

Projet_Data_Exploration

February 18, 2023

1 Projet Data Exploration

1.1 Etienne Aubry et Charles-Meldhine Madi Mnemoui

L'objectif de ce projet est d'étudier le jeu de données `Esperancevie.csv` qui regroupe des indicateurs sur l'espérance de vie de 196 pays.

1.2 Sommaire

- Description des données
- Analyse univariée
- Analyses bivariées
 - **Quanti x Quanti**
 - Quali x Quanti
 - **Quali x Quali**
- Analyse multivariée

Commençons par charger le jeu de données et les packages nécessaires :

```
[1]: import numpy as np # Manipulation de matrices
import pandas as pd # Manipulation de tableaux de données
import matplotlib.pyplot as plt # Création de graphiques
import seaborn as sns # Création de graphiques de façon plus simple
from prince import PCA # Analyse en composantes principales

from utils import display_side_by_side # Fonction pour afficher plusieurs
↳ tableaux côte à côte

sns.set()

dataset = pd.read_csv(
    filepath_or_buffer="https://raw.githubusercontent.com/cmnmoui/
↳Projet_Data_Exploration/main/Esperancevie.csv",
    index_col="PAYS", # On définit la colonne Pays comme index
    decimal=".", # On définit la virgule comme séparateur décimal
    sep=";", # On définit le point-virgule comme séparateur de colonne
    encoding = "ISO-8859-1"
)
```

2 Description des données

```
[27]: print("Il y a", dataset.shape[0], "pays et", dataset.shape[1], "variables dans le dataset.")
```

Il y a 196 pays et 7 variables dans le dataset.

```
[20]: dataset.head()
```

```
[20]:
```

	TNAT	TMORT	EV	T65	NBENF	TCR	CONT
PAYS							
Afghanistan	45.49	18.60	44.97	2.254847	6.35	3.33	ASIE
AfriquedSud	21.22	15.24	52.28	4.737313	2.45	0.57	AFRIQUE
Albanie	15.02	6.52	77.02	9.907497	1.85	0.51	EUROPE
Algerie	20.48	4.91	73.13	4.690466	2.30	1.48	AFRIQUE
Allemagne	7.95	10.77	80.33	20.670035	1.33	-0.16	EUROPE

Les variables sont les suivantes :

- TNAT : variable quantitative qui représente le taux de natalité pour 1000 habitants
- TMORT : variable quantitative qui représente le taux de mortalité pour 1000 habitants
- EV : variable quantitative qui représente l'espérance de vie en années
- T65 : variable quantitative qui représente le taux de personnes de plus de 65 ans pour 100 habitants
- NBENF : variable quantitative qui représente le nombre d'enfants par femme
- TCR : variable quantitative qui représente le taux de croissance de la population pour 1000 habitants
- CONT : variable qualitative qui représente le continent

Pour varier les plaisirs, codons le nombre d'enfants par femme NBENF comme variable qualitative avec les modalités suivantes :

- NBENF < 1.85 : Faible
- 1.85 ≤ NBENF < 3.6 : Moyen
- NBENF ≥ 3.6 : Elevé

```
[2]: dataset.NBENF = dataset.NBENF.apply(  
    lambda nb_enfants: "Faible" if nb_enfants < 1.85 else "Moyen" if nb_enfants  
    <= 3.6 else "Elevé"  
)  
  
# Indiquons à Pandas que ces variables sont catégorielles  
dataset.NBENF = dataset.NBENF.astype("category")  
dataset.CONT = dataset.CONT.astype("category")
```

```
[22]: dataset.dtypes
```

```
[22]: TNAT      float64  
      TMORT      float64
```

```
EV          float64
T65         float64
NBENF       category
TCR         float64
CONT        category
dtype: object
```

```
[3]: quantitative_variables = dataset.select_dtypes(include=["float64", "int64"]).
      ↪columns
      qualitative_variables = dataset.select_dtypes(include=["category"]).columns
```

3 Analyse univariée

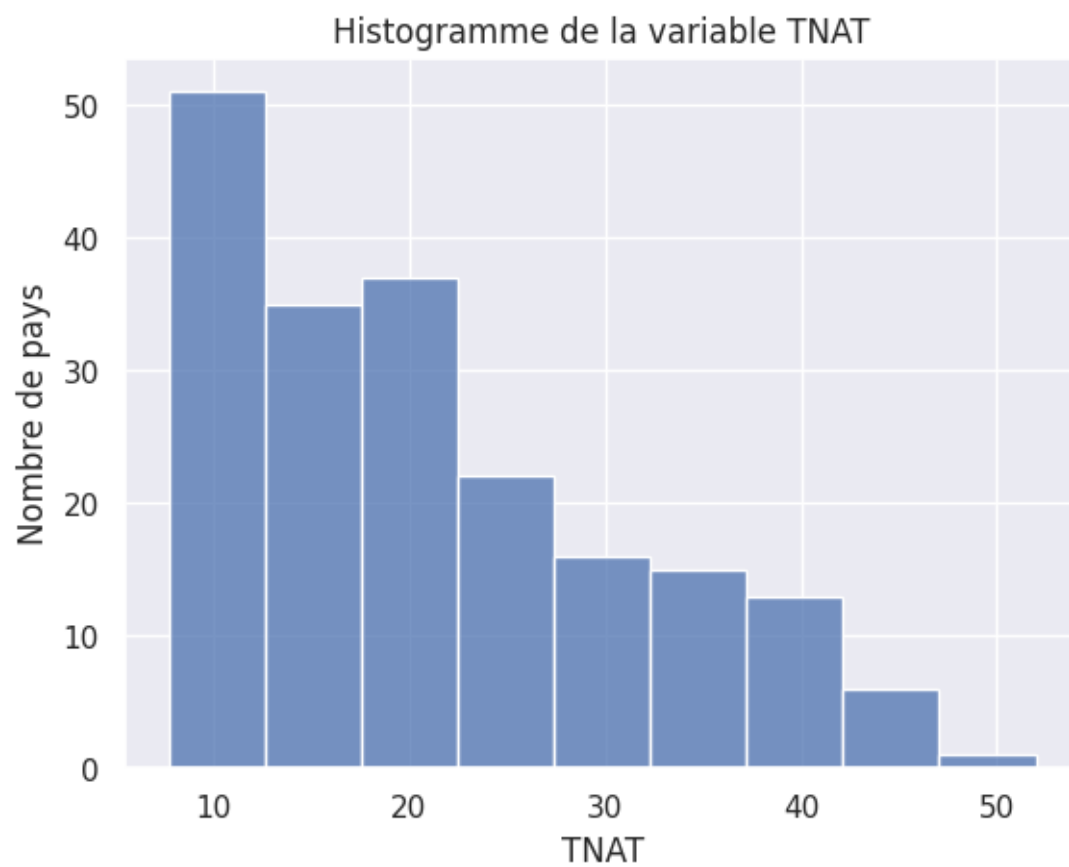
Commençons par un résumé des données de chaque variable :

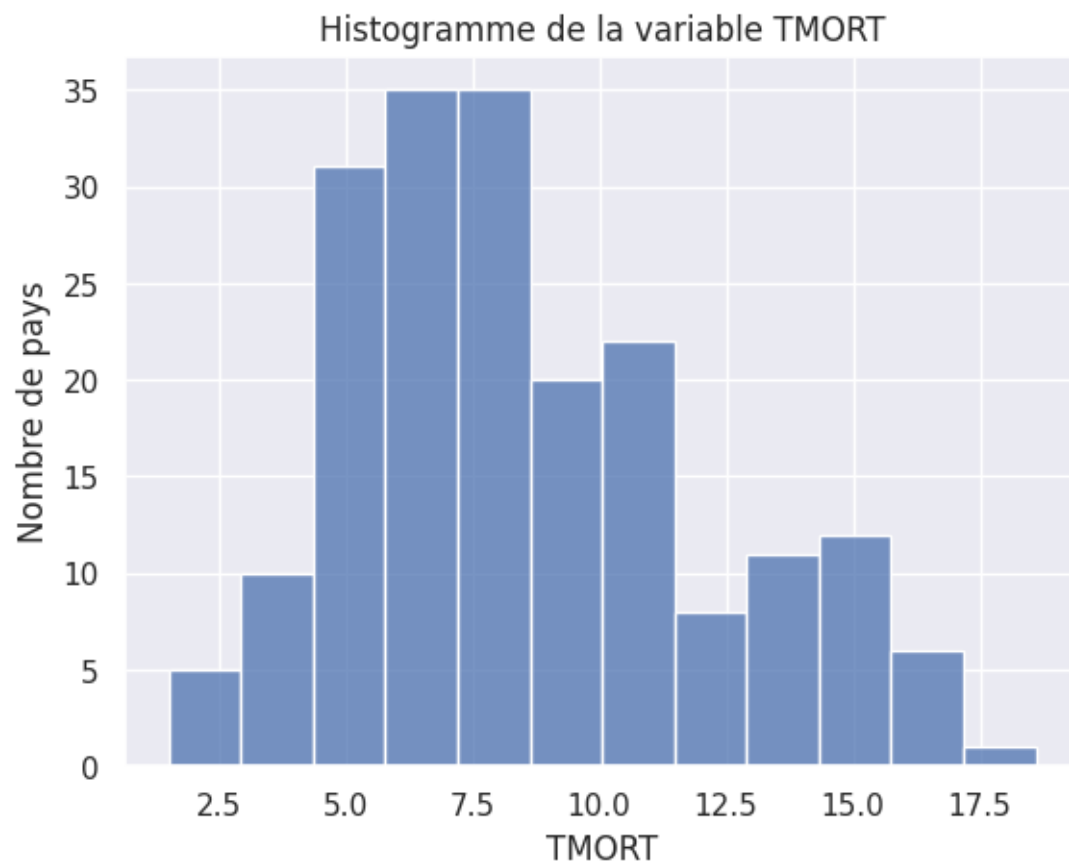
```
[24]: display_side_by_side(*[pd.DataFrame(dataset[variable].describe()).T for
      ↪variable in dataset.columns])
```

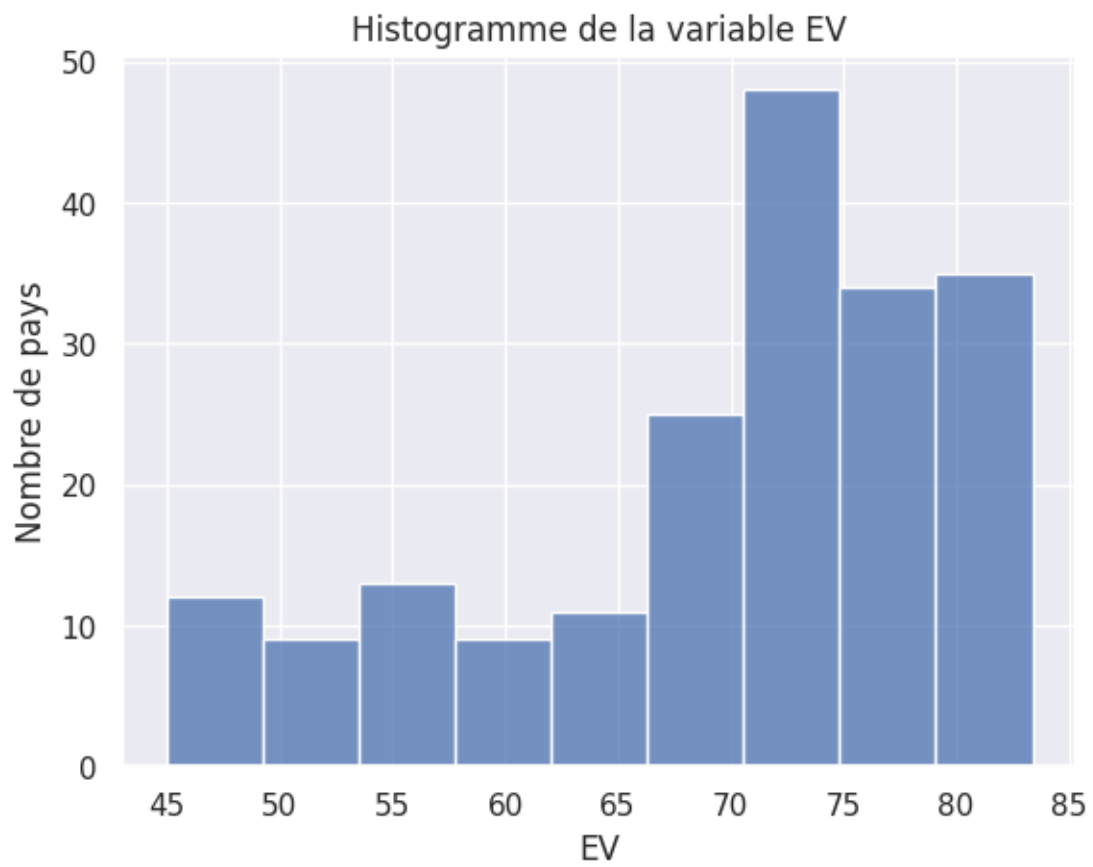
Ainsi que des graphiques de distribution de chaque variable :

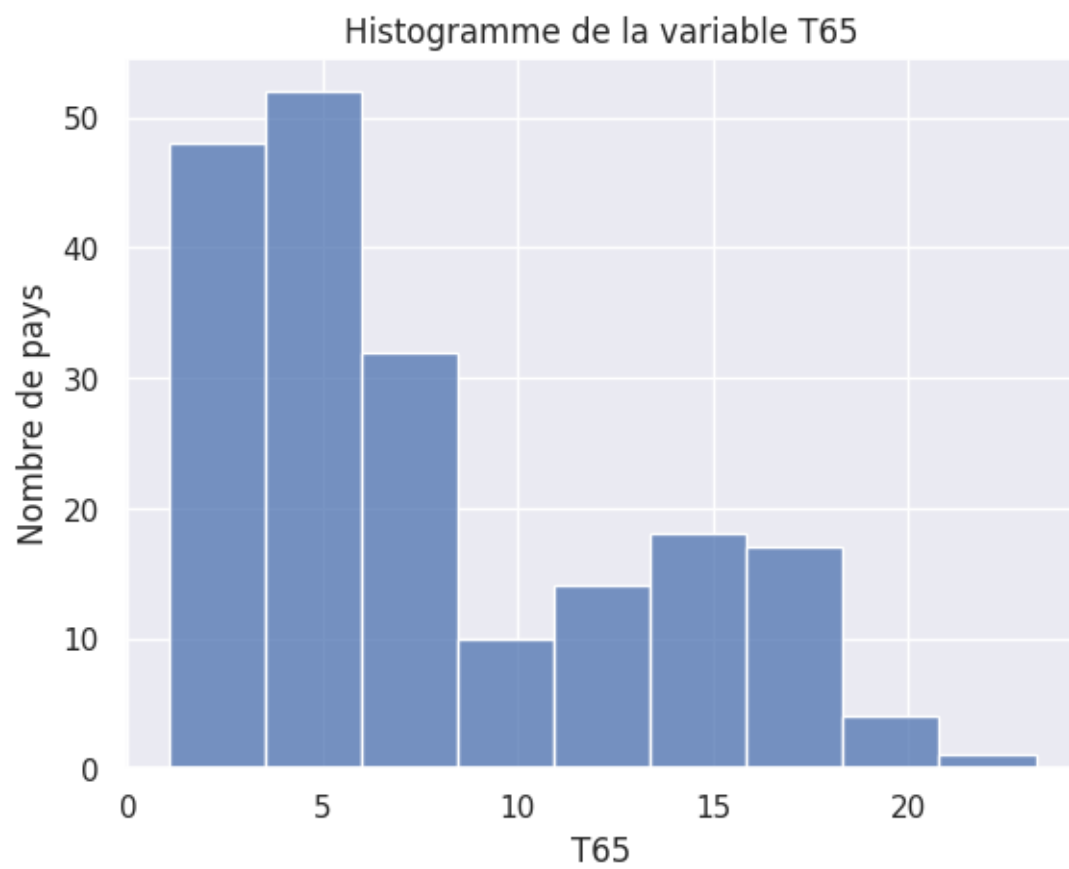
```
[25]: for variable in quantitative_variables:
      sns.histplot(dataset[variable])
      plt.title(f"Histogramme de la variable {variable}")
      plt.xlabel(variable)
      plt.ylabel("Nombre de pays")
      plt.show()

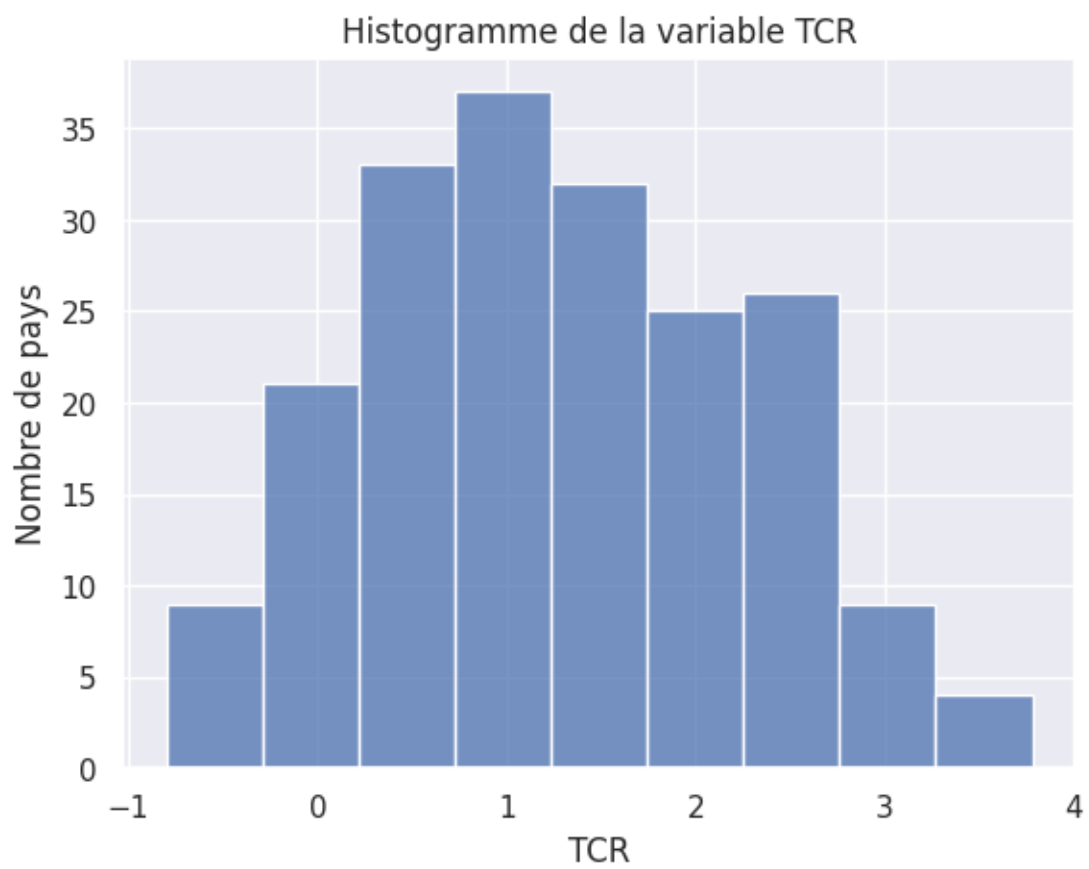
      for variable in qualitative_variables:
      sns.countplot(data = dataset, x = variable)
      plt.title(f"Diagramme en bâtons de la variable {variable}")
      plt.xlabel(variable)
      plt.ylabel("Nombre de pays")
      plt.show()
```

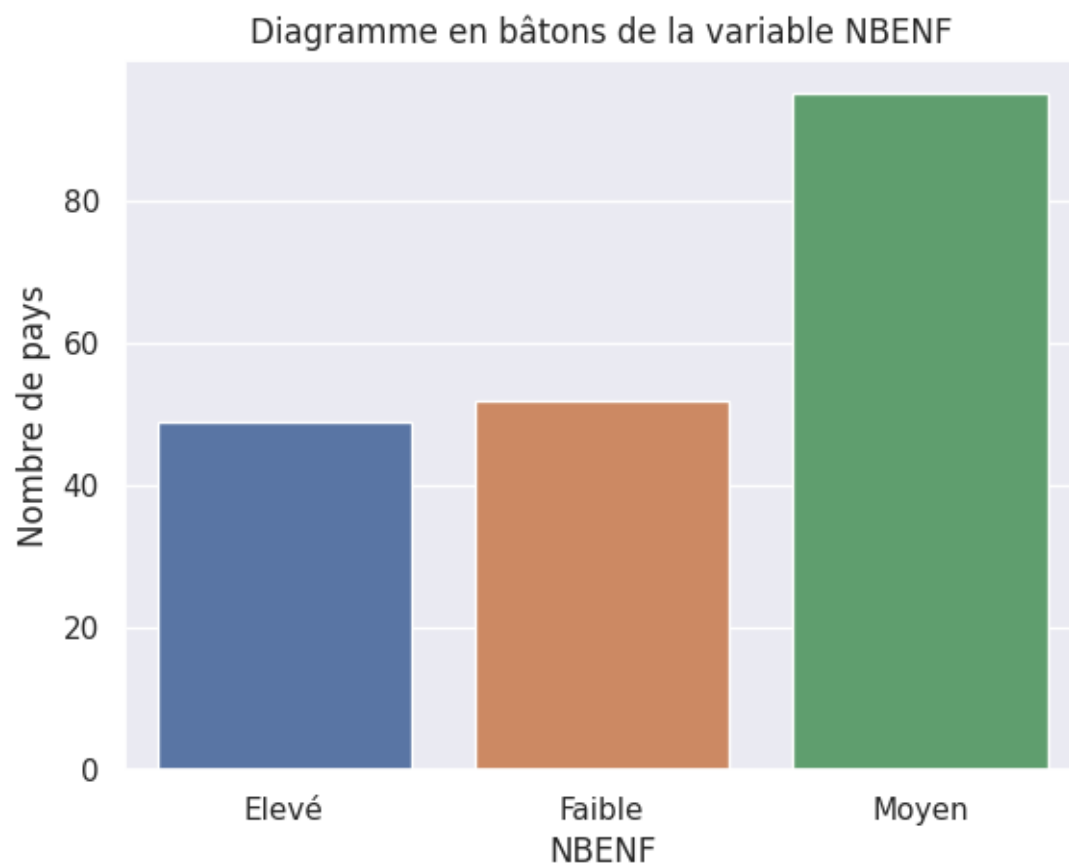


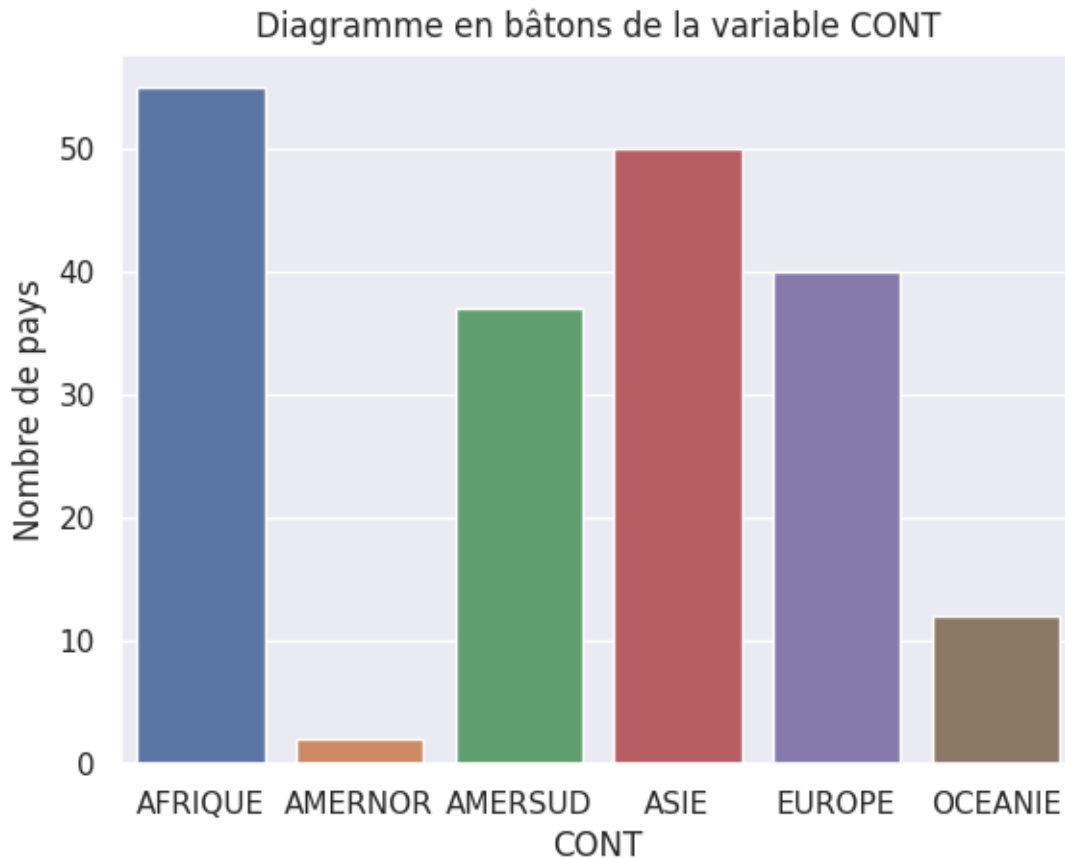












Quelques observations :

- Le taux de natalité TNAT moyen est de 21.3 pour mille habitants, avec un écart-type de 10.26, environ 50% de la moyenne. Cela signifie que les taux de natalité **varient beaucoup d'un pays à l'autre**, comme on peut le voir sur l'histogramme. La médiane est de 19.5 pour mille, ce qui est légèrement inférieur à la moyenne (la distribution est légèrement asymétrique à droite). Cela signifie que **la majorité des pays** ont un taux de natalité inférieur à la moyenne, mais qu'**une petite quantité de pays** a un taux de natalité **très élevé** (maximum de 51.99 pour mille).
- On observe une asymétrie similaire pour la plupart des variables quantitatives, avec une moyenne légèrement supérieure à la médiane, sauf pour EV qui est asymétrique à gauche : cela signifie qu'**une majorité des pays** ont une espérance de vie supérieure à 71.5 ans comme l'indique la médiane, mais qu'**une petite quantité de pays** a une espérance de vie **très faible** (minimum de 44.97 ans), ce qui tire la moyenne vers le bas.
- Le taux de croissance de la population TCR est la seule à avoir une distribution symétrique (moyenne très proche de la médiane), ce qui signifie qu'il y a autant de pays avec un taux de croissance **de part et d'autres de la moyenne**.
- Il y a très peu de pays d'Amérique du Nord et d'Océanie dans les données d'après le diagramme en bâtons, tandis que les pays africains sont les plus représentés.

4 Analyses bivariées

4.1 Quanti x Quanti

L'indicateur le plus adapté pour comparer deux variables quantitatives est le coefficient de corrélation de Pearson. Il est calculé comme suit :

$$\rho_{X,Y} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

où X et Y sont les deux variables quantitatives, \bar{X} et \bar{Y} leurs moyennes respectives, et n le nombre d'observations.

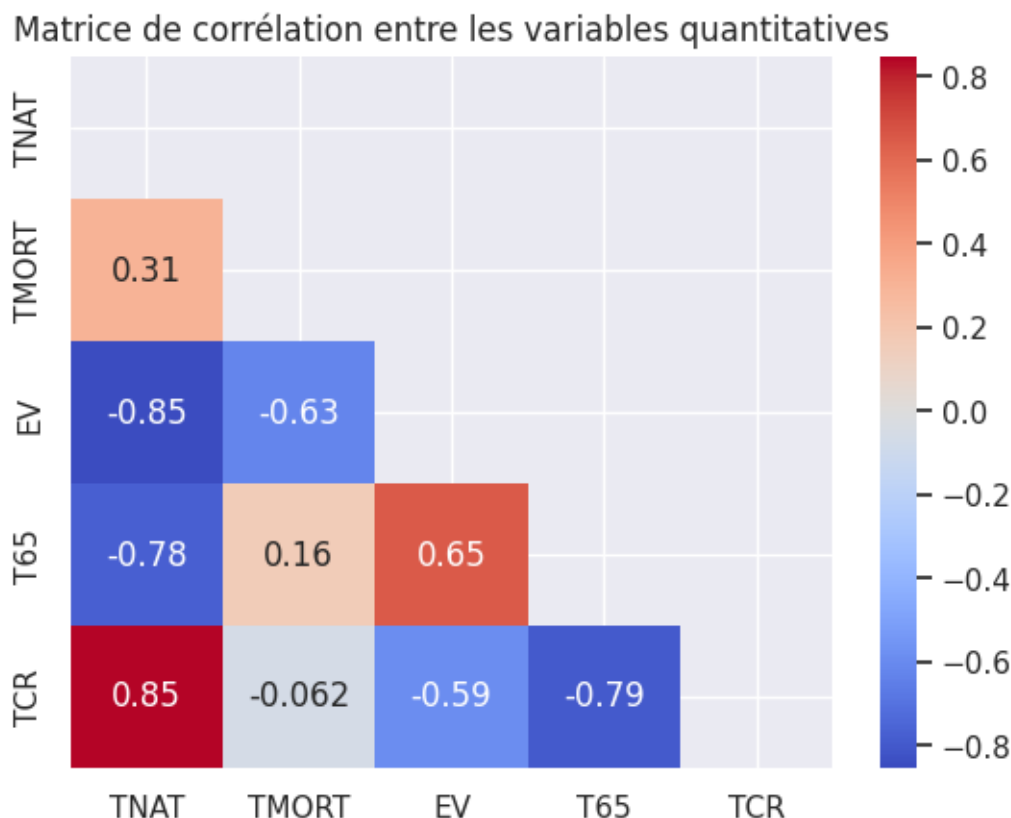
Ce coefficient permet d'estimer le lien **linéaire** entre X et Y .

On peut calculer ce coefficient pour chaque paire de variables quantitatives à l'aide de la fonction `dataset.corr()` et afficher le résultat sous forme de matrice de corrélation à l'aide de la fonction `sns.heatmap()` :

```
[28]: correlation_matrix = dataset.corr(method="pearson", numeric_only=True)
      mask = np.triu(np.ones_like(correlation_matrix, dtype=bool)) # Masque pour ne
      ↪ pas afficher la partie triangulaire supérieure de la matrice de corrélation

      sns.heatmap(correlation_matrix, annot=True, cmap="coolwarm", mask=mask)
      plt.title("Matrice de corrélation entre les variables quantitatives")
```

```
[28]: Text(0.5, 1.0, 'Matrice de corrélation entre les variables quantitatives')
```



On observe par exemple pour le taux de natalité TNAT : - une forte corrélation positive avec le taux de croissance de la population TCR (0.85), ce qui signifie que les pays avec un taux de natalité élevé est proportionnel à avoir un taux de croissance de la population élevé également. - une forte corrélation négative avec l'espérance de vie EV (-0.85) et le taux de personnes de plus de 65 ans T65 (-0.78) : cela signifie que les pays avec un taux de natalité élevé est inversement proportionnel à avoir une espérance de vie et un taux de personnes de plus de 65 ans faibles. - une corrélation positive moyenne avec le taux de mortalité TMORT (0.31) : cela signifie que les pays avec un taux de natalité élevé ont tendance à avoir un taux de mortalité élevé également, mais pas de façon systématique.

Un autre indicateur permettant de mesurer le lien entre deux variables quantitatives est le R^2 (ou coefficient de détermination). Il est calculé comme suit :

$$R^2 = \rho_{X,Y}^2$$

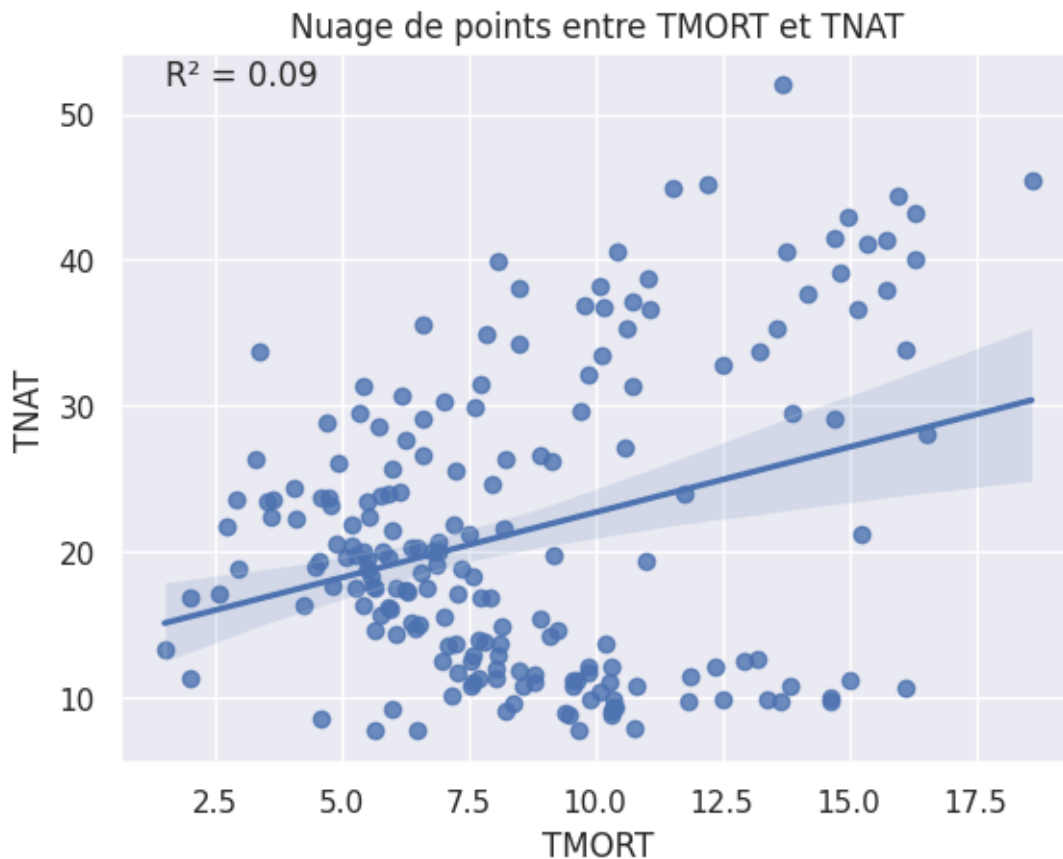
où $\rho_{X,Y}$ est le coefficient de corrélation de Pearson entre X et Y .

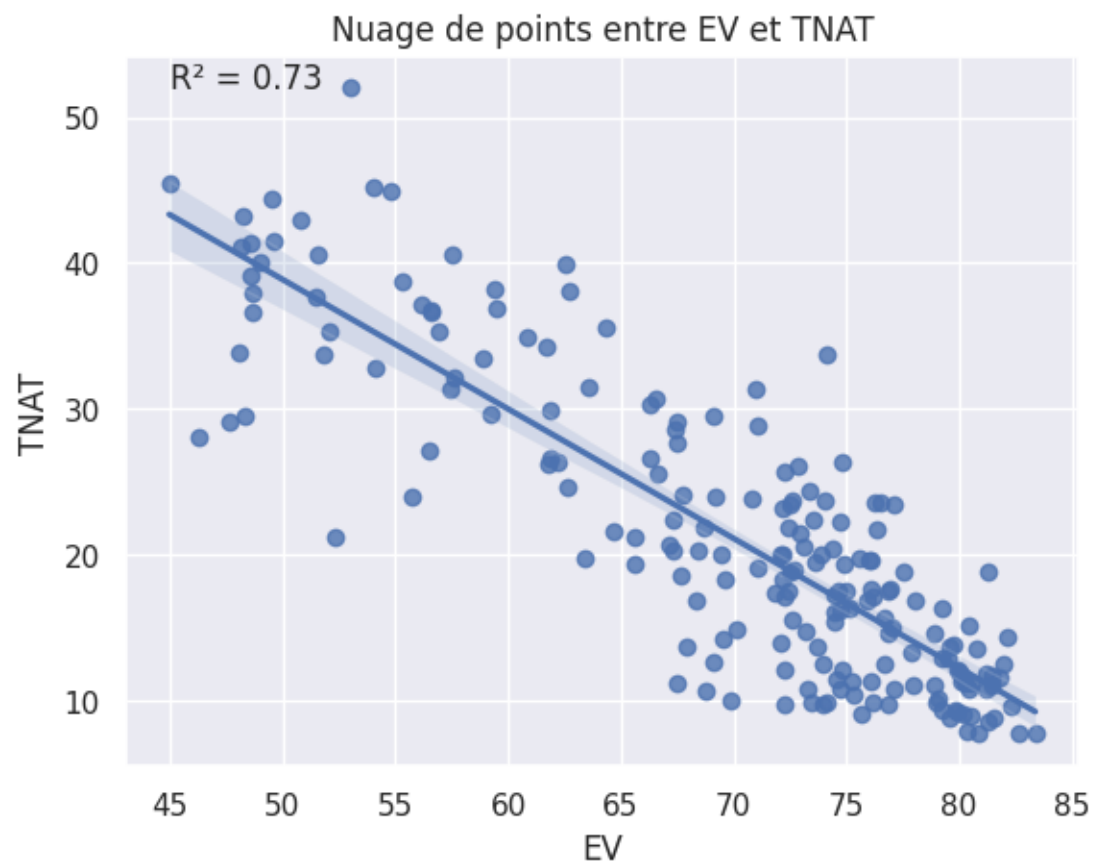
Le R^2 permet d'estimer la variance expliquée par la relation linéaire entre X et Y .

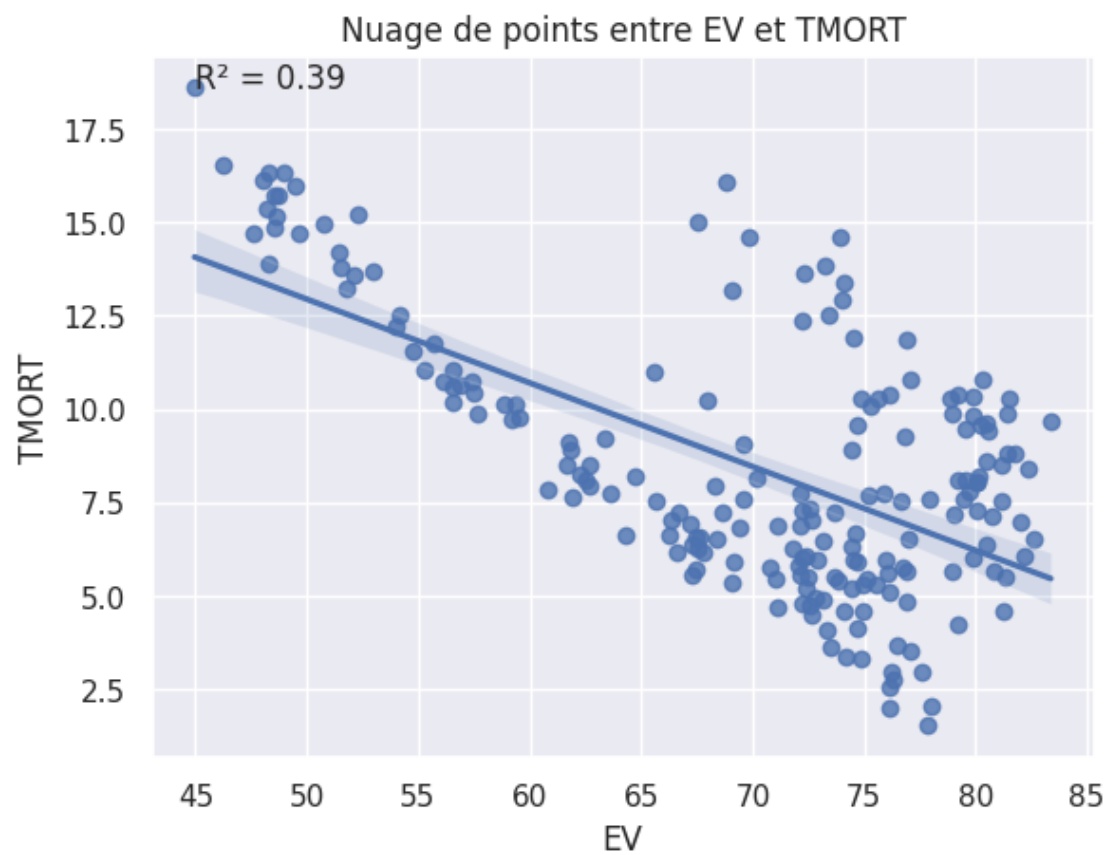
Nous pouvons également afficher les nuages de points pour chaque paire de variables quantitatives et la droite de régression linéaire correspondante :

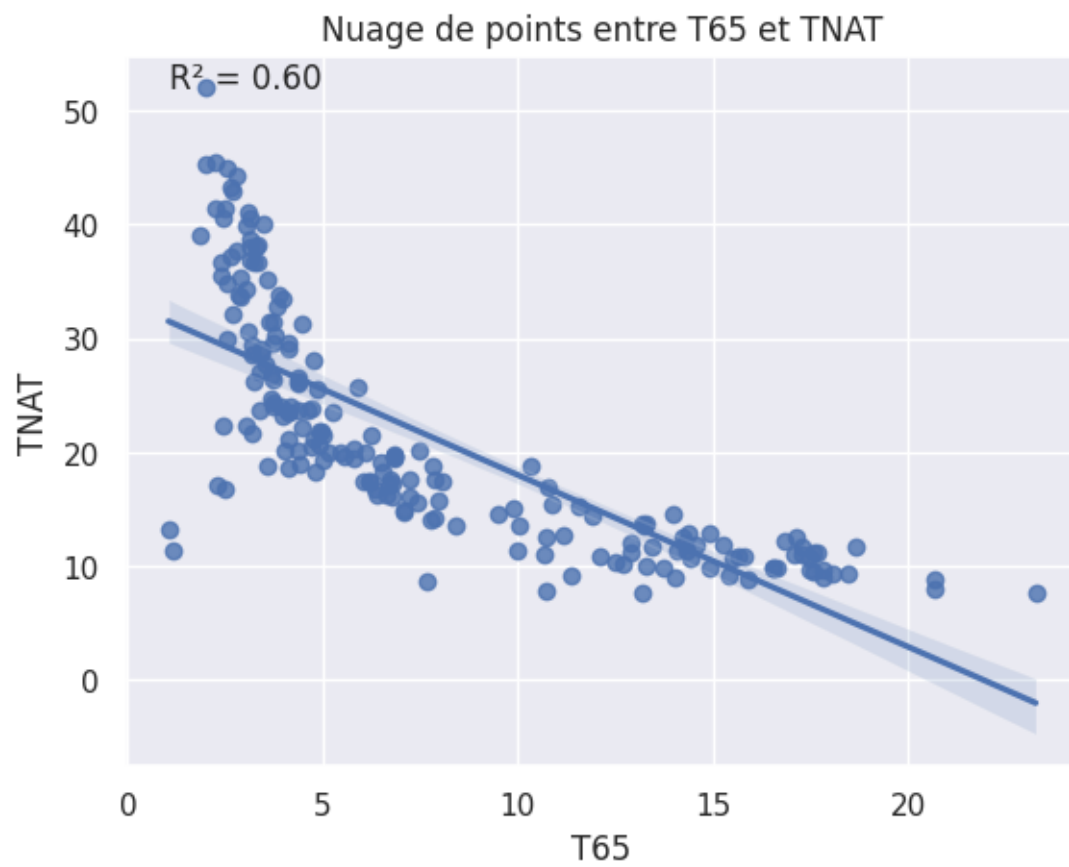
```
[38]: from scipy.stats import linregress # Régression linéaire

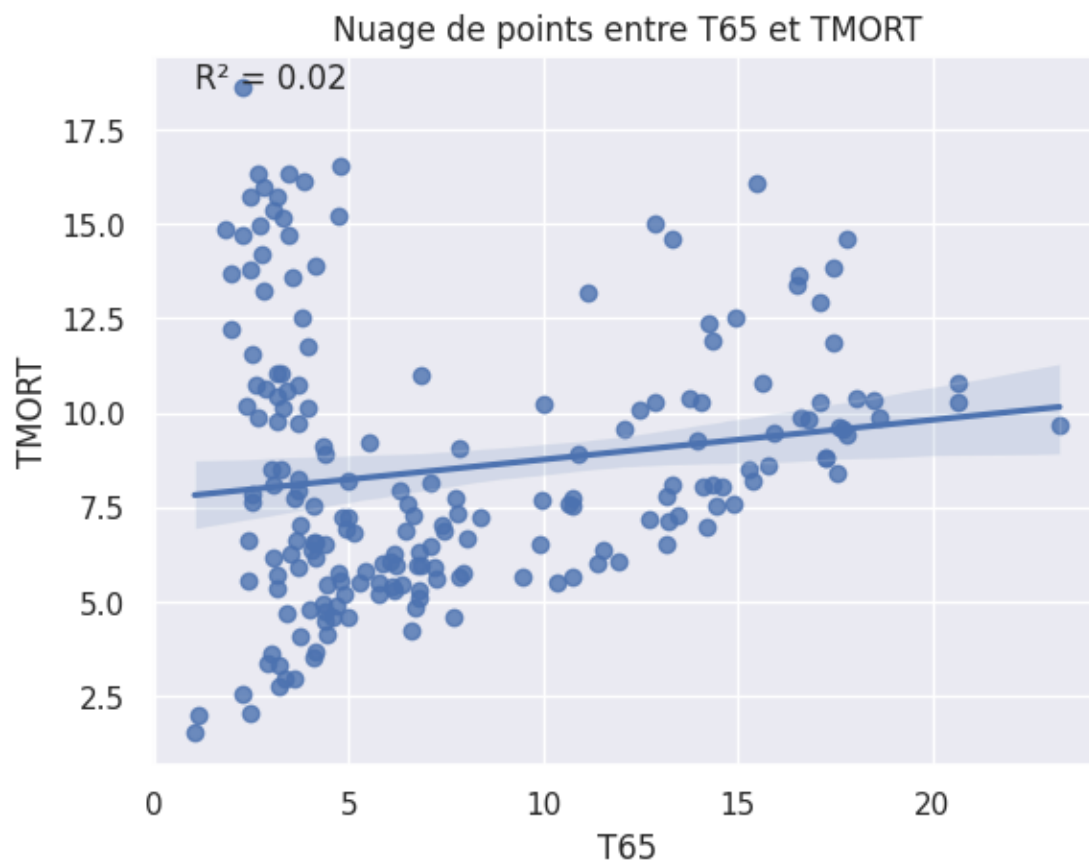
for x in quantitative_variables:
    for y in quantitative_variables[:quantitative_variables.get_loc(x)]:
        if x != y:
            linear_regression = linregress(dataset[x], dataset[y])
            sns.regplot(data=dataset, x=x, y=y)
            plt.title(f"Nuage de points entre {x} et {y}")
            # On affiche le R²
            plt.text(
                x=dataset[x].min(),
                y=dataset[y].max(),
                s=f"R² = {linear_regression.rvalue**2:.2f}",
                fontsize=12
            )
            plt.xlabel(x)
            plt.ylabel(y)
            plt.show()
```

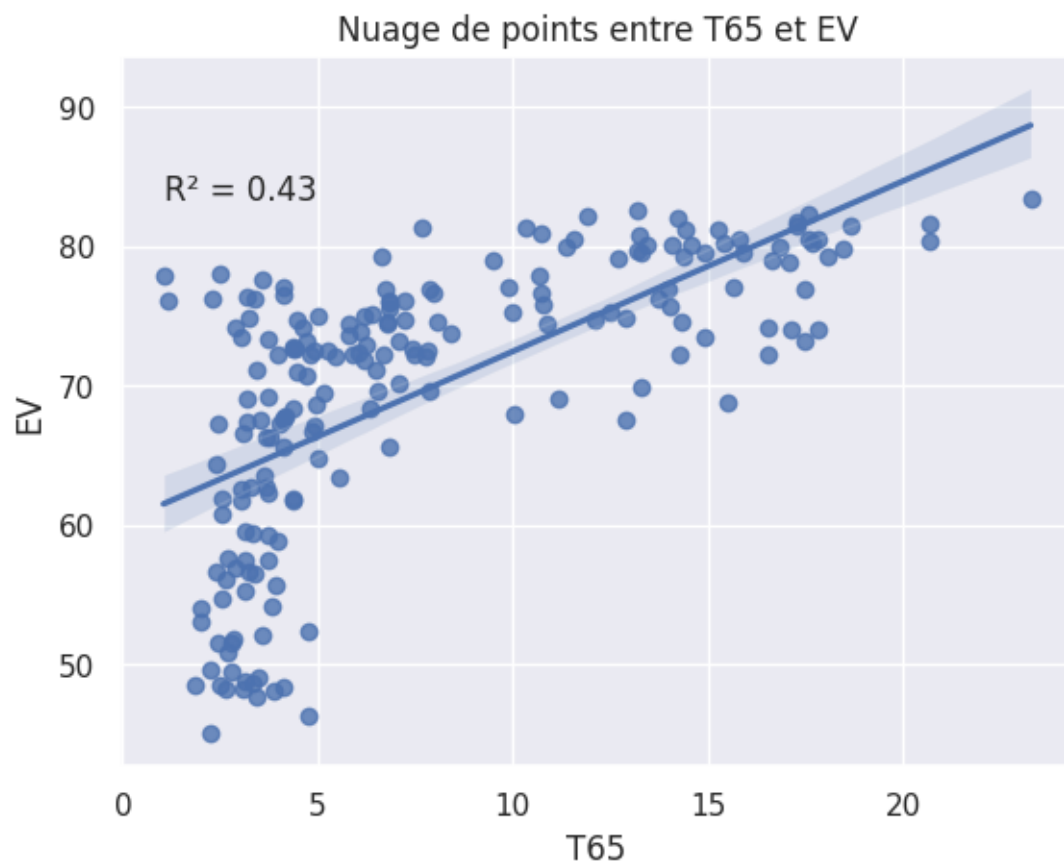


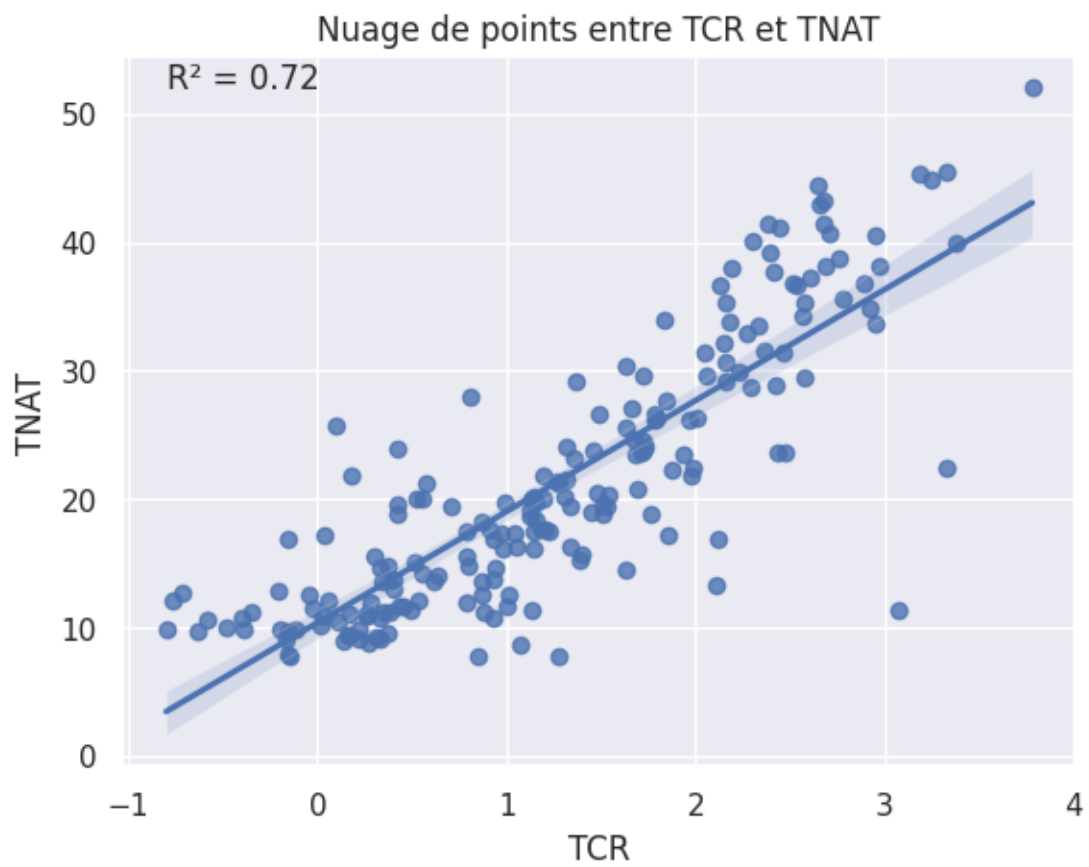


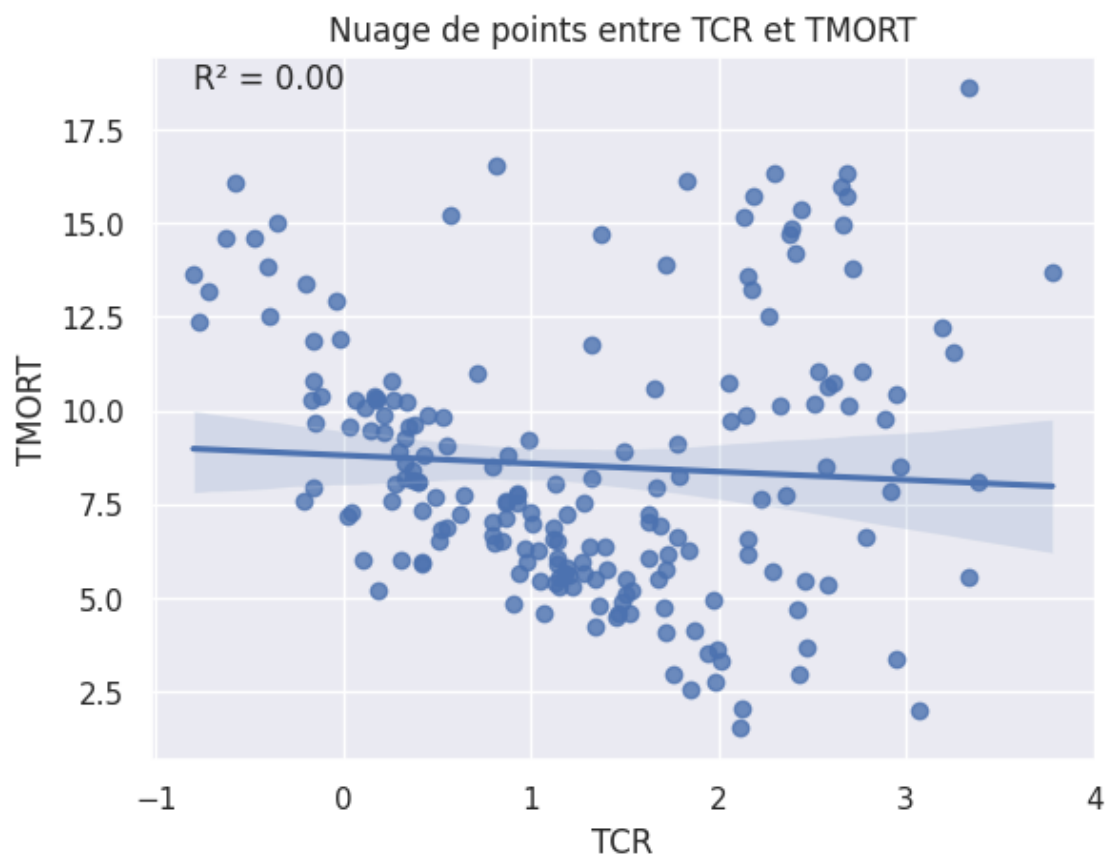


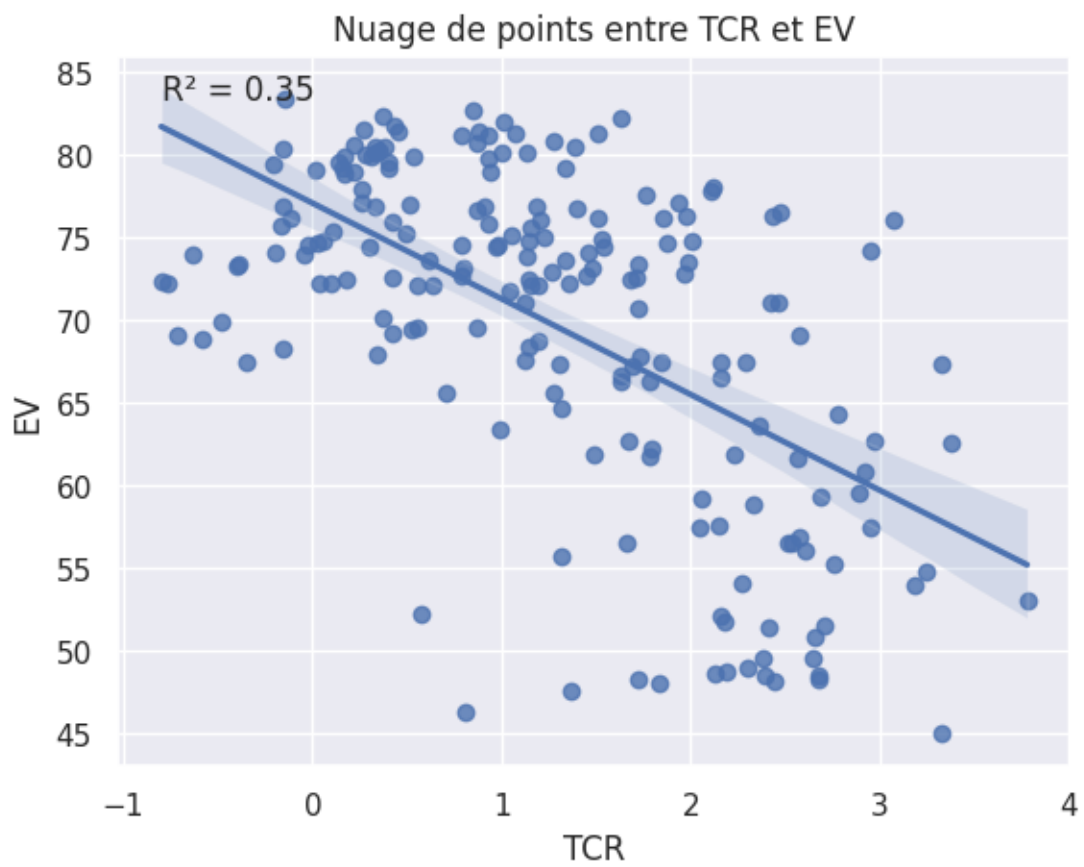


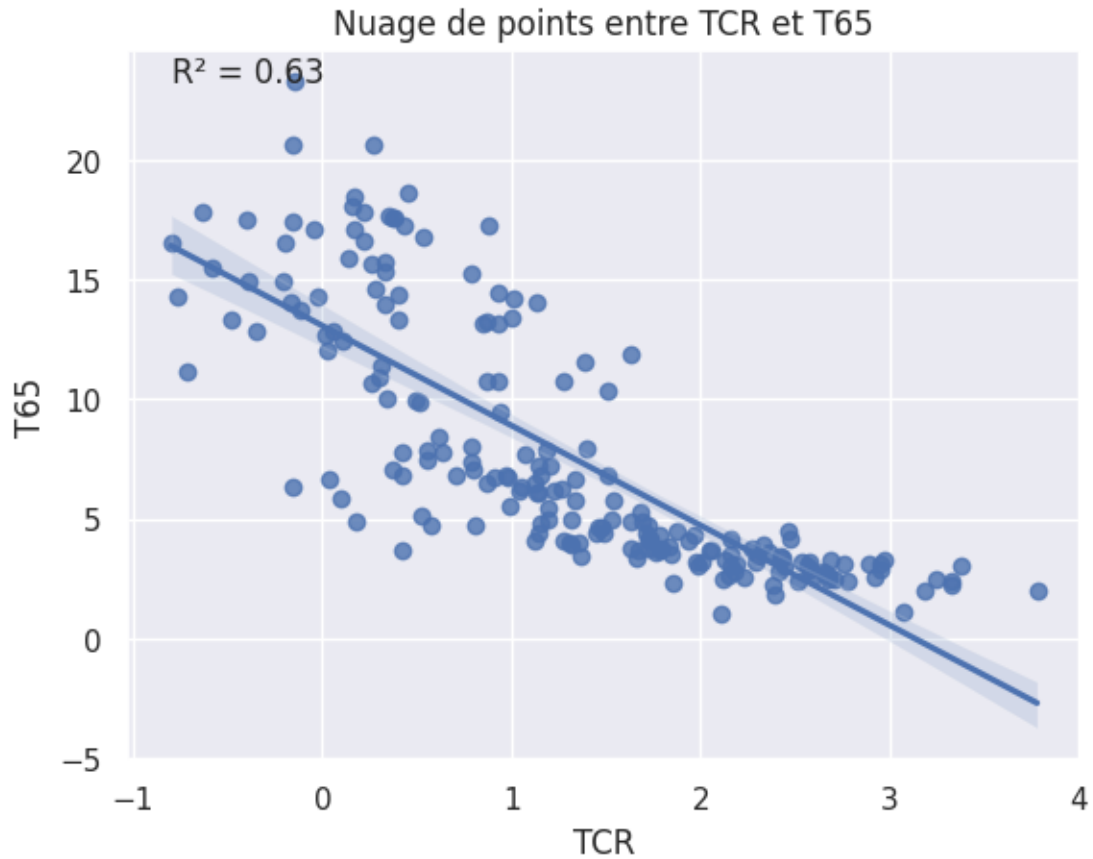












En guise d'exemple, on observe que : - le taux de natalité TNAT est proportionnel au taux de croissance de la population TCR : plus le taux de natalité est élevé, plus le taux de croissance de la population est élevé également. D'après le R^2 Le taux de natalité explique 72% de la variance du taux de croissance de la population. - il ne semble pas y avoir de relation entre le taux de mortalité TMORT et le taux de croissance TCR : le R^2 est nul, ce qui signifie que le taux de mortalité n'explique pas la variance du taux de croissance de la population. Les points sont répartis de façon aléatoire autour de la droite de régression linéaire.

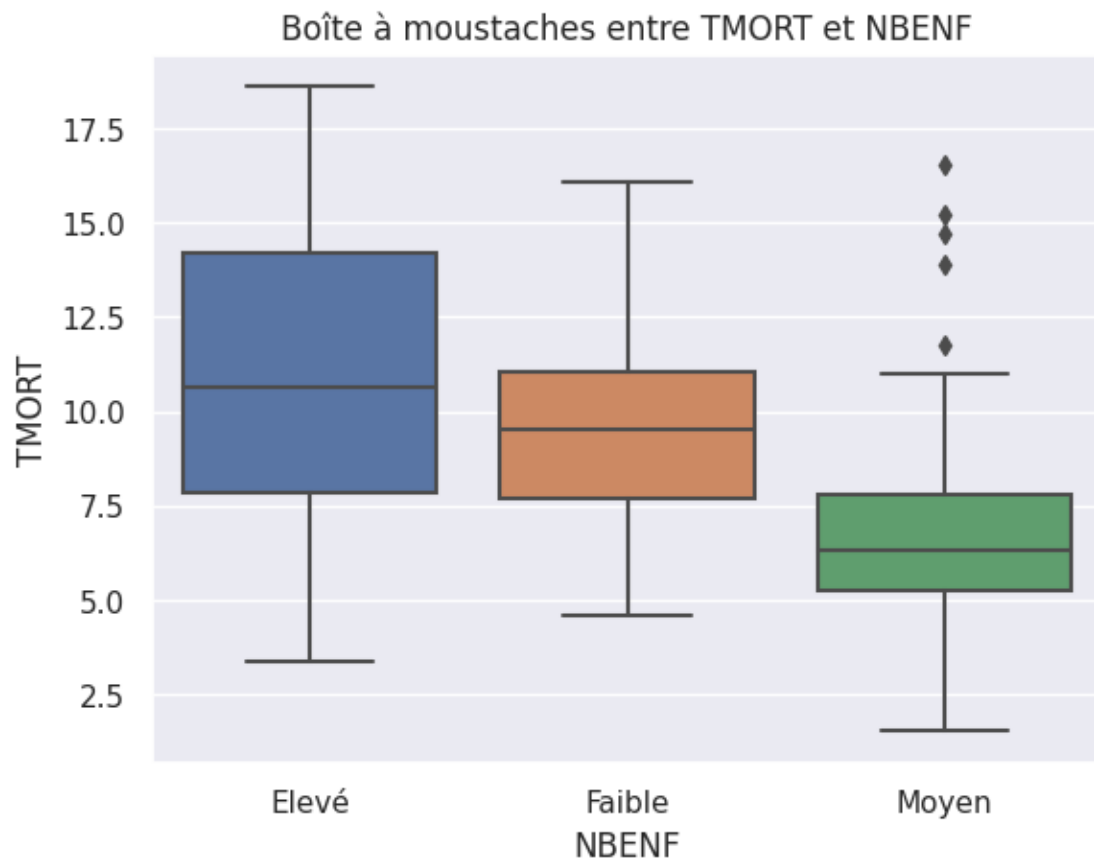
4.2 Quanli x Quanti

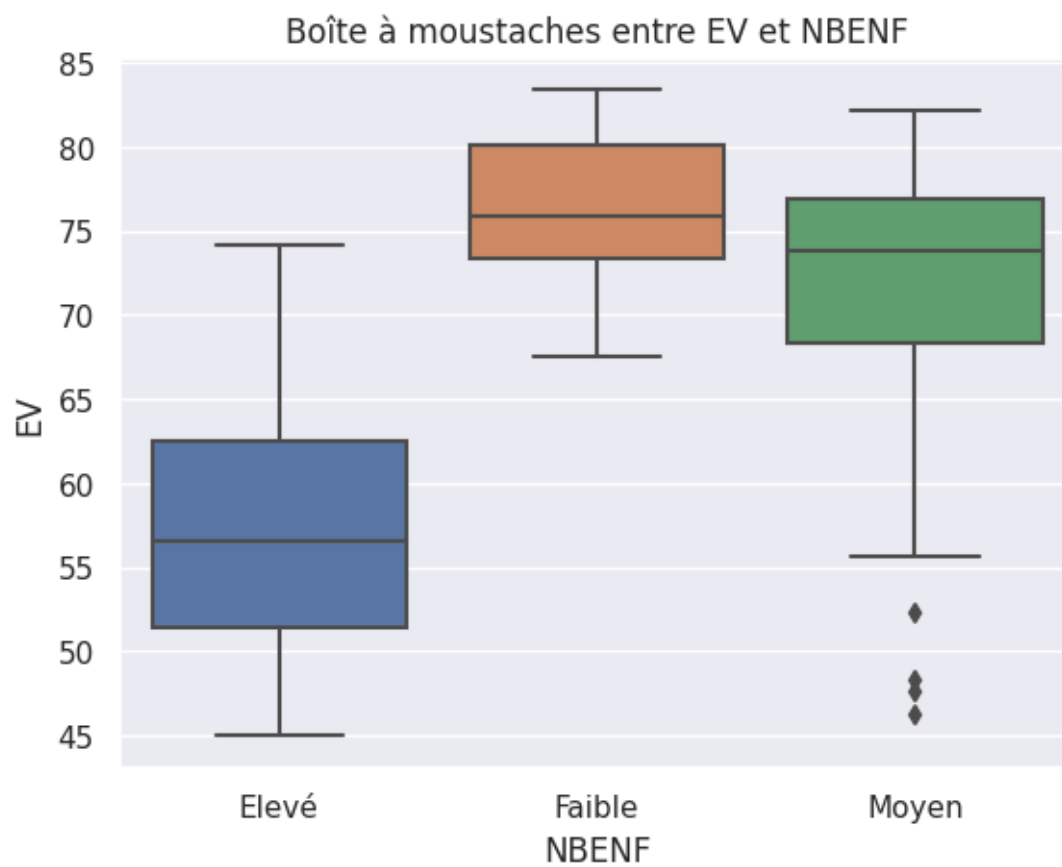
Le graphique le plus adapté pour comparer une variable quantitative et une variable qualitative est la boîte à moustaches (ou boxplot). Elle permet de visualiser la distribution de la variable quantitative selon les modalités de la variable qualitative.

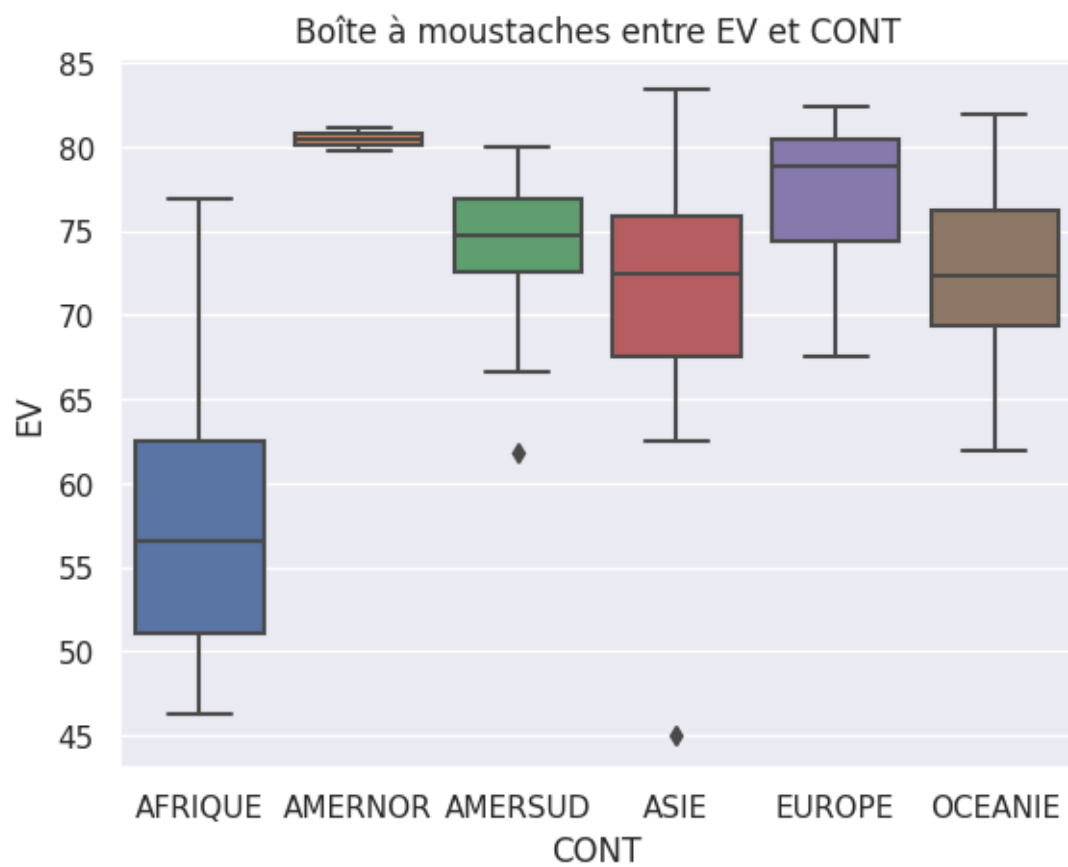
On peut afficher les boxplots pour chaque paire de variables à l'aide de la fonction `sns.boxplot()` :

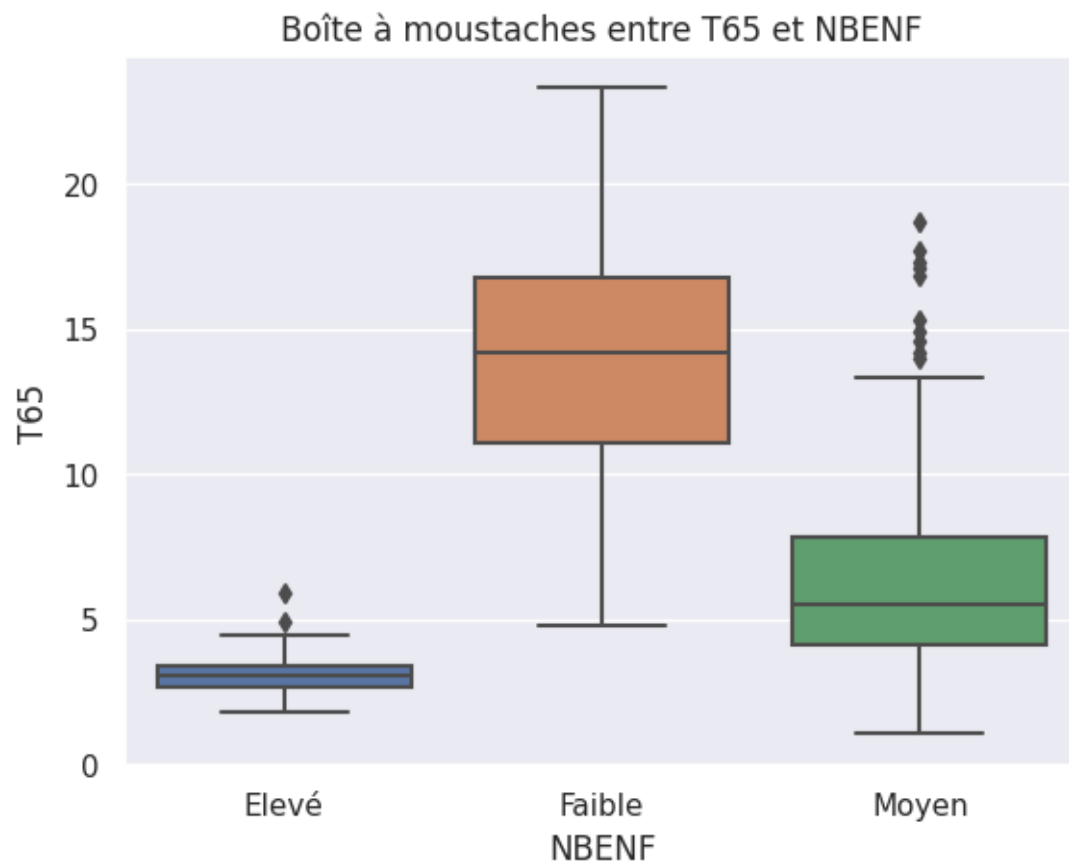
```
[40]: for x in quantitative_variables:
      for y in qualitative_variables[:quantitative_variables.get_loc(x)]:
          sns.boxplot(data=dataset, x=y, y=x)
          plt.title(f"Boîte à moustaches entre {x} et {y}")
```

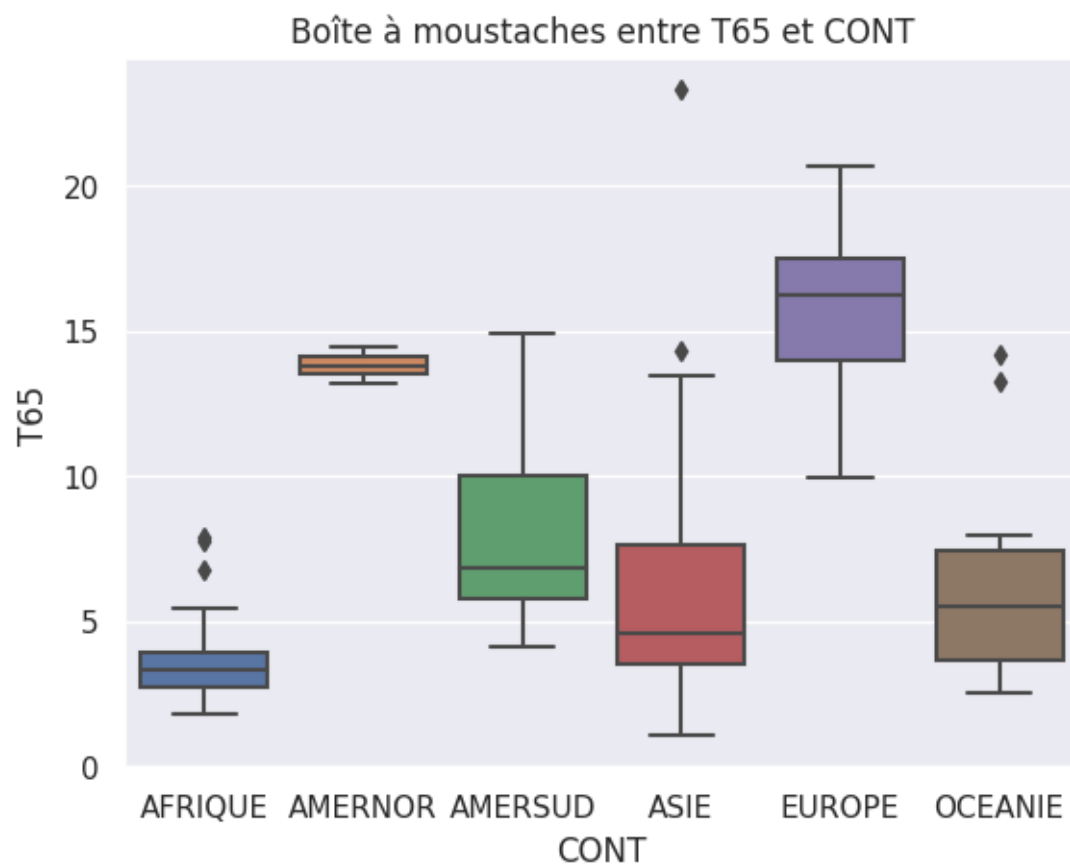
```
plt.xlabel(y)
plt.ylabel(x)
plt.show()
```

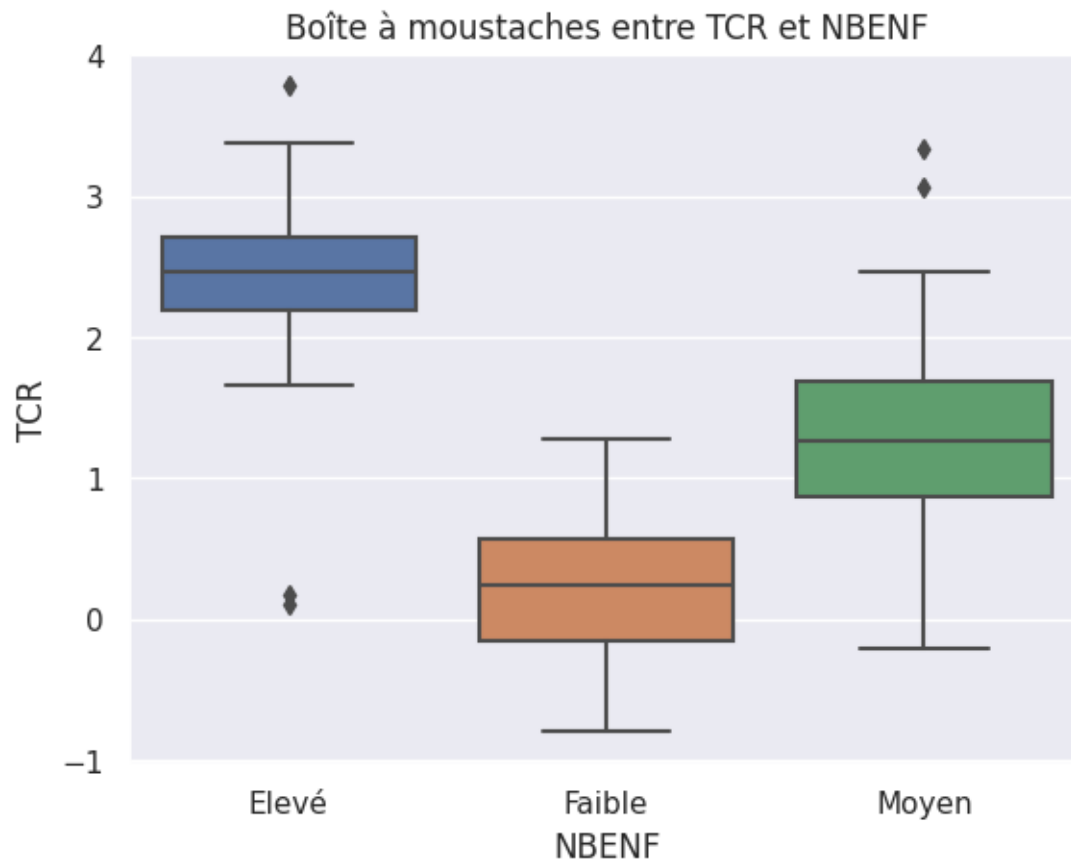


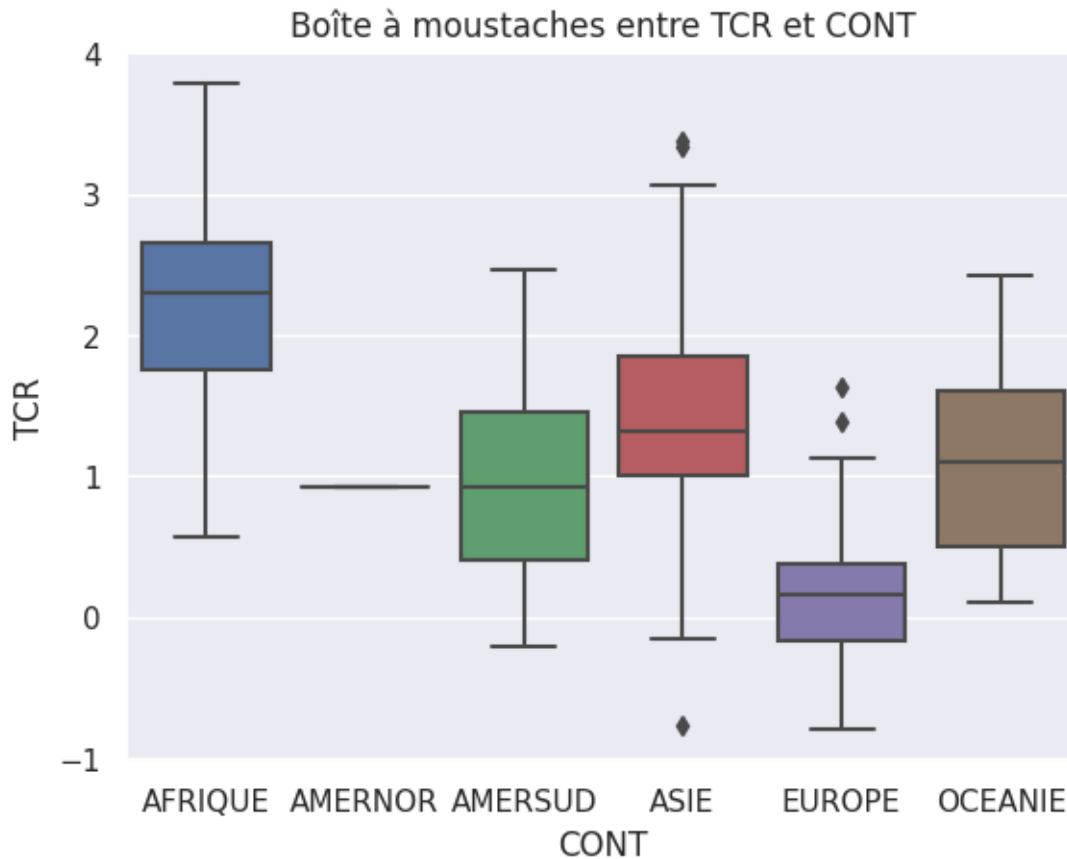












Pour le plus notable, on observe que :

- les pays africains ont une espérance de vie plus faible que les autres pays, avec une médiane vers les 55.5 ans tandis que les autres pays ont une médiane supérieure à 70 ans. Leur espérance de vie est également plus variable que celle des autres pays.
- les pays africains ont un taux de natalité et de croissance de la population plus élevés que les autres pays. On observe également que les pays européens sont plus en dessous des autres pays : ils sont les seuls à avoir des pays avec un taux de croissance de la population négatif.

Tout ceci s'explique bien par le phénomène de [transition démographique](#) :

- les pays africains sont au tout début de la transition démographique, avec un taux de natalité et de croissance de la population élevé.
- les pays des autres continents (hors Europe) sont en fin de transition démographique, avec un taux de natalité et de croissance de la population qui se stabilise.
- les pays européens ont terminé leur transition il y a bien longtemps, ils sont même en face de déclin démographique, avec un taux de croissance de la population négatif.

4.3 Quali x Quali

L'indicateur le plus adapté pour comparer deux variables qualitatives est la distance du chi-deux. Elle est calculée comme suit :

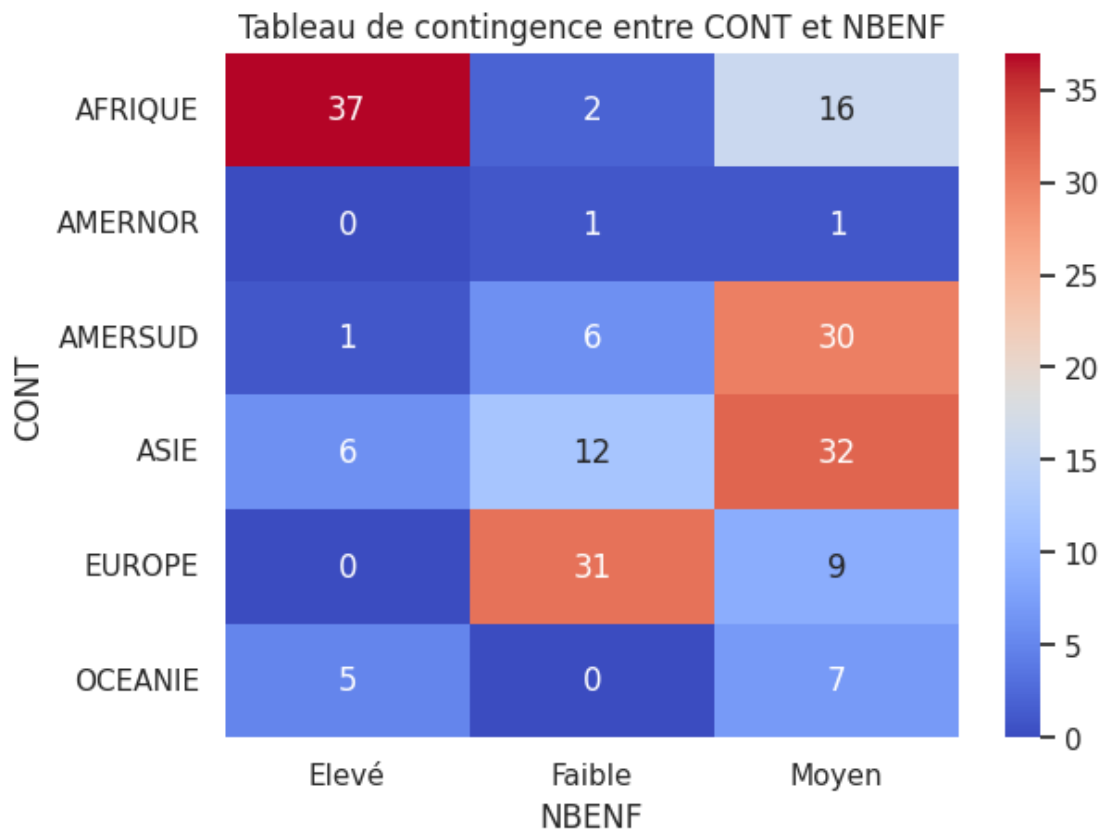
$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

où O_{ij} est le nombre d'observations dans la cellule i de la variable X et j de la variable Y , et E_{ij} est le nombre d'observations attendues dans cette cellule.

Cette distance permet d'estimer le lien entre les deux variables qualitatives.

On peut se faire une idée du lien entre deux variables qualitatives à l'aide de tableaux de contingence :

```
[41]: for x in qualitative_variables:
      for y in qualitative_variables[:qualitative_variables.get_loc(x)]:
          if x != y:
              contingency_table = pd.crosstab(dataset[x], dataset[y])
              sns.heatmap(contingency_table, annot=True, cmap="coolwarm")
              plt.title(f"Tableau de contingence entre {x} et {y}")
              plt.xlabel(y)
              plt.ylabel(x)
              plt.show()
```



On observe que :

- le continent africain est celui avec le plus de pays avec un nombre d'enfants par femme NBENF élevé
- le continent européen est celui avec le plus de pays avec un nombre d'enfants par femme NBENF faible
- les autres continents ont en majorité des pays avec un nombre d'enfants par femme NBENF moyen

On voit bien que le nombre d'enfants par femme NBENF est lié au continent, conformément à la [transition démographique](#).

On peut confirmer ce lien à l'aide d'un test du χ^2 :

Hypothèse H_0 : le nombre d'enfants par femme NBENF est indépendant du continent

Hypothèse H_1 : le nombre d'enfants par femme NBENF est dépendant du continent

On rejette H_0 si la p-value est inférieure à 0.05 (on a donc un risque $\alpha = 5$ de chances de rejeter H_0 à tort).

```
[48]: from scipy.stats import chi2_contingency # Test du  $\chi^2$ 

for x in qualitative_variables:
    for y in qualitative_variables[:qualitative_variables.get_loc(x)]:
        if x != y:
            contingency_table = pd.crosstab(dataset[x], dataset[y])
            chi2, p_value, _, _ = chi2_contingency(contingency_table)
            print(f"Test du  $\chi^2$  entre {x} et {y} :")
            print(f"p-value = {p_value:.0f}")
            if p_value < 0.05:
                print(f"La p-value est inférieure à 0.05, on rejette donc H0 :␣
↳ les variables {x} et {y} sont indépendantes.")
            else:
                print(f"La p-value n'est pas inférieure à 0.05, on ne peut donc␣
↳ pas rejeter H0 : les variables {x} et {y} sont indépendantes.")
            print()
```

Test du χ^2 entre CONT et NBENF :

p-value = 0

La p-value est inférieure à 0.05, on rejette donc H_0 : les variables CONT et NBENF sont indépendantes.

5 Analyse multivariée

Pour visualiser le lien entre nos différentes variables **quantitatives** en même temps, on peut utiliser une Analyse en Composantes Principales (ACP).

Il s'agit d'une méthode statistique qui permet de représenter nos données dans un espace de dimension inférieure (typiquement en deux dimensions pour la visualisation) à celle des données initiales qui

maximise la variance des données (il s'agit d'un changement de base, où les éléments de la nouvelle base sont appelés les composantes principales).

```
[8]: pca = PCA(
    rescale_with_mean=True, # on centre les données
    rescale_with_std=True, # on réduit les données
    copy=True,
    check_input=True,
    engine="auto",
    random_state=42
)

pca = pca.fit(dataset[quantitative_variables])
```

```
[10]: two_dimensions_inertia = pca.explained_inertia_[1:2].sum()
print(f"La représentation des individus sur les deux premières composantes_
↪ principales explique {two_dimensions_inertia*100:.2f}% de la variance.")
```

La représentation des individus sur les deux premières composantes principales explique 93.64% de la variance.

On voit que la représentation des données à l'aide des deux premières composantes principales conserve la majorité de la variance des données, la représentation est donc pertinente.

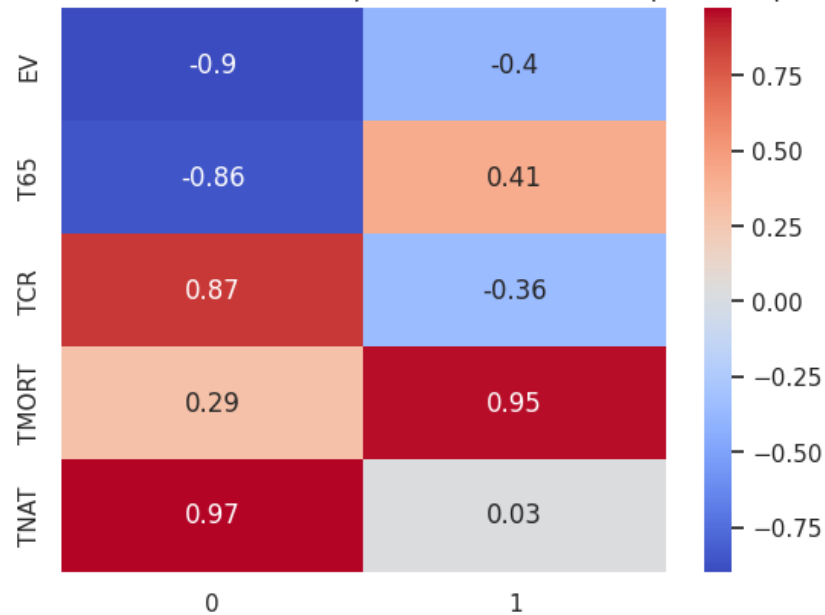
Pour permettre d'interpréter les composantes principales, on peut afficher leurs coefficients de corrélation avec les variables initiales :

```
[16]: sns.heatmap(
    pca.column_correlations(dataset[quantitative_variables]),
    annot=True,
    cmap="coolwarm",
)

plt.title("Matrice de corrélation entre les variables quantitatives et les_
↪ composantes principales")
```

```
[16]: Text(0.5, 1.0, 'Matrice de corrélation entre les variables quantitatives et les
composantes principales')
```


Matrice de corrélation entre les variables quantitatives et les composantes principales



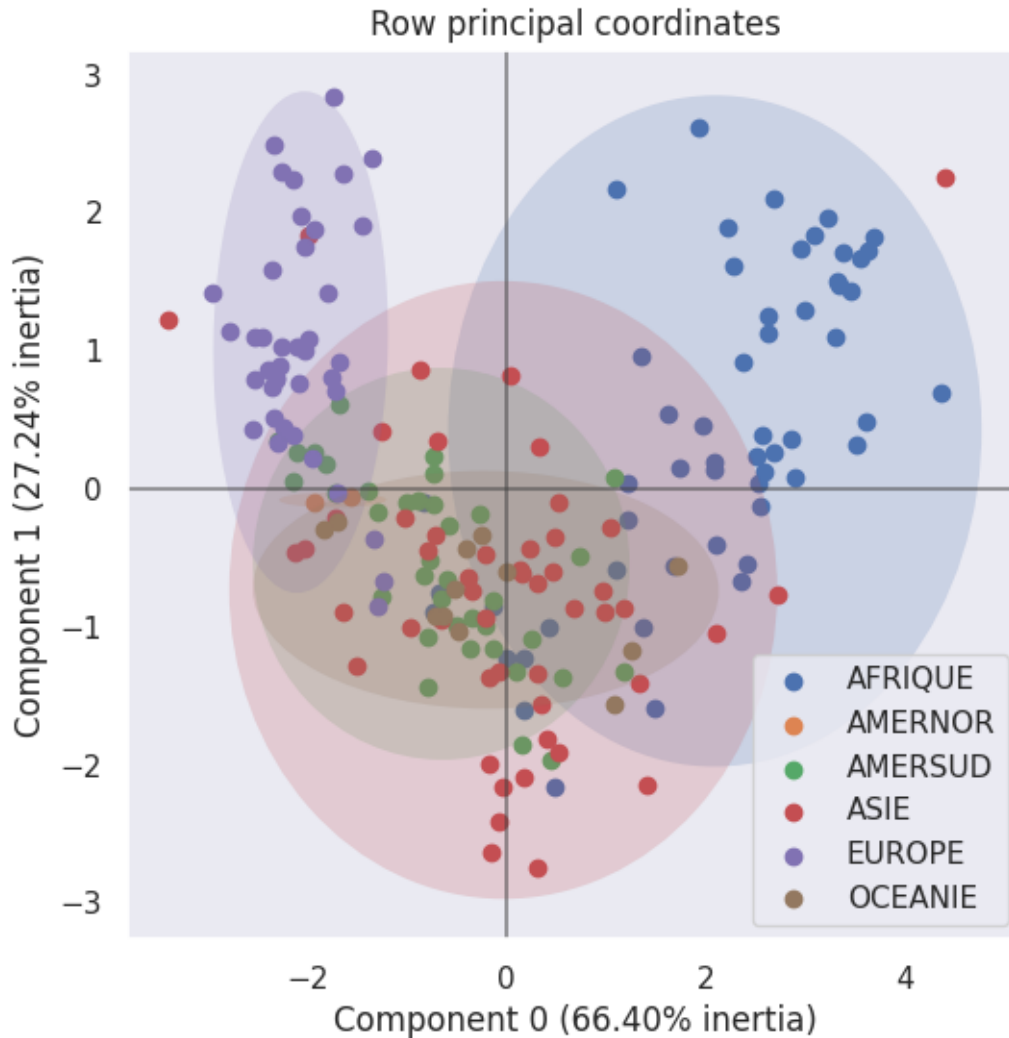
On voit que :

- la première composante principale 0 est fortement **corrélée positivement** avec le taux de natalité TNAT et le taux de croissance de la population TCR, alors qu'elle est fortement **corrélée négativement** avec le taux de personnes de plus de 65 ans T65 et l'espérance de vie EV. Cela signifie que les pays qui auront une **coordonnée positive** sur la première composante principale 0 (= le premier axe) auront un taux de natalité et de croissance de la population élevé, mais une espérance de vie et un taux de personnes de plus de 65 ans faible.
- la deuxième composante principale est **fortement corrélée positivement** avec le taux de mortalité TMORT, **moyennement corrélée négativement** avec l'espérance de vie EV et le taux de croissance de la population TCR, et **moyennement corrélée positivement** avec le taux de personnes de plus de 65 ans T65. Cela signifie que les pays qui auront une **coordonnée positive** sur la deuxième composante principale auront un taux de mortalité élevée.

On peut maintenant représenter les données dans le nouvel espace et interpréter le résultat :

```
[9]: pca.plot_row_coordinates(
    X=dataset[quantitative_variables],
    x_component=0,
    y_component=1,
    color_labels=dataset.CONT,
    show_points=True
)
```

```
[9]: <Axes: title={'center': 'Row principal coordinates'}, xlabel='Component 0
(66.40% inertia)', ylabel='Component 1 (27.24% inertia)'>
```



On observe que :

- les **pays africains** sont à droite de la représentation, ils ont une coordonnée positive sur la première composante principale 0. Cela signifie qu'ils ont un taux de natalité et de croissance de la population **élevé**, mais une espérance de vie et un taux de personnes de plus de 65 ans faible. A l'opposé sur cet axe, on a les **pays européens** qui ont donc un taux de natalité et de croissance de la population **faible**, mais une espérance de vie et un taux de personnes de plus de 65 ans élevé.
- on observe que les pays africains et européens ont une coordonnée positive sur la deuxième composante principale. Cela signifie qu'ils ont un taux de mortalité **élevé**. Pour les pays européens cela peut s'expliquer par le fait qu'ils ont une population plus vieille et donc proportionnellement plus de personnes à risque de décès.