taux d'inertie cumulé par rapport au nombre de variables initial qui est 7.

On peut donc retenir les deux premiers axes.

```
#variables
res.var<-get_pca_var(res.pca)
res.var
```

```
## Principal Component Analysis Results for variables
## =====
##   Name      Description
## 1 "$coord"   "Coordinates for the variables"
## 2 "$cor"     "Correlations between variables and dimensions"
## 3 "$cos2"    "Cos2 for the variables"
## 4 "$contrib" "contributions of the variables"
```

```
# Coordonnées
head(res.var$coord)
```

```
##                Dim.1      Dim.2      Dim.3
## PIB par habitant    0.9774618 -0.15390939  0.0817389
## Importations de biens et de services 0.7785564  0.43195431  0.3677693
## Exportations de biens et de services 0.5891092  0.76910392 -0.2008408
## epargne brute       0.7865265  0.09381442 -0.5720589
## Depenses de consommation finale    0.8942923 -0.24361555  0.3657269
## RNB                 0.9464573 -0.20803170  0.2315776
##                Dim.4      Dim.5
## PIB par habitant    0.11153948 -0.009771372
## Importations de biens et de services -0.23855599  0.122877465
## Exportations de biens et de services  0.02729824 -0.142630455
## epargne brute       0.16244987  0.137220633
## Depenses de consommation finale    0.06484163 -0.050956112
## RNB                 0.08065543 -0.021957441
```

```
# Contributions des variables
head(res.var$contrib)
```

```
##                Dim.1      Dim.2      Dim.3      Dim.4
## PIB par habitant    20.165798  2.1820282  0.7207894  6.6887349
## Importations de biens et de services 12.793695 17.1872239 14.5915639 30.5961934
## Exportations de biens et de services  7.324995 54.4879127  4.3516565  0.4006415
## epargne brute       13.056971  0.8107171 35.3046799 14.1881401
## Depenses de consommation finale    16.880089  5.4668873 14.4299442  2.2604480
## RNB                 18.906792  3.9864761  5.7855423  3.4974698
##                Dim.5
## PIB par habitant    0.1561455
## Importations de biens et de services 24.6923765
## Exportations de biens et de services 33.2692448
## epargne brute       30.7933713
## Depenses de consommation finale    4.2463029
## RNB                 0.7884640
```

Interprétation des axes :

Axe1 :

Coté positive : Importations de biens et de services ; Exportations de biens et de services ; Épargne;

Coté négative : Dette extérieure

-> L'axe 1 oppose les variables importations et exportation de biens et services et l'épargne brute

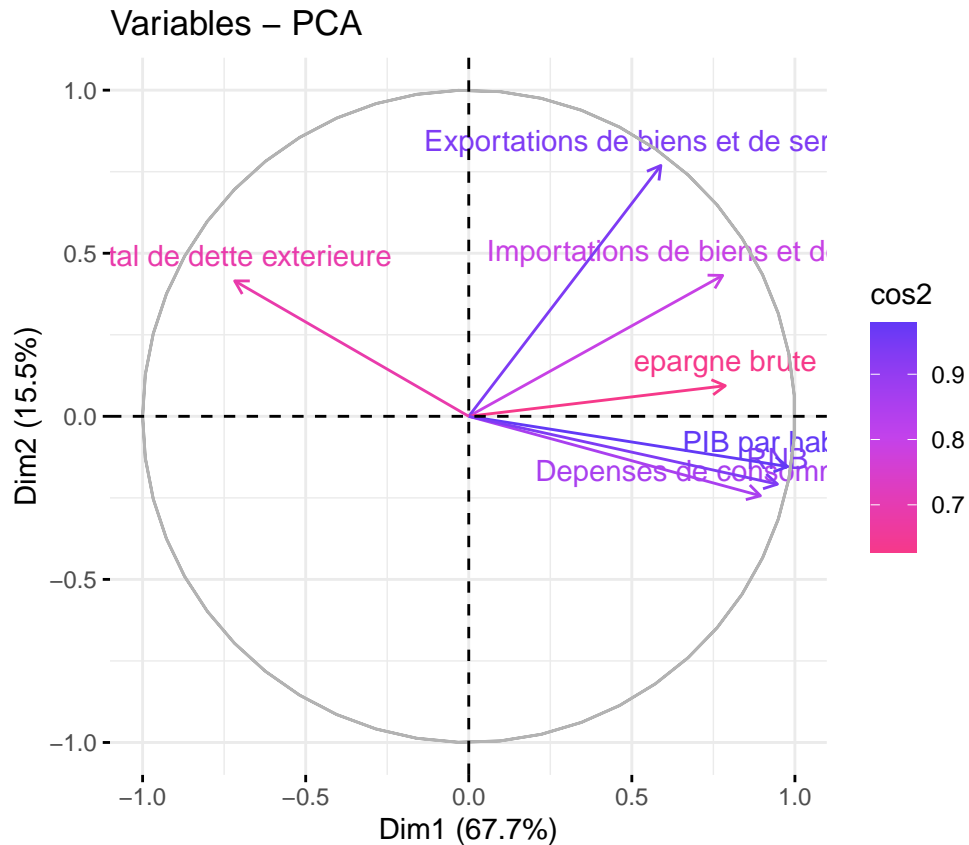
Axe2 :

Coté positive : Dépenses de consommation finale ; RNB (revenu nette brute) ; PIB par habitant ;

Coté négative : __

-> L'axe 2 oppose les variables Dépenses de consommation finale et RNB (revenu nette brute)

```
#cercle de corrélation en fonction de leurs valeurs de cos2:
fviz_pca_var(res.pca,col.var = "cos2", gradient.cols = c("#F6398A", "#C342EB", "#6239F6"),
              ggtheme =theme_minimal())
```



Le graphique ci-dessus est également connu sous le nom de graphique de corrélation des variables. Il montre les relations entre toutes les variables.

Il peut être interprété comme suit :

Les variables : Importations de biens et de services ; Exportations de biens et de services ; Épargne sont positivement corrélées.

Les variables négativement corrélées sont positionnées sur les côtés opposés de l'origine du graphique.

La distance entre les variables et l'origine mesure la qualité de représentation des variables.

Les variables qui sont loin de l'origine sont bien représentées par l'ACP.

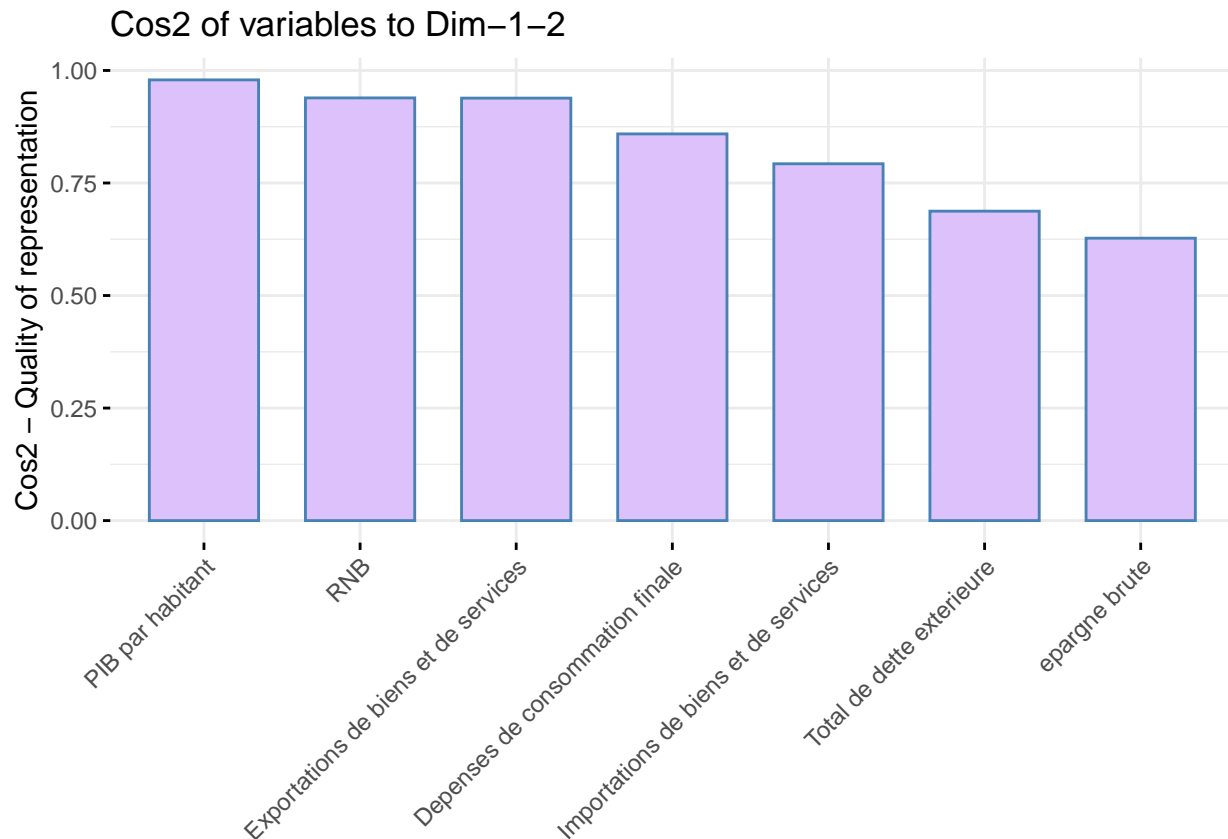
#Qualité de représentation

`head(res.var$cos2)`

```
##               Dim.1      Dim.2      Dim.3
## PIB par habitant    0.9554317  0.023688101  0.006681248
## Importations de biens et de services 0.6061501  0.186584522  0.135254287
## Exportations de biens et de services 0.3470496  0.591520843  0.040337020
## épargne brute       0.6186239  0.008801146  0.327251370
## Depenses de consommation finale 0.7997587  0.059348535  0.133756177
## RNB                 0.8957814  0.043277189  0.053628206
##               Dim.4      Dim.5
## PIB par habitant    0.0124410562  9.547971e-05
## Importations de biens et de services 0.0569089622  1.509887e-02
## Exportations de biens et de services 0.0007451937  2.034345e-02
## épargne brute       0.0263899603  1.882950e-02
```

```
## Depenses de consommation finale      0.0042044364 2.596525e-03
## RNB                                   0.0065052987 4.821292e-04
```

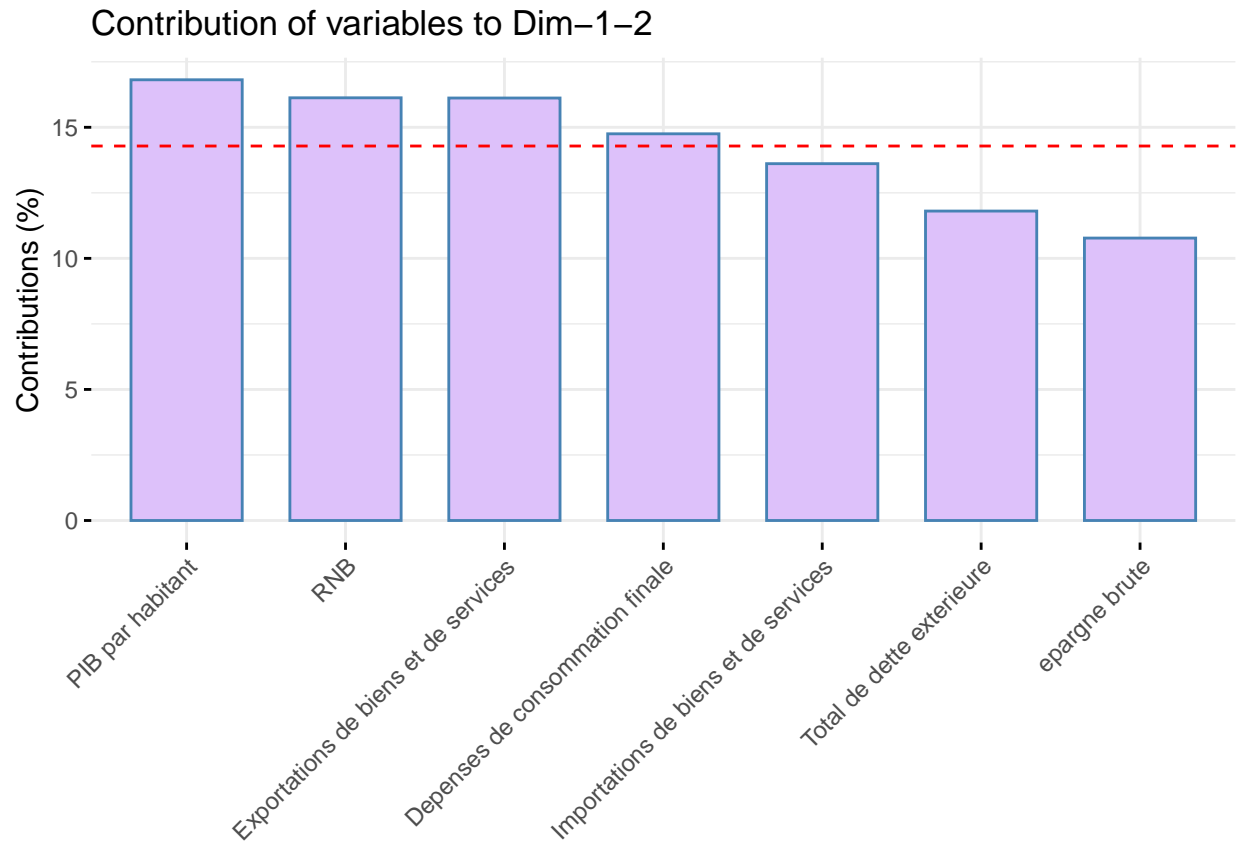
```
fviz_cos2(res.pca, choice = "var", axes = 1:2, fill = "#DDC1FA")
```



```
#Description des dimensions
res.desc <- dimdesc(res.pca, axes = c(1,2), proba = 0.05)
# Description de la dimension 1
res.desc$Dim.1
```

```
##
## Link between the variable and the continuous variables (R-square)
## =====
## correlation      p.value
## PIB par habitant 0.9774618 1.862443e-20
## RNB              0.9464573 2.805078e-15
## Depenses de consommation finale 0.8942923 2.761850e-11
## epargne brute    0.7865265 2.565584e-07
## Importations de biens et de services 0.7785564 4.063029e-07
## Exportations de biens et de services 0.5891092 6.145197e-04
## Total de dette exterieure -0.7176952 8.036978e-06
```

```
# Contributions des variables à Pc1 et PC2
fviz_contrib(res.pca, choice = "var", axes = 1:2, top = 8, fill = "#DDC1FA")
```

```
#Graphique des individus
ind <- get_pca_ind(res.pca)
ind
```

```
## Principal Component Analysis Results for individuals
## =====
##   Name      Description
## 1 "$coord"   "Coordinates for the individuals"
## 2 "$cos2"    "Cos2 for the individuals"
## 3 "$contrib" "contributions of the individuals"
```

Le graphique ci-dessus représente la corrélation entre les individus (dans notre cas se sont des années)

Axe 1 :

Coté positive : 2006, 2007, 2008, 2010, 2011, 2012, 2018, 2019, 2021 Coté négative : 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 2001, 2005

Axe 2 :

Coté positive : 2009, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017

Coté négative : 1997,1998, 1999, 2002, 2003, 2004, 2020

```
# Coordonnées des individus
head(ind$coord)
```

```
##          Dim.1      Dim.2      Dim.3      Dim.4      Dim.5
## 1992 -3.185158  0.4352778  0.3143982 -0.26776675  0.43740739
## 1993 -3.404045  0.9496429  0.7243143 -0.25470454  0.45646818
## 1994 -2.922226  1.7328431  0.4132653 -0.04140145 -0.09862086
## 1995 -2.257175  1.3861631  0.1288731 -0.45482966 -0.16328642
## 1996 -2.382278  0.2513636 -0.4937754 -0.01331913 -0.19975593
## 1997 -2.429514 -0.7275182 -0.6918928 -0.05948043 -0.12420208
```

```
# Qualité des individus
head(ind$cos2)
```

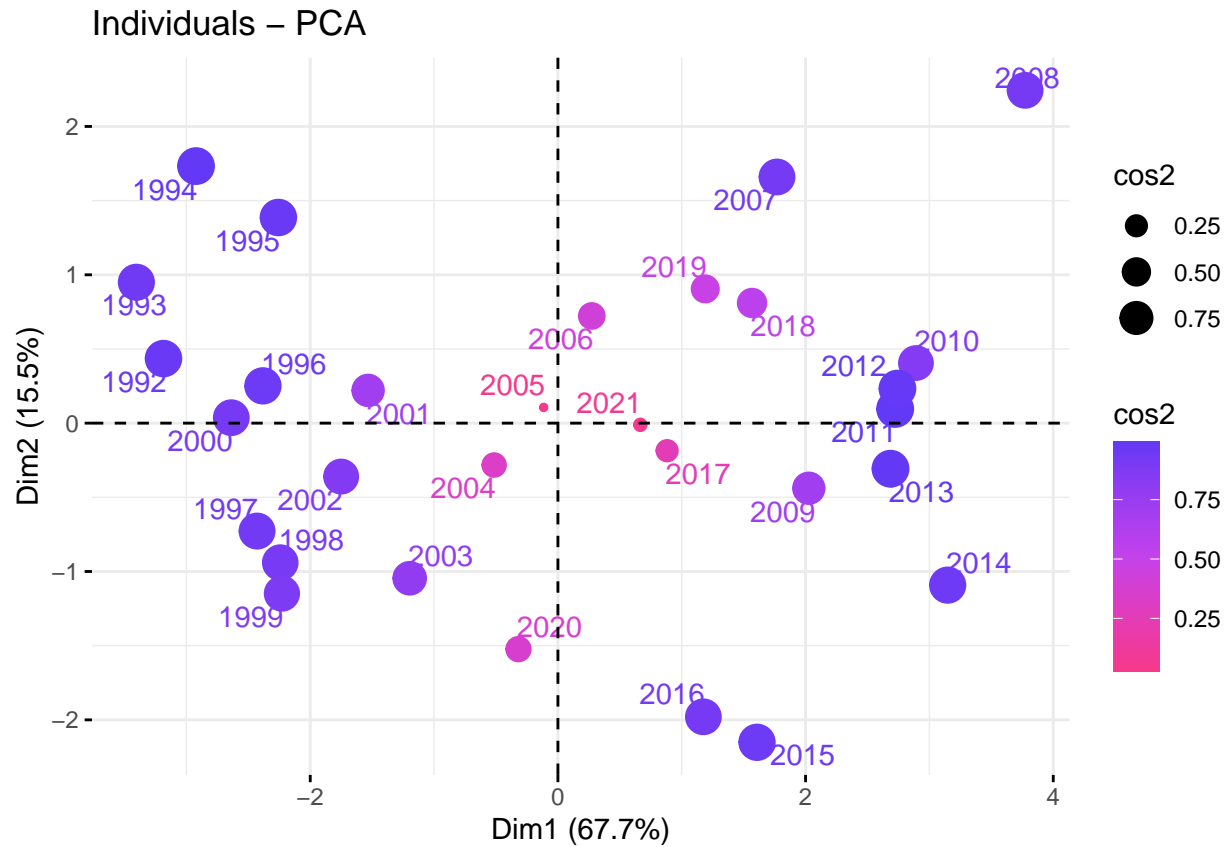
```
##          Dim.1      Dim.2      Dim.3      Dim.4      Dim.5
## 1992 0.9479654  0.01770368  0.009236139 6.699521e-03 0.0178773308
## 1993 0.8718117  0.06785046  0.039471739 4.880963e-03 0.0156766465
## 1994 0.7283394  0.25610895  0.014566797 1.461967e-04 0.0008295525
## 1995 0.7010780  0.26440187  0.002285390 2.846646e-02 0.0036689012
## 1996 0.9423655  0.01049154  0.040484925 2.945684e-05 0.0066257303
## 1997 0.8517857  0.07637992  0.069082662 5.105516e-04 0.0022261231
```

```
# Contributions des individus
head(ind$contrib)
```

```
##          Dim.1      Dim.2      Dim.3      Dim.4      Dim.5
## 1992 7.137672  0.5817574  0.35545906 1.284927983 10.4296417
## 1993 8.152392  2.7690418  1.88661662 1.162622879 11.3584264
## 1994 6.007891  9.2199238  0.61416821 0.030718262  0.5301939
## 1995 3.584470  5.8998029  0.05972471 3.707345314  1.4534406
## 1996 3.992818  0.1940053  0.87677571 0.003179196  2.1751866
## 1997 4.152727  1.6251618  1.72150051 0.063403559  0.8409204
```

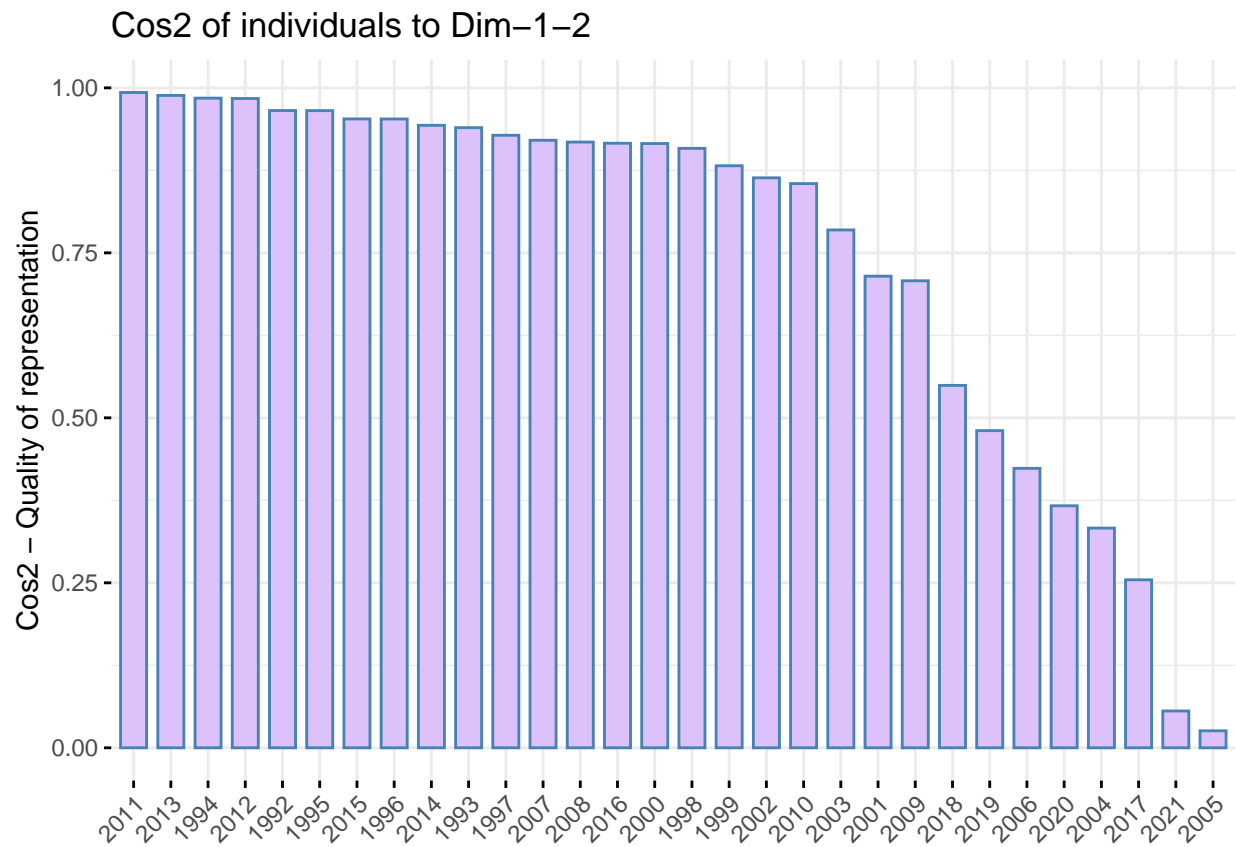
```
# le graphique des individus en fonction de leurs valeurs de cos2:
```

```
fviz_pca_ind(res.pca, col.ind = "cos2", repel = TRUE, pointsize = "cos2",
  gradient.cols = c("#F6398A", "#C342EB", "#6239F6"), ggtheme = theme_minimal() )
```



#barplot de la qualité de représentation (cos2) des individus

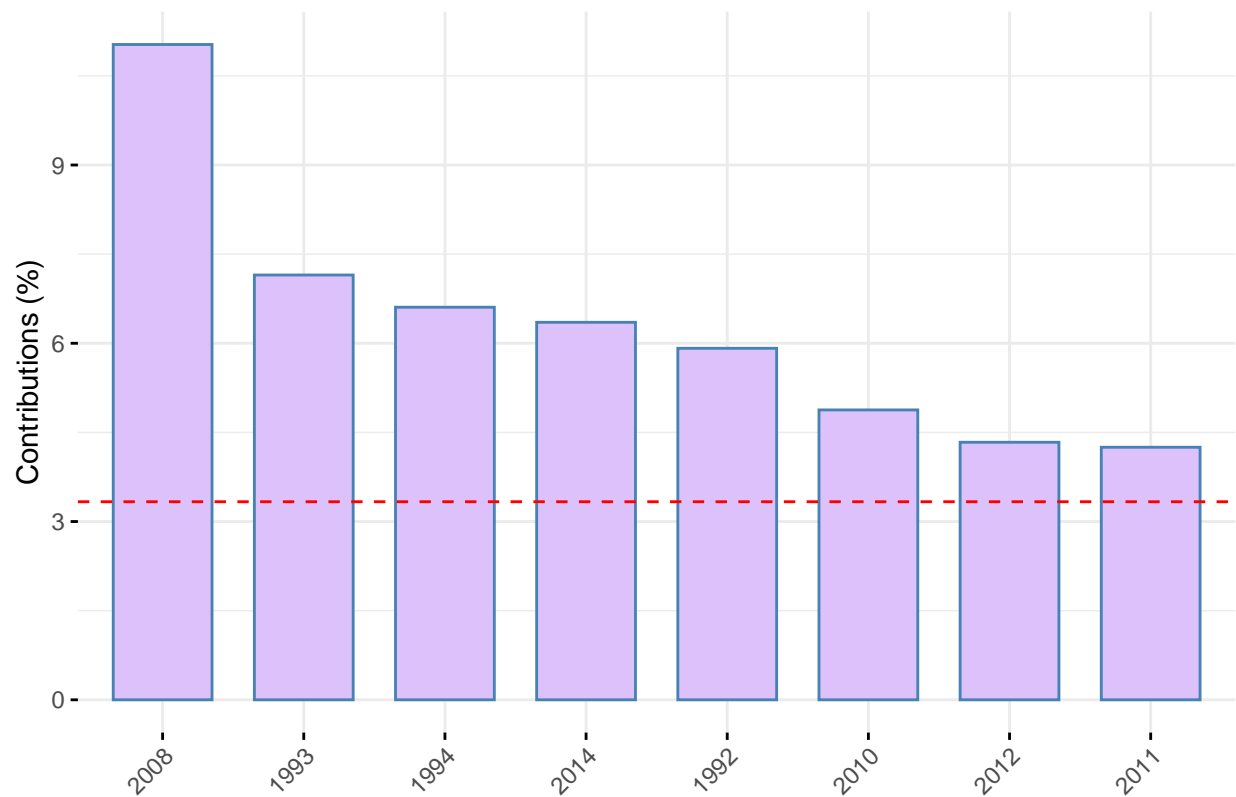
```
fviz_cos2(res.pca, choice = "ind", axes = 1:2, fill = "#DDC1FA")
```



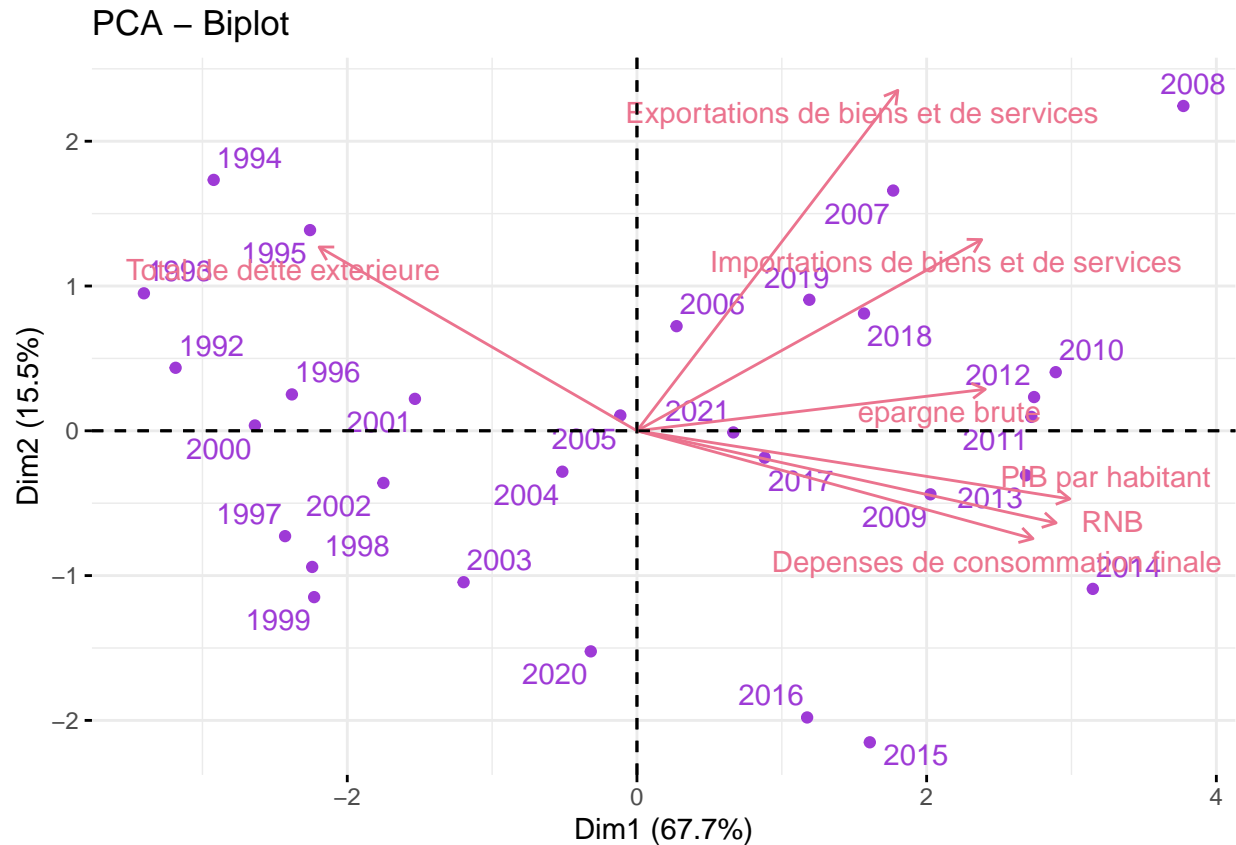
Contribution totale sur PC1 et PC2

```
fviz_contrib(res.pca, choice = "ind", axes = 1:2, top = 8, fill = "#DDC1FA")
```

Contribution of individuals to Dim-1-2



```
#biplot des individus et des variables  
fviz_pca_biplot(res.pca, repel = TRUE,  
  col.var = "#EB738E", # Couleur des variables  
  col.ind = "#9E3AD6"  # Couleur des individus  
)
```



L'axe 1 oppose donc les années 1992 à 2005, marquées par un poids important dans la structure de leur bilan au niveau des Dette extérieure, et un poids faible des postes importations et exportation de biens et services et l'épargne brute aux années 2006 à 2019 (à l'exception de 13,14,15,16,17), qui présentent dans l'axe2.

L'axe 2 oppose les années, (voir graphique ci-dessous) caractérisées par un poids faible des postes Dépenses de consommation finale et RNB (revenu nette brute) et PIB par habitant