

Projet MLOps – Pré-traitement des données

Objectif

Nettoyer et préparer le jeu de données afin de produire une version exploitable pour la modélisation.

Bibliothèque

```
Entrée [1]: import pandas as pd
import numpy as np

from scipy.stats import chi2_contingency

import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
```

Importation des données

```
Entrée [2]: DATA_PATH = "../data/raw/revenus.csv"

try:
    df = pd.read_csv(DATA_PATH, sep=",")
except:
    df = pd.read_csv(DATA_PATH, sep=",")

df.shape, df.head()
```

```
Out[2]: ((48842, 15),
          age  workclass  fnlwgt      education  educational-num      marital-status \
0    25     Private   226802        11th                 7      Never-married
1    38     Private   89814       HS-grad                 9  Married-civ-spouse
2    28  Local-gov   336951  Assoc-acdm                12  Married-civ-spouse
3    44     Private   160323  Some-college                10  Married-civ-spouse
4    18           ?   103497  Some-college                10      Never-married

          occupation relationship    race  gender  capital-gain  capital-loss \
0  Machine-op-inspct     Own-child  Black   Male         0            0
1  Farming-fishing       Husband  White   Male         0            0
2  Protective-serv       Husband  White   Male         0            0
3  Machine-op-inspct       Husband  Black   Male        7688            0
4           ?     Own-child  White  Female         0            0

      hours-per-week native-country income
0             40  United-States  <=50K
1             50  United-States  <=50K
2             40  United-States   >50K
3             40  United-States   >50K
4             30  United-States  <=50K )
```

Nettoyage variables (valeurs manquantes/aberrantes, recodage et regroupement)

```
Entrée [16]: import numpy as np
import pandas as pd

def clean_data(df_input: pd.DataFrame) -> pd.DataFrame:
    df_cleaned = df_input.copy()

    # 1) supprimer fnlwgt + harmoniser les noms de colonnes
    if "fnlwgt" in df_cleaned.columns:
        df_cleaned = df_cleaned.drop(columns=["fnlwgt"])

    # remplace les "-" par "_" (ex: capital-gain -> capital_gain)
    df_cleaned.columns = df_cleaned.columns.str.replace("-", "_", regex=False)

    # 2) remplacer "?" par "Non renseigné" (sur colonnes concernées)
    for c in ["occupation", "workclass", "native_country"]:
        if c in df_cleaned.columns:
            df_cleaned[c] = df_cleaned[c].astype(str).str.replace("?", "Non renseigné", re

    # 3) âge en classes
    if "age" in df_cleaned.columns and pd.api.types.is_numeric_dtype(df_cleaned["age"]):
        bins = [0, 18, 30, 50, 65, float("inf")]
        labels = ["Moins de 18", "Entre 18 et 30 ans", "Entre 31 et 50 ans", "Entre 51 et
        df_cleaned["age"] = pd.cut(df_cleaned["age"], bins=bins, labels=labels, right=False)

    # 4) capital_gain / capital_loss (après renommage)
    if "capital_gain" in df_cleaned.columns and pd.api.types.is_numeric_dtype(df_cleaned["capital_gain"]):
        df_cleaned["capital_gain"] = np.where(df_cleaned["capital_gain"] > 0, "Gain de capital", "Perte de capital")

    if "capital_loss" in df_cleaned.columns and pd.api.types.is_numeric_dtype(df_cleaned["capital_loss"]):
        df_cleaned["capital_loss"] = np.where(df_cleaned["capital_loss"] > 0, "Perte de capital", "Gain de capital")

    # 5) hours_per_week
    if "hours_per_week" in df_cleaned.columns and pd.api.types.is_numeric_dtype(df_cleaned["hours_per_week"]):
        df_cleaned["hours_per_week"] = pd.cut(
            df_cleaned["hours_per_week"],
            bins=[0, 40, 50, float("inf")],
            labels=["under-employed", "normally_employed", "over_employed"],
            right=False
        )

    # 6) native_country (USA / Not USA)
    if "native_country" in df_cleaned.columns:
        df_cleaned["native_country"] = np.where(
            df_cleaned["native_country"] == "United-States", "USA", "Not USA"
        )

    # 7) relationship - regroupement raisonné
    if "relationship" in df_cleaned.columns:
        df_cleaned["relationship"] = df_cleaned["relationship"].replace({
            "Husband": "Married",
            "Wife": "Married",
            "Own-child": "Own-child",
            "Not-in-family": "Others",
            "Other-relative": "Others",
            "Unmarried": "Unmarried"
        })

    # 8) race (White / Black / Other)
    if "race" in df_cleaned.columns:
        df_cleaned["race"] = np.where(
            df_cleaned["race"] == "White", "White",
            np.where(df_cleaned["race"] == "Black", "Black", "Other")
        )

    # 9) occupation mapping
    if "occupation" in df_cleaned.columns:
        occupation_mapping = {
            "Tech-support": "White Collar",
            "Craft-repair": "Blue Collar",
            "Adm-clerical": "White Collar",
            "Service": "Blue Collar",
            "Sales": "White Collar",
            "Prof-specialty": "White Collar",
            "Transport-moving": "Blue Collar",
            "Handlers-cleaners": "Blue Collar",
            "Farming-fishing": "Blue Collar",
            "Machine-op-inspct": "Blue Collar",
            "Armed-forces": "Blue Collar"
        }
        df_cleaned["occupation"] = df_cleaned["occupation"].map(occupation_mapping)
```

```
"Other-service": "Other",
"Sales": "Sales",
"Exec-managerial": "White Collar",
"Prof-specialty": "White Collar",
"Handlers-cleaners": "Blue Collar",
"Machine-op-inspct": "Blue Collar",
"Adm-clerical": "White Collar",
"Farming-fishing": "Agriculture",
"Transport-moving": "Blue Collar",
"Priv-house-serv": "Blue Collar",
"Protective-serv": "Protective Services",
"Armed-Forces": "Protective Services",
"Non renseigné": "Other"
})
df_cleaned["occupation"] = df_cleaned["occupation"].replace(occupation_mapping)

# 10) workclass regroupement
if "workclass" in df_cleaned.columns:
    df_cleaned["workclass"] = df_cleaned["workclass"].replace({
        "Local-gov": "Gov",
        "State-gov": "Gov",
        "Federal-gov": "Gov",
        "Self-emp-not-inc": "Self_emp",
        "Self-emp-inc": "Self_emp",
        "Without-pay": "Other",
        "Never-worked": "Other",
        "Non renseigné": "Non renseigné"
    })

# 11) education regroupement
if "education" in df_cleaned.columns:
    df_cleaned["education"] = df_cleaned["education"].replace({
        "Preschool": "Primary", "1st-4th": "Primary", "5th-6th": "Primary",
        "7th-8th": "Middle_Low", "9th": "Middle_Low", "10th": "Middle_Low",
        "11th": "Middle_Low", "12th": "Middle_Low",
        "HS-grad": "HighSchool_SomeCollege", "Some-college": "HighSchool_SomeCollege",
        "Assoc-voc": "HighSchool_SomeCollege", "Assoc-acdm": "HighSchool_SomeCollege",
        "Bachelors": "Higher", "Masters": "Higher", "Prof-school": "Higher", "Doctorat"
    })

# Regroupement de marital_status (modalités courtes et en anglais)
if "marital_status" in df_cleaned.columns:
    df_cleaned["marital_status"] = df_cleaned["marital_status"].replace({
        "Married-civ-spouse": "Married",
        "Married-AF-spouse": "Married",
        "Never-married": "Never_married",
        "Divorced": "Divorced",
        "Separated": "Separated",
        "Widowed": "Widowed",
        "Married-spouse-absent": "Separated"
    })

#variable gender (2 modalités unique), educational_num (pas d'infos sur les modalités)

return df_cleaned

# Application
df = clean_data(df)
```

Entrée [17]: `print(df)`

```
#df.head()
df.dtypes
df["income"].value_counts()
```

	age	workclass	education	\	
0	Entre 18 et 30 ans	Private	Middle_Low		
1	Entre 31 et 50 ans	Private	HighSchool_SomeCollege		
2	Entre 18 et 30 ans	Gov	HighSchool_SomeCollege		
3	Entre 31 et 50 ans	Private	HighSchool_SomeCollege		
4	Entre 18 et 30 ans	Non renseigné	HighSchool_SomeCollege		
...	
48837	Entre 18 et 30 ans	Private	HighSchool_SomeCollege		
48838	Entre 31 et 50 ans	Private	HighSchool_SomeCollege		
48839	Entre 51 et 65 ans	Private	HighSchool_SomeCollege		
48840	Entre 18 et 30 ans	Private	HighSchool_SomeCollege		
48841	Entre 51 et 65 ans	Self_emp	HighSchool_SomeCollege		
	educational_num	marital_status	occupation	relationship	\
0	7	Never_married	Blue Collar	Own-child	
1	9	Married	Agriculture	Married	
2	12	Married	Protective Services	Married	
3	10	Married	Blue Collar	Married	
4	10	Never_married	Other	Own-child	
...
48837	12	Married	White Collar	Married	
48838	9	Married	Blue Collar	Married	
48839	9	Widowed	White Collar	Unmarried	
48840	9	Never_married	White Collar	Own-child	
48841	9	Married	White Collar	Married	
	race	gender	capital_gain	capital_loss	\
0	Black	Male	Pas de gain de capital	Pas de perte de capital	
1	White	Male	Pas de gain de capital	Pas de perte de capital	
2	White	Male	Pas de gain de capital	Pas de perte de capital	
3	Black	Male	Gain de capital	Pas de perte de capital	
4	White	Female	Pas de gain de capital	Pas de perte de capital	
...
48837	White	Female	Pas de gain de capital	Pas de perte de capital	
48838	White	Male	Pas de gain de capital	Pas de perte de capital	
48839	White	Female	Pas de gain de capital	Pas de perte de capital	
48840	White	Male	Pas de gain de capital	Pas de perte de capital	
48841	White	Female	Gain de capital	Pas de perte de capital	
	hours_per_week	native_country	income		
0	normally_employed	USA	<=50K		
1	over_employed	USA	<=50K		
2	normally_employed	USA	>50K		
3	normally_employed	USA	>50K		
4	under_employed	USA	<=50K		
...
48837	under_employed	USA	<=50K		
48838	normally_employed	USA	>50K		
48839	normally_employed	USA	<=50K		
48840	under_employed	USA	<=50K		
48841	normally_employed	USA	>50K		

[48842 rows x 14 columns]

Out[17]: `income`

```
<=50K      37155
>50K      11687
Name: count, dtype: int64
```

Etude des liens (Matrice Vcramer)

```
Entrée [19]: # Sélection des variables catégorielles
vars_categorielles = [
    "workclass",
    "education",
    "marital_status",
    "occupation",
    "relationship",
    "race",
    "gender",
    "native_country",
    "income",
    "capital_gain",
    "capital_loss",
    #"educational_num",
    "age",
    "hours_per_week"
]

# Création des tables de contingence
contingency_tables = {}
for var1 in vars_categorielles:
    for var2 in vars_categorielles:
        contingency_table = pd.crosstab(df[var1], df[var2])
        contingency_tables[(var1, var2)] = contingency_table

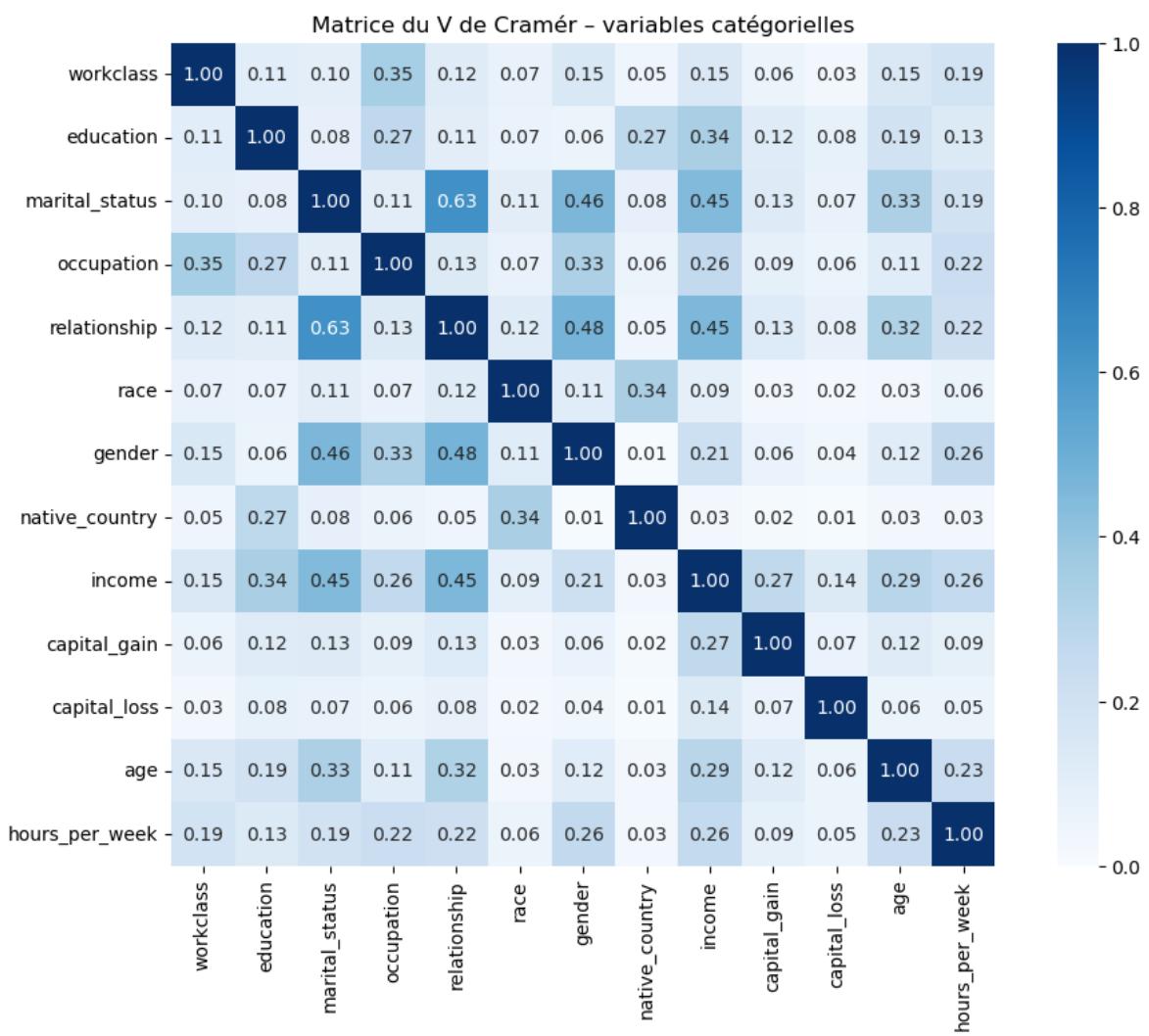
# Calcul du V de Cramer
cramer_v_values = {}
for (var1, var2), contingency_table in contingency_tables.items():
    chi2, _, _, _ = chi2_contingency(contingency_table)
    n = contingency_table.sum().sum()
    min_dim = min(contingency_table.shape) - 1
    cramers_v = np.sqrt(chi2 / (n * min_dim))
    cramer_v_values[(var1, var2)] = cramers_v

# Matrice du V de Cramer
cramer_df = pd.DataFrame(index=vars_categorielles, columns=vars_categorielles)
for var1 in vars_categorielles:
    for var2 in vars_categorielles:
        cramer_df.loc[var1, var2] = cramer_v_values.get(
            (var1, var2),
            cramer_v_values.get((var2, var1))
        )

cramer_df = cramer_df.astype(float)

# Heatmap BLEUE
plt.figure(figsize=(12, 8))
sns.heatmap(
    cramer_df,
    annot=True,
    fmt=".2f",
    cmap="Blues",
    square=True,
    vmin=0,
    vmax=1
)

plt.title("Matrice du V de Cramér - variables catégorielles")
plt.show()
```



Commentaire : L'analyse de la matrice du V de Cramér met en évidence plusieurs variables présentant une association notable avec la variable cible income, traduisant des liens structurels entre le niveau de revenu et certaines caractéristiques socio-démographiques et professionnelles.

- Fortement lié : Les variables marital_status et relationship apparaissent comme les plus fortement liées au revenu ($V \approx 0.45$).
- Modérément lié : La variable education présente également une association significative avec income ($V \approx 0.34$), traduisant le rôle central du capital humain dans la structuration des inégalités de revenus. L'âge ($V \approx 0.29$) suggère un effet du cycle de vie professionnel, où l'accumulation d'expérience et l'ancienneté peuvent influencer le niveau de rémunération. Les variables hours_per_week ($V \approx 0.26$) et occupation ($V \approx 0.26$) indiquent que l'intensité du travail ainsi que le type d'activité professionnelle constituent également des déterminants importants du revenu. Enfin, la variable capital_gain ($V \approx 0.27$) révèle l'impact des revenus du capital dans la distinction des niveaux de revenus, en particulier pour les individus appartenant aux catégories de revenus élevés.
- Faiblement lié : Les variables native_country (0.03), race (0.09), gender(0.21), workclass(0.15) et capital_loss (0.14) présentent des valeurs de V de Cramér faibles, traduisant une association limitée avec la variable income lorsqu'elles sont considérées isolément.

L'étude des dépendances entre variables explicatives met en évidence certaines redondances susceptibles d'influencer la construction du modèle.

- La relation la plus marquée concerne les variables marital_status et relationship ($V \approx 0.63$). Cette forte association indique que ces deux variables véhiculent une information très proche sur la situation familiale des individus.
- De fortes associations sont également observées entre relationship et gender ($V \approx 0.48$), ainsi qu'entre marital_status et gender ($V \approx 0.46$), traduisant des structures sociales genrées dans les rôles familiaux.
- Des liens modérés existent entre education et occupation (0.27), ainsi qu'entre occupation et workclass(0.35), ce qui est cohérent avec la structuration du marché du travail, sans pour autant

constituer des redondances strictes. Ces dépendances doivent être prises en compte lors de la sélection finale des variables afin de limiter les effets de colinéarité.

À l'issue de cette analyse, les variables *education*, *age*, *hours_per_week*, *occupation*, *capital_gain* et une seule variable décrivant la situation familiale : *marital_status* apparaissent comme les plus pertinentes pour la suite de l'analyse bivariée et la phase de modélisation. Les variables présentant à la fois une faible association avec la variable cible et une redondance limitée pourront être écartées ou intégrées de manière secondaire selon les performances observées lors de la modélisation.

Statistiques bivariées

```
Entrée [21]: def bivariate_analysis(df, var, target="income"):  
    # Tableau croisé en effectifs  
    ct_counts = pd.crosstab(df[var], df[target])  
  
    # Tableau croisé en pourcentage ligne  
    ct_percent = pd.crosstab(  
        df[var],  
        df[target],  
        normalize="index"  
    ) * 100  
  
    # Affichage  
    print("Tableau croisé - effectifs")  
    display(ct_counts)  
  
    print("Tableau croisé - pourcentages (%)")  
    display(ct_percent.round(2))  
  
    # Graphique en % (barres empilées)  
    ct_percent.plot(  
        kind="bar",  
        stacked=True,  
        figsize=(8, 5)  
    )  
  
    plt.title(f"{var} et Revenu (%)")  
    plt.ylabel("Pourcentage (%)")  
    plt.xlabel(var)  
    plt.legend(title=target)  
    plt.xticks(rotation=45, ha="right")  
    plt.tight_layout()  
    plt.show()
```

Education et Revenu

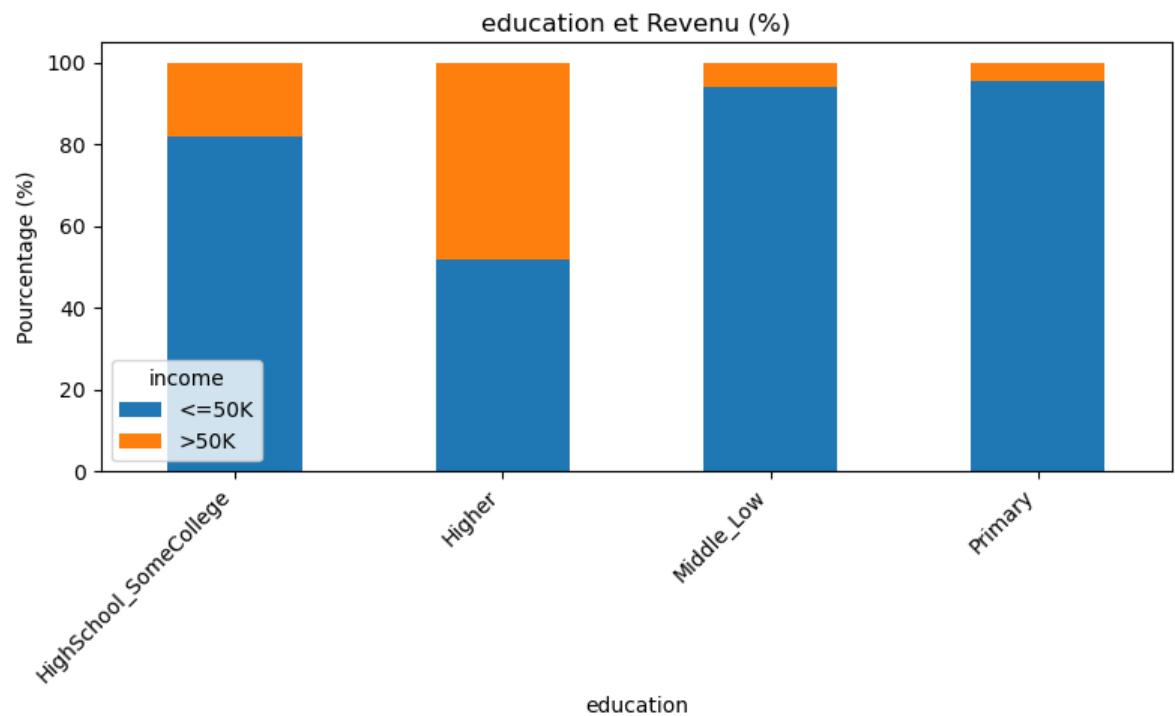
Entrée [22]: `bivariate_analysis(df, "education")`

Tableau croisé – effectifs

	income	<=50K	>50K
education			
HighSchool_SomeCollege	24823	5501	
Higher	6290	5820	
Middle_Low	5239	330	
Primary	803	36	

Tableau croisé – pourcentages (%)

	income	<=50K	>50K
education			
HighSchool_SomeCollege	81.86	18.14	
Higher	51.94	48.06	
Middle_Low	94.07	5.93	
Primary	95.71	4.29	



Age et Revenu

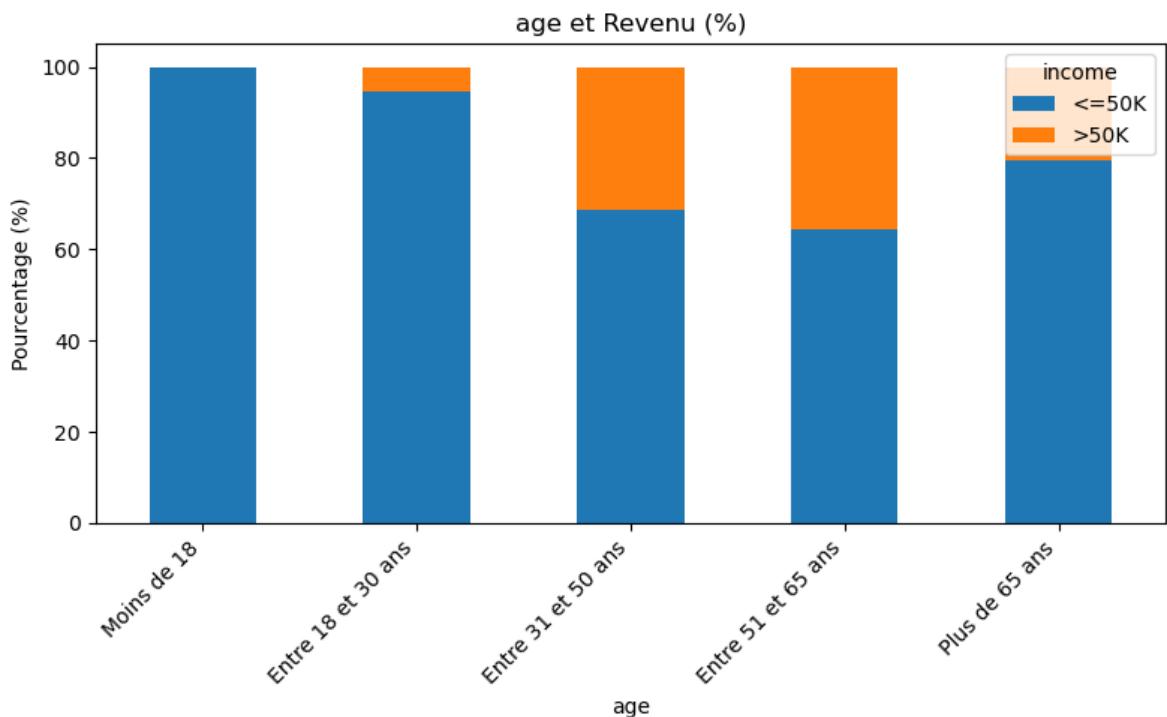
Entrée [24]: `bivariate_analysis(df, "age")`

Tableau croisé – effectifs

	income <=50K	>50K
age		
Moins de 18	595	0
Entre 18 et 30 ans	13174	746
Entre 31 et 50 ans	16206	7447
Entre 51 et 65 ans	5520	3067
Plus de 65 ans	1660	427

Tableau croisé – pourcentages (%)

	income <=50K	>50K
age		
Moins de 18	100.00	0.00
Entre 18 et 30 ans	94.64	5.36
Entre 31 et 50 ans	68.52	31.48
Entre 51 et 65 ans	64.28	35.72
Plus de 65 ans	79.54	20.46



Hours_peer-week et Revenu

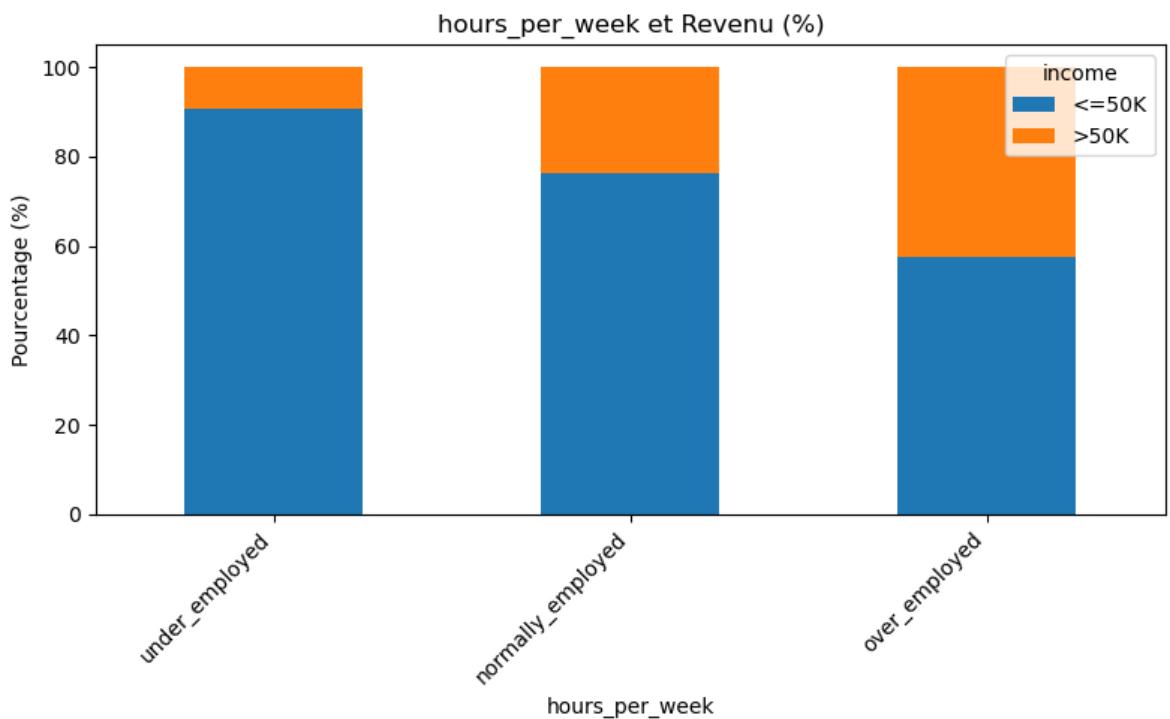
Entrée [25]: `bivariate_analysis(df, "hours_per_week")`

Tableau croisé - effectifs

	income <=50K	>50K
hours_per_week		
under_employed	10592	1095
normally_employed	21006	6468
over_employed	5557	4124

Tableau croisé - pourcentages (%)

	income <=50K	>50K
hours_per_week		
under_employed	90.63	9.37
normally_employed	76.46	23.54
over_employed	57.40	42.60



Occupation et Revenu

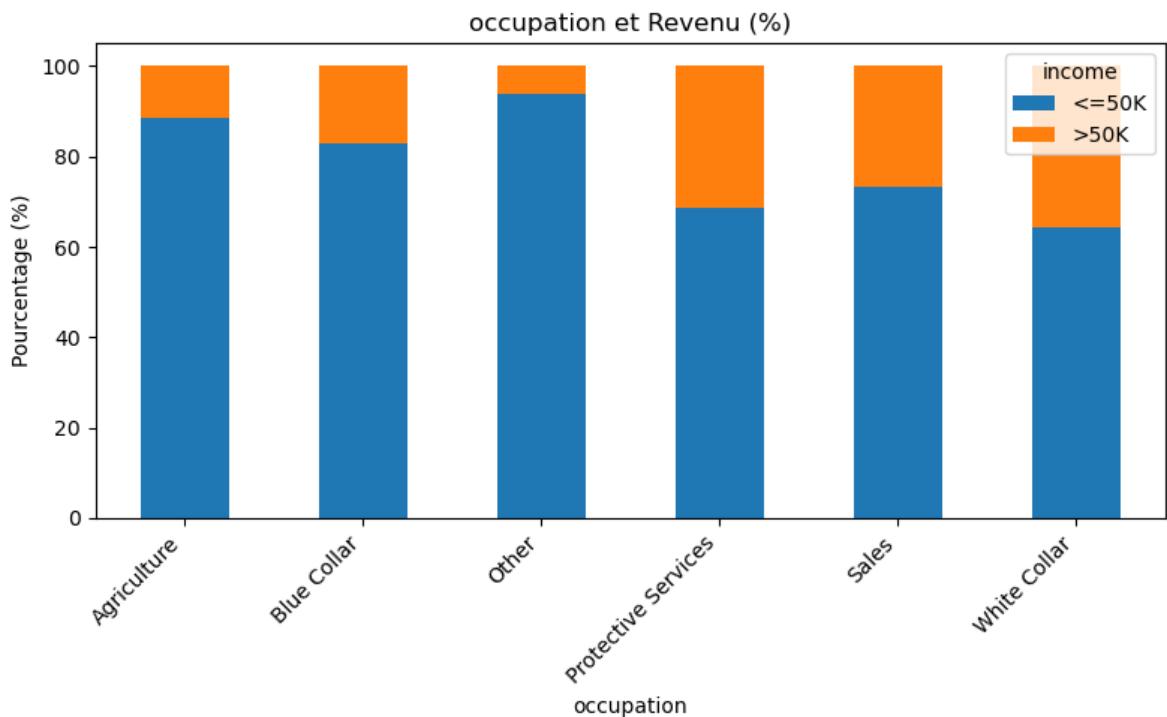
Entrée [26]: `bivariate_analysis(df, "occupation")`

Tableau croisé – effectifs

	income <=50K	>50K
occupation		
Agriculture	1317	173
Blue Collar	11426	2377
Other	7263	469
Protective Services	685	313
Sales	4029	1475
White Collar	12435	6880

Tableau croisé – pourcentages (%)

	income <=50K	>50K
occupation		
Agriculture	88.39	11.61
Blue Collar	82.78	17.22
Other	93.93	6.07
Protective Services	68.64	31.36
Sales	73.20	26.80
White Collar	64.38	35.62



Capital_gain et Revenu

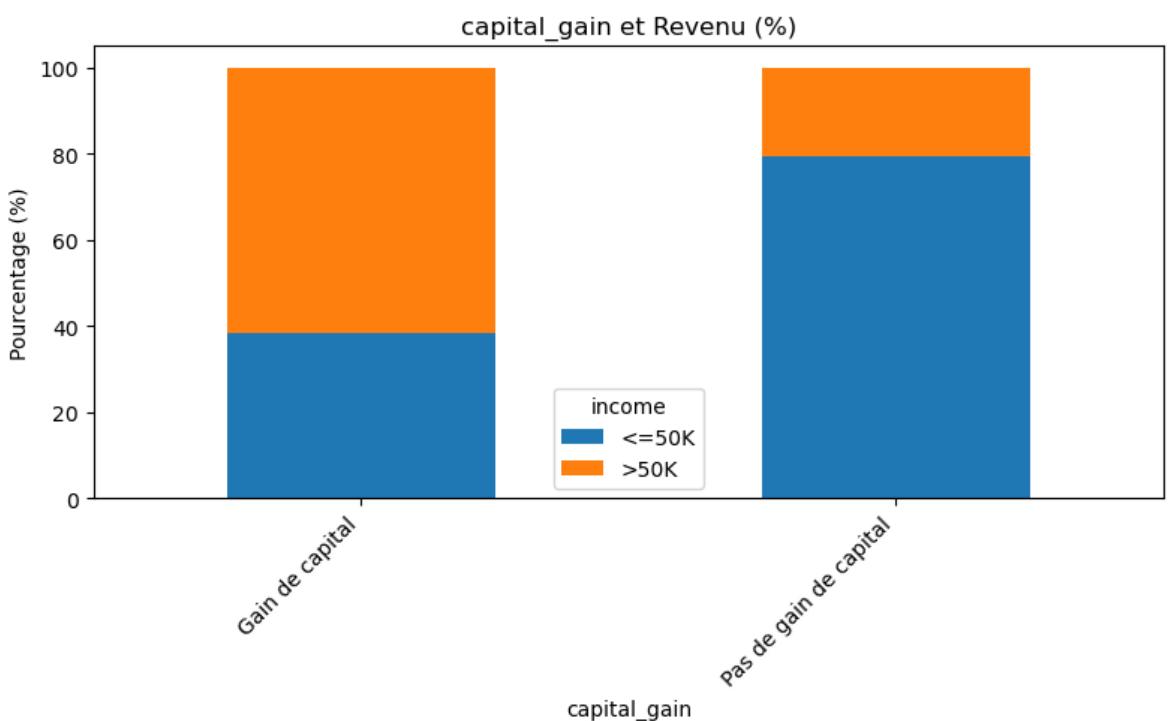
Entrée [27]: `bivariate_analysis(df, "capital_gain")`

Tableau croisé – effectifs

		income <=50K	>50K
		capital_gain	
		Gain de capital	1544 2491
Pas de gain de capital		Pas de gain de capital	35611 9196

Tableau croisé – pourcentages (%)

		income <=50K	>50K
		capital_gain	
		Gain de capital	38.27 61.73
Pas de gain de capital		Pas de gain de capital	79.48 20.52



Marital_status et Revenu

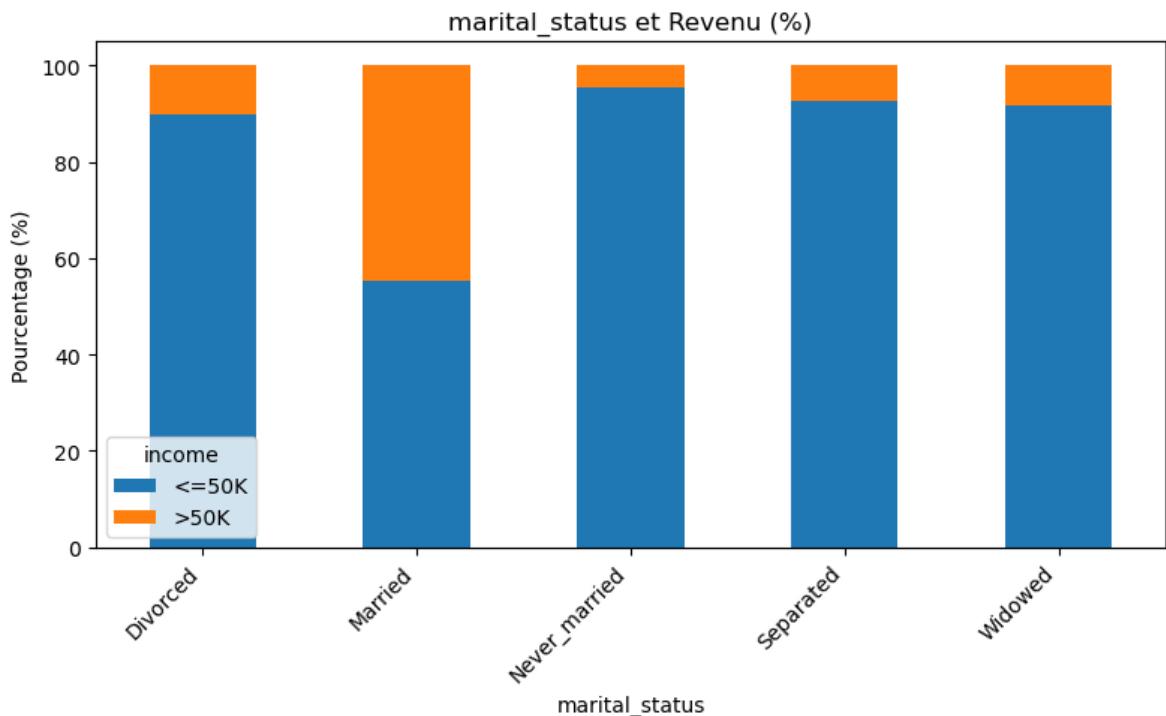
Entrée [28]: `bivariate_analysis(df, "marital_status")`

Tableau croisé – effectifs

	income <=50K	>50K
marital_status		
Divorced	5962	671
Married	12418	9998
Never_married	15384	733
Separated	2001	157
Widowed	1390	128

Tableau croisé – pourcentages (%)

	income <=50K	>50K
marital_status		
Divorced	89.88	10.12
Married	55.40	44.60
Never_married	95.45	4.55
Separated	92.72	7.28
Widowed	91.57	8.43



Commentaire : Ces analyses bivariées confirment les résultats observés lors de l'étude de la matrice de dépendance. Les variables présentant des contrastes marqués dans la répartition du revenu seront retenues pour la phase de modélisation.

Exportation

Données pré-traiter

Entrée [30]: `# Export du dataset prétraité complet
df.to_csv("../data/processed/data_cleaned.csv", index=False)`

Données modélisation

Entrée [31]: `features = [
 "education",
 "age",
 "hours_per_week",
 "occupation",
 "capital_gain",
 "marital_status"
]

target = "income"`

Entrée [32]: `df_model = df[features + [target]].copy()`

Entrée [33]: `df_model.to_csv("../data/modelisation/data_modeling.csv", index=False)`

Entrée []: