

Puissance Éolienne et Photovoltaïque : Un Regard Approfondi sur la Contribution à la Réduction des Émissions de Gaz à Effet de Serre

Introduction :

Le présent rapport, résultat de la collaboration entre HAFSI Hamza et JEBALI Anas, explore l'évolution de la puissance éolienne et photovoltaïque en France métropolitaine, mettant particulièrement en lumière leur contribution cruciale à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Dans une ère marquée par le dérèglement climatique, les données analysées révèlent des tendances significatives au cours de la période étudiée. Cette étude approfondie s'attache à souligner le rôle essentiel de ces sources d'énergie renouvelable dans l'atténuation des impacts environnementaux, contribuant ainsi de manière tangible à la lutte contre le changement climatique.

problématique:

Comment la transition énergétique en France, illustrée par l'évolution des énergies renouvelables et la géolocalisation de la production, contribue-t-elle à atténuer les émissions de gaz à effet de serre, et comment se situe le pays par rapport aux standards mondiaux ?

Afin de visualiser la répartition géographique de la production d'électricité en France, il était crucial d'opter pour cette base de données. Elle regroupe une variété de sources vectorielles offrant une distinction claire entre la production d'énergie renouvelable et celle provenant de sources conventionnelles.

```
[2]: import numpy as np
import pandas as pd
import os
import geopandas as gpd
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.colors as cl
import geoplot as gplt
from shapely.geometry import Point
import folium
from folium import Marker, GeoJson
from folium.plugins import HeatMap, MarkerCluster
```

```

from geopy.geocoders import Nominatim
from geopandas.tools import sjoin
from shapely.geometry import MultiPolygon

```

```

[3]: power = pd.read_csv("/kaggle/input/
↳geospatial-environmental-and-socioeconomic-data/
↳4_globalpowerplantdatabasev120/globalpowerplantdatabasev120/
↳global_power_plant_database.csv")

```

```

[6]: filtered_data = power.loc[power['country_long'] == 'France', ['country_long', 'name', 'primary_fuel', 'capacity_mw', 'latitude', 'longitude']]
filtered_data.head(10)

```

```

[6]:
country_long      name primary_fuel capacity_mw latitude \
8822      France  ARRIGHI         Oil    254.00000    48.7872
8823      France   ASTON         Hydro   104.00000    42.7770
8824      France  AVIGNON         Hydro   126.00000    43.9760
8825      France Ablaincourt-Presseoir      Wind    14.35000    49.8414
8826      France  Ablainzevelle      Wind    10.00000    50.1529
8827      France  Achiet-le-Grand      Wind    18.00000    50.1327
8828      France   Adriers      Wind    10.00000    46.2644
8829      France    Agde      Solar     1.15956    43.3094
8830      France  Agenville      Wind     6.00000    50.1715
8831      France  Aghione      Solar     8.53314    42.0986

longitude
8822     2.4033
8823     1.6770
8824     4.8170
8825     2.8247
8826     2.7410
8827     2.7791
8828     0.7899
8829     3.4846
8830     2.1079
8831     9.4119

```

```

[42]: #type d'energie disponible
print (filtered_data['primary_fuel'].unique())

```

```

['Oil' 'Hydro' 'Wind' 'Solar' 'Biomass' 'Nuclear' 'Gas' 'Geothermal'
 'Coal' 'Wave and Tidal']

```

```

[43]: #filtrage donnée
powgp_data = gpd.GeoDataFrame(
    filtered_data,

```

```

        geometry=gpd.points_from_xy(filtered_data.longitude, filtered_data.
↳latitude),
    ).set_crs('EPSG:4326')
powgp_data[filtered_data['primary_fuel'].isin(['Solar',
↳'Nuclear'])][['country_long', 'name', 'primary_fuel', 'capacity_mw',
↳'geometry']]

powgp_data = gpd.GeoDataFrame(
    filtered_data,
    geometry=gpd.points_from_xy(filtered_data.longitude, filtered_data.
↳latitude),
    ).set_crs('EPSG:4326')

partie1 = ['Nuclear', 'Gas', 'Oil', 'Coal']
partie2 = ['Solar', 'Hydro', 'Wind', 'Biomass']

filtered_partie1 = powgp_data[powgp_data['primary_fuel'].isin(partie1)].loc[0:,
↳['country_long', 'name', 'primary_fuel', 'capacity_mw', 'geometry']]
filtered_partie2 = powgp_data[powgp_data['primary_fuel'].isin(partie2)].loc[0:,
↳['country_long', 'name', 'primary_fuel', 'capacity_mw', 'geometry']]

```

```

[44]: a = filtered_partie1['capacity_mw'].sum()
      b = filtered_partie2['capacity_mw'].sum()
      t = a+b
      print("Partie 1 - Nuclear, Gas, Oil, Coal:")
      print("Somme de la capacité pour Partie 1:",a)
      print("pourcentage sur la production total",a/t*100,"%")

      print("\n")

      print("Partie 2 - Solar, Hydro, Wind, Biomass:")
      print("Somme de la capacité pour Partie 2:",b)
      print("pourcentage sur la production total",b/t*100,"%")

```

Partie 1 - Nuclear, Gas, Oil, Coal:
 Somme de la capacité pour Partie 1: 76100.0
 pourcentage sur la production total 69.79037188885493 %

Partie 2 - Solar, Hydro, Wind, Biomass:
 Somme de la capacité pour Partie 2: 32940.828899999999
 pourcentage sur la production total 30.209628111145072 %

```

[45]: file_src = gpd.datasets.get_path('naturalearth_lowres')

      world_data = gpd.read_file(file_src)

```

```
world_data.loc[0:5, ['name', 'geometry']]
#data France
fr_data = world_data[world_data['name'] == 'France']
```

/tmp/ipykernel_46/2758360674.py:1: FutureWarning:

The geopandas.dataset module is deprecated and will be removed in GeoPandas 1.0. You can get the original 'naturalearth_lowres' data from <https://www.naturalearthdata.com/downloads/110m-cultural-vectors/>.

Le graphique illustre de manière géographique la production d'électricité en France, en se basant sur une base de données qui compile diverses sources vectorielles. Les nuances dans la carte permettent de distinguer clairement la répartition des sources d'énergie renouvelable de celles issues de sources traditionnelles

```
[46]: m = folium.Map(location=[44.6953709,-0.4307822 ], zoom_start=7,
    ↪tiles='OpenStreetMap')

# Marker Clusters
marker_cluster_partie1 = MarkerCluster(name='Partie 1')
marker_cluster_partie2 = MarkerCluster(name='Partie 2')

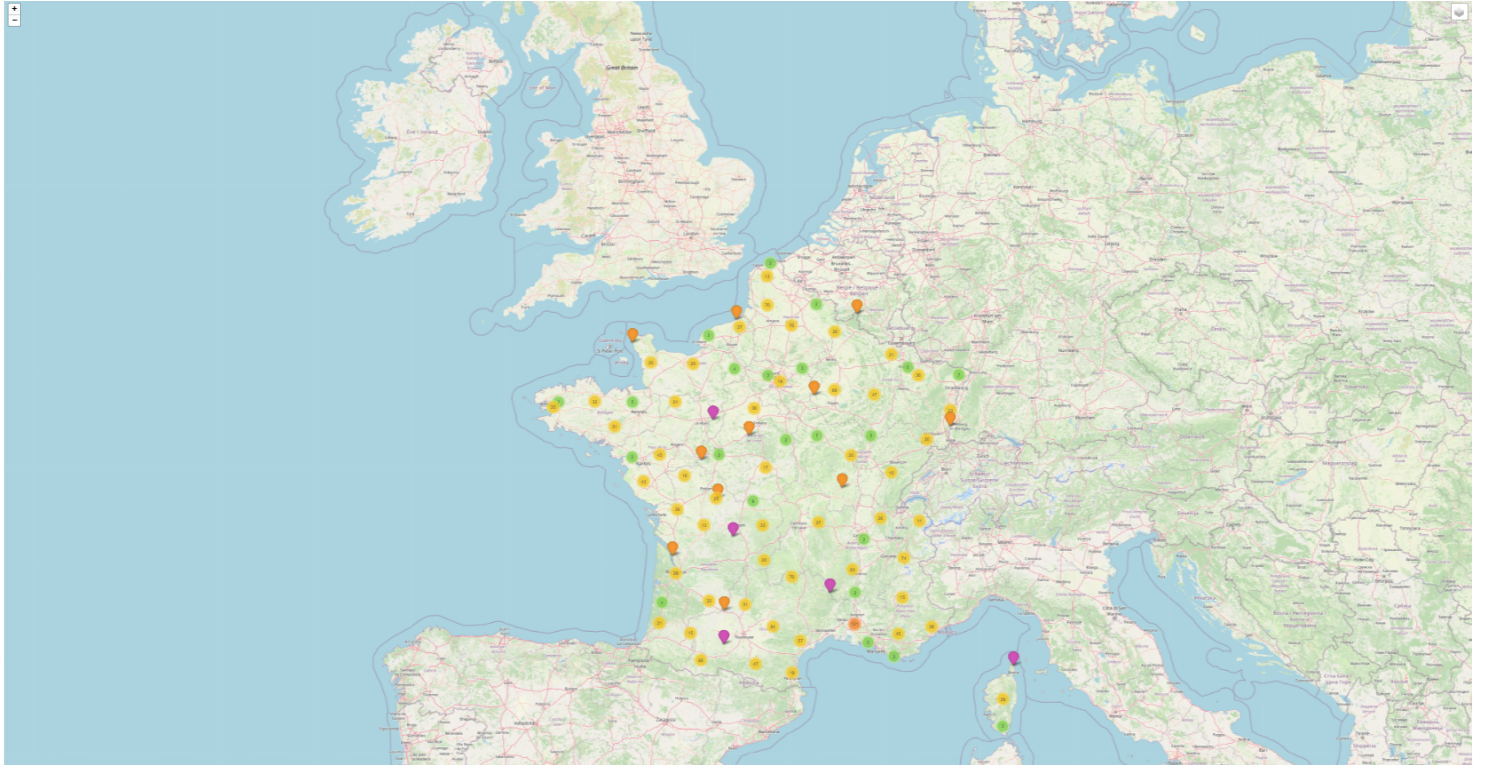
# Ajouter les centrales de la partie 1 avec un marqueur différent
for idx, row in filtered_partie1.iterrows():
    folium.Marker(
        location=[row['geometry'].y, row['geometry'].x],
        popup=f"Name: {row['name']}\nCapacity: {row['capacity_mw']} MW",
        icon=folium.Icon(color='orange', icon='circle')
    ).add_to(marker_cluster_partie1)

# Ajouter les centrales de la partie 2 avec un marqueur différent
for idx, row in filtered_partie2.iterrows():
    folium.Marker(
        location=[row['geometry'].y, row['geometry'].x],
        popup=f"Name: {row['name']}\nCapacity: {row['capacity_mw']} MW",
        icon=folium.Icon(color='purple', icon='triangle-up')
    ).add_to(marker_cluster_partie2)

# Ajouter les clusters à la carte
marker_cluster_partie1.add_to(m)
marker_cluster_partie2.add_to(m)

m.save('interactive_map.html')

# Afficher la carte interactive
folium.LayerControl().add_to(m)
m
```



La conclusion tirée du graphique indique une prédominance de points de production d'électricité associés à des énergies traditionnelles par rapport aux énergies renouvelables en France. Cette observation suggère une répartition inégale dans le paysage énergétique, mettant en évidence la nécessité de renforcer les efforts de transition vers des sources plus durables

```
[21]: import pandas as pd

chemin_du_fichier = '/kaggle/input/data23/energie.xlsx'
chemin_du_fichier1 = '/kaggle/input/data23/deve-envir-conso-energie (1).xlsx'
dataframe = pd.read_excel(chemin_du_fichier1)
dataframe1 = pd.read_excel(chemin_du_fichier)

print(dataframe)
print(dataframe1)
```

	pourcentage_energie_renewable	2007	2008	2009	2010 \
0	Hydraulique (normalisé)	3.493646	3.448703	3.504743	3.382965
1	Éolien (normalisé)	0.208563	0.310284	0.446603	0.556020
2	Autres filières électriques ¹	0.252305	0.261550	0.285297	0.320536
3	Biomasse solide	5.005886	5.205162	5.681353	6.089220
4	Pompes à chaleur	0.348322	0.485284	0.637528	0.721940
5	Autres filières chaleur ²	0.140129	0.147976	0.160942	0.170822
6	Biocarburants	0.890709	1.418476	1.563402	1.486853

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017 \
0	3.485730	3.334440	3.302697	3.505397	3.385568	3.285871	3.266531
1	0.694426	0.771899	0.835817	0.987308	1.119211	1.228890	1.393153
2	0.462882	0.550751	0.600948	0.733111	0.824389	0.917237	0.990455
3	5.365929	5.807489	6.291208	5.771793	6.021272	6.384344	6.246562
4	0.868905	0.893503	0.968897	1.142584	1.228510	1.326335	1.459893
5	0.201027	0.206350	0.230575	0.274918	0.292522	0.331703	0.393453
6	1.576878	1.674861	1.650208	1.946915	1.932999	1.978876	2.101102

	2018	2019	2020	2021
0	3.321101	3.339297	3.767914	3.415201
1	1.591041	1.815388	2.231423	2.184592
2	1.104804	1.205239	1.427143	1.435724
3	6.235880	6.349038	6.680072	7.053242
4	1.627658	1.860214	2.311051	2.398646
5	0.432910	0.482786	0.618244	0.678480
6	2.078043	2.132586	2.098760	2.053758

	Production des energies propres				2010	2011	2012	2013 \
0	puissance éolienne raccordée (Mw) en Auvergne-R...				299	334	358	358
1	puissance éolienne raccordée (Mw) en France Mé...				5978	6811	7625	8206
2	puissance installée en photovoltaïque (Mw) en ...				132	296	402	480
3	puissance installée en photovoltaïque (Mw) en ...				1019	2665	3739	4389

	2014	2015
0	376	402
1	9376	10308
2	593	646
3	5325	6186

Description : Nous avons initialement exploré plusieurs jeux de données bruts provenant de sources variées, couvrant des paramètres liés à la consommation d'énergie et aux sources renouvelables sur plusieurs années.

Justification : Ces jeux de données ont été sélectionnés pour leur exhaustivité et leur pertinence. Parmi eux, des sources réputées telles que **l'Insee** a fourni des données démographiques et économiques, tandis que **data.gouv.fr** a été une source fiable pour les statistiques énergétiques nationales.

Traitement : Certains jeux de données ont été soumis à un processus de nettoyage pour traiter les valeurs manquantes, éliminer les incohérences et normaliser les unités de mesure. Cela a été fait pour améliorer la qualité des données et faciliter l'analyse.

```
[24]: import pandas as pd
import plotly.graph_objects as go
from plotly.subplots import make_subplots

def afficher_stackplot_interactif(dataframe, titre, xlabel, ylabel):
    """
    Affiche un stackplot interactif à partir d'un DataFrame.
```

```

Parameters:
- dataframe (pd.DataFrame): DataFrame contenant les données.
- titre (str): Titre du graphique.
- xlabel (str): Libellé de l'axe des abscisses.
- ylabel (str): Libellé de l'axe des ordonnées.
"""

# Transposé le DataFrame pour inverser les axes
dataframe_transpose = dataframe.transpose()

# Renommé la colonne "autres filières électriques" en "solaire_
↳ photovoltaïque"
dataframe_transpose = dataframe_transpose.rename(columns={"Autres filières_
↳ électriques": "solaire photovoltaïque"})
dataframe_transpose = dataframe_transpose.rename(columns={"Autres filières_
↳ chaleur": "géothermie et biogaz"})

# Vérification que les colonnes nécessaires sont présentes
colonnes_necessaires = dataframe_transpose.columns

# Créer le stackplot avec Plotly
fig = make_subplots(rows=1, cols=1)

for energie in colonnes_necessaires:
    fig.add_trace(go.Scatter(x=dataframe_transpose.index,
↳ y=dataframe_transpose[energie], mode='lines', name=energie))

# titres et des libellés
fig.update_layout(title=titre, xaxis_title=xlabel, yaxis_title=ylabel)

# graphique interactif
fig.show()

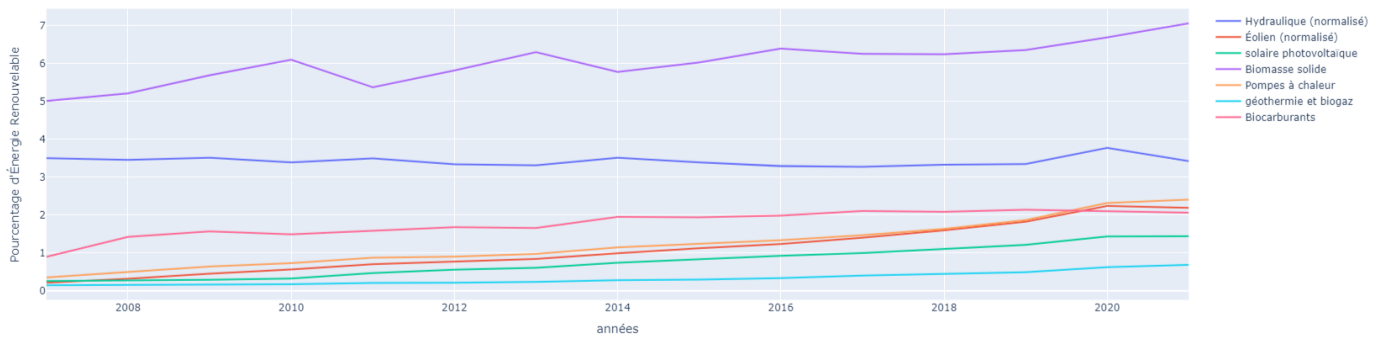
# utilisation DataFrame
titre_graphique = 'Pourcentage d\'Énergie Renouvelable par Type de Source'
xlabel_graphique = 'années'
ylabel_graphique = 'Pourcentage d\'Énergie Renouvelable'

# Chargement DataFrame
dataframe = pd.read_excel('/kaggle/input/data23/deve-envir-conso-energie (1).
↳ xlsx', index_col=0)

# stackplot interactif
afficher_stackplot_interactif(dataframe, titre_graphique, xlabel_graphique,
↳ ylabel_graphique)

```


Pourcentage d'Énergie Renouvelable par Type de Source



Au cours de la période de 2007 à 2020, l'analyse de la part des énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie en France met en évidence des dynamiques variées. Notamment, l'énergie hydraulique se distingue par sa stabilité, indiquant une utilisation constante et une maturité technologique. En revanche, l'énergie éolienne et photovoltaïque, bien que connaissant une certaine évolution, ne manifestent pas une croissance aussi marquée que d'autres filières.

En parallèle, la biomasse solide témoigne d'une augmentation significative, démontrant une reconnaissance accrue de son potentiel énergétique. De plus, les filières émergentes telles que les pompes à chaleur, le solaire thermique, etc.... affichent une croissance notable. En somme, cette analyse détaillée met en lumière la diversité du paysage énergétique renouvelable en France au cours de cette période, où des filières établies coexistent avec des sources en plein essor, tout en soulignant le besoin d'une attention particulière pour stimuler la croissance de l'énergie éolienne et photovoltaïque.

```
[27]: import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

#DataFrame
dataframe1 = pd.read_excel('/kaggle/input/data23/energie.xlsx', index_col=0)

# Extraction données
eolienne_france = dataframe1.loc["puissance éolienne raccordée (Mw) en France,
↳Métropolitaine"]
photovoltaïque_france = dataframe1.loc["puissance installée en photovoltaïque,
↳(Mw) en France Métropolitaine"]

# Plot
plt.figure(figsize=(12, 8))

# Tracer lignes
line_eolienne_france, = plt.plot(dataframe1.columns, eolienne_france,
↳label='Éolienne France Métropolitaine', marker='o')
line_photovoltaïque_france, = plt.plot(dataframe1.columns,
↳photovoltaïque_france, label='Photovoltaïque France Métropolitaine',
↳marker='o')
```



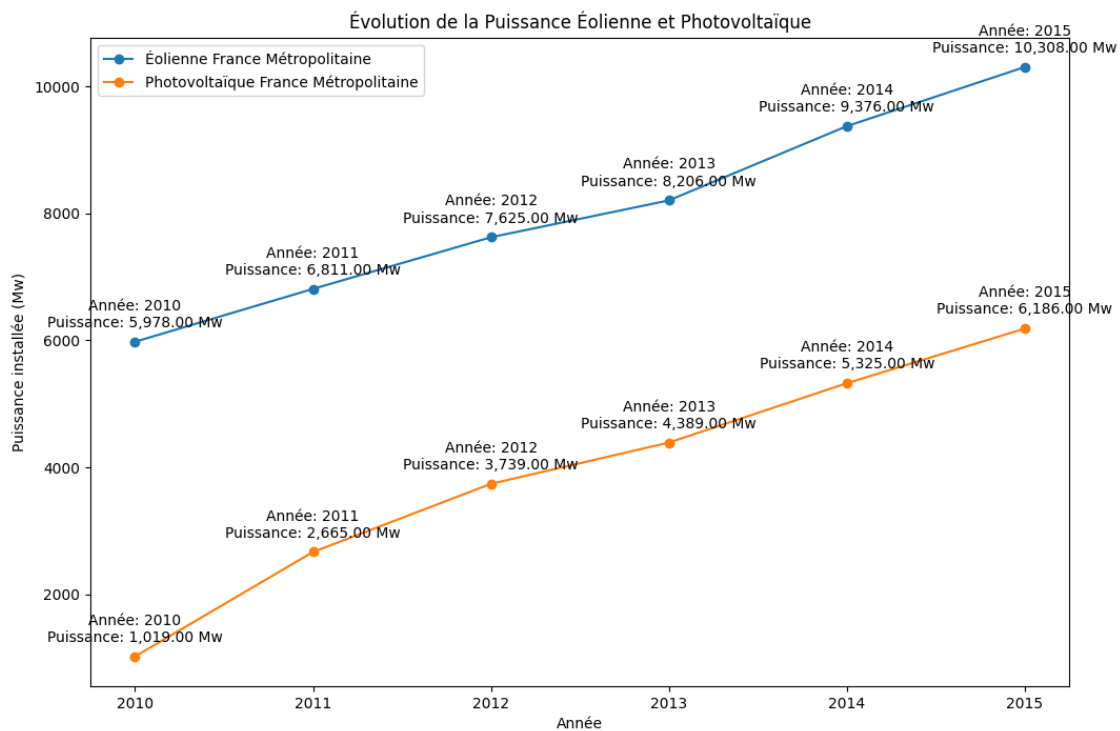
```

# titres/légendes
plt.title('Évolution de la Puissance Éolienne et Photovoltaïque')
plt.xlabel('Année')
plt.ylabel('Puissance installée (Mw)')
plt.legend()

# Ajouter des annotations interactives
for line in [line_eolienne_france, line_photovoltaïque_france]:
    for i, txt in enumerate(dataframe1.columns):
        plt.annotate(f'Année: {txt}\nPuissance: {line.get_ydata()[i]:.2f} Mw',
                    (line.get_xdata()[i], line.get_ydata()[i]),
                    textcoords="offset points",
                    xytext=(0, 10),
                    ha='center')

# graph
plt.show()

```



L'analyse de l'évolution de la puissance éolienne et photovoltaïque en France métropolitaine sur la période 2010-2015 révèle des tendances significatives dans le paysage énergétique. Durant cette période, la puissance éolienne a connu une augmentation remarquable, passant de 5978 MW en 2010 à 10308 MW en 2015, marquant ainsi une croissance substantielle de près de 73%. Cette expansion pourrait résulter de l'accent accru mis sur le développement des parcs éoliens et de l'optimisation des technologies éoliennes au cours de ces années.

Parallèlement, la puissance photovoltaïque a connu une expansion encore plus impressionnante, passant de 1019 MW en 2010 à 6186 MW en 2015, soit une croissance exceptionnelle de près de 507%. Ce phénomène s'explique probablement par les avancées technologiques, les incitations gouvernementales et la prise de conscience croissante de l'importance des énergies renouvelables dans le contexte de la transition énergétique.

```
[31]: import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
```

Description:

on a opté pour cette base de données car elle recense les émissions de CO2 par kilowatt-heure sur plusieurs années et pays. Cette approche tabulaire offre une vision complète pour comparer et comprendre les variations dans le temps et à l'échelle mondiale.

```
[32]: data = pd.read_csv('/kaggle/input/datacarbon-intensity/
↳carbon-intensity-electricity.csv')
print(data.head())
```

	Entity	Code	Year	Carbon intensity of electricity (gCO2/kWh)
0	ASEAN (Ember)	NaN	2000	500.23060
1	ASEAN (Ember)	NaN	2001	499.35797
2	ASEAN (Ember)	NaN	2002	505.65250
3	ASEAN (Ember)	NaN	2003	513.69790
4	ASEAN (Ember)	NaN	2004	520.90980

```
[33]: data['Entity'].unique()
```

```
[33]: array(['ASEAN (Ember)', 'Afghanistan', 'Africa', 'Africa (Ember)',
'Albania', 'Algeria', 'American Samoa', 'Angola',
'Antigua and Barbuda', 'Argentina', 'Armenia', 'Aruba', 'Asia',
'Asia (Ember)', 'Australia', 'Austria', 'Azerbaijan', 'Bahamas',
'Bahrain', 'Bangladesh', 'Barbados', 'Belarus', 'Belgium',
'Belize', 'Benin', 'Bhutan', 'Bolivia', 'Bosnia and Herzegovina',
'Botswana', 'Brazil', 'British Virgin Islands', 'Brunei',
'Bulgaria', 'Burkina Faso', 'Burundi', 'Cambodia', 'Cameroon',
'Canada', 'Cape Verde', 'Cayman Islands',
'Central African Republic', 'Chad', 'Chile', 'China', 'Colombia',
'Comoros', 'Congo', 'Cook Islands', 'Costa Rica', 'Cote d'Ivoire',
'Croatia', 'Cuba', 'Cyprus', 'Czechia',
'Democratic Republic of Congo', 'Denmark', 'Djibouti', 'Dominica',
'Dominican Republic', 'East Timor', 'Ecuador', 'Egypt',
'El Salvador', 'Equatorial Guinea', 'Eritrea', 'Estonia',
'Eswatini', 'Ethiopia', 'Europe', 'Europe (Ember)',
'European Union (27)', 'Falkland Islands', 'Faroe Islands', 'Fiji',
'Finland', 'France', 'French Guiana', 'French Polynesia',
'G20 (Ember)', 'G7 (Ember)', 'Gabon', 'Gambia', 'Georgia',
```

```

'Germany', 'Ghana', 'Greece', 'Greenland', 'Grenada', 'Guadeloupe',
'Guam', 'Guatemala', 'Guinea', 'Guinea-Bissau', 'Guyana', 'Haiti',
'High-income countries', 'Honduras', 'Hong Kong', 'Hungary',
'Iceland', 'India', 'Indonesia', 'Iran', 'Iraq', 'Ireland',
'Israel', 'Italy', 'Jamaica', 'Japan', 'Jordan', 'Kazakhstan',
'Kenya', 'Kiribati', 'Kosovo', 'Kuwait', 'Kyrgyzstan', 'Laos',
'Latin America and Caribbean (Ember)', 'Latvia', 'Lebanon',
'Lesotho', 'Liberia', 'Libya', 'Lithuania', 'Low-income countries',
'Lower-middle-income countries', 'Luxembourg', 'Macao',
'Madagascar', 'Malawi', 'Malaysia', 'Maldives', 'Mali', 'Malta',
'Martinique', 'Mauritania', 'Mauritius', 'Mexico',
'Middle East (Ember)', 'Moldova', 'Mongolia', 'Montenegro',
'Montserrat', 'Morocco', 'Mozambique', 'Myanmar', 'Namibia',
'Nauru', 'Nepal', 'Netherlands', 'New Caledonia', 'New Zealand',
'Nicaragua', 'Niger', 'Nigeria', 'North America',
'North America (Ember)', 'North Korea', 'North Macedonia',
'Norway', 'OECD (Ember)', 'Oceania', 'Oceania (Ember)', 'Oman',
'Pakistan', 'Palestine', 'Panama', 'Papua New Guinea', 'Paraguay',
'Peru', 'Philippines', 'Poland', 'Portugal', 'Puerto Rico',
'Qatar', 'Reunion', 'Romania', 'Russia', 'Rwanda',
'Saint Kitts and Nevis', 'Saint Lucia',
'Saint Pierre and Miquelon', 'Saint Vincent and the Grenadines',
'Samoa', 'Sao Tome and Principe', 'Saudi Arabia', 'Senegal',
'Serbia', 'Seychelles', 'Sierra Leone', 'Singapore', 'Slovakia',
'Slovenia', 'Solomon Islands', 'Somalia', 'South Africa',
'South America', 'South Korea', 'South Sudan', 'Spain',
'Sri Lanka', 'Sudan', 'Suriname', 'Sweden', 'Switzerland', 'Syria',
'Taiwan', 'Tajikistan', 'Tanzania', 'Thailand', 'Togo', 'Tonga',
'Trinidad and Tobago', 'Tunisia', 'Turkey', 'Turkmenistan',
'Turks and Caicos Islands', 'Uganda', 'Ukraine',
'United Arab Emirates', 'United Kingdom', 'United States',
'United States Virgin Islands', 'Upper-middle-income countries',
'Uruguay', 'Uzbekistan', 'Vanuatu', 'Venezuela', 'Vietnam',
'Western Sahara', 'World', 'Yemen', 'Zambia', 'Zimbabwe'],
dtype=object)

```

```

[ ]: print ("nombre de pays dans la base:",
          len(data['Entity'].unique()))

```

```

[34]: #filtrage des donnée pour une comparaison avec la france
pays_comparaison = ['France', 'Germany', 'Italy', 'Sweden', 'India', 'China']

data_selectionne = data[data['Entity'].isin(pays_comparaison)][['Entity',
↪ 'Year', 'Carbon intensity of electricity (gCO2/kWh)']]

print(data_selectionne.head())

```

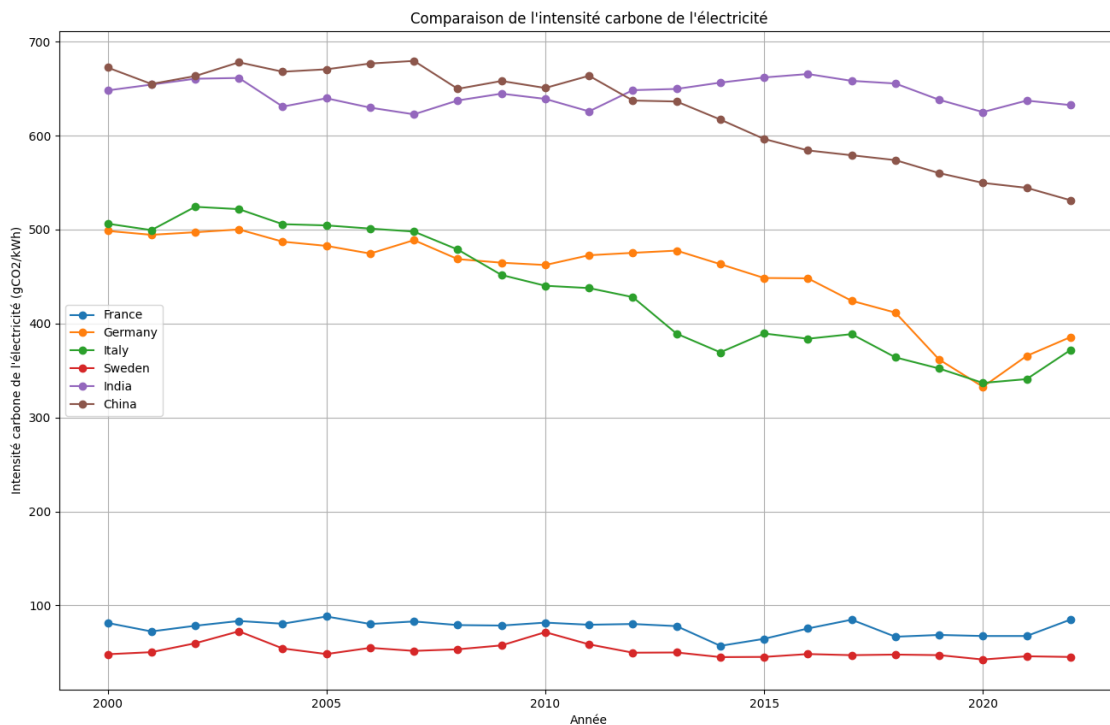
	Entity	Year	Carbon intensity of electricity (gCO2/kWh)
961	China	2000	672.36650
962	China	2001	654.88020
963	China	2002	663.27690
964	China	2003	677.91455
965	China	2004	667.89966

Ce graphique analyse les tendances des émissions de CO2 par kilowatt-heure au fil du temps et à travers différents pays, offrant une perspective claire sur l'impact environnemental de la production d'électricité. Son approche méthodique facilite la comparaison et la compréhension des variations dans ces données.

```
[37]: plt.figure(figsize=(16, 10))

for pays in pays_comparaison:
    data_pays = data_selectionne[data_selectionne['Entity'] == pays]
    plt.plot(data_pays['Year'], data_pays['Carbon intensity of electricity_
↵(gCO2/kWh)'],
            label=pays, marker='o')

plt.title('Comparaison de l\'intensité carbone de l\'électricité')
plt.xlabel('Année')
plt.ylabel('Intensité carbone de l\'électricité (gCO2/kWh)')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()
```



L'analyse du graphique suggère que la France, située à proximité de la Suède, un exemple notoire de transition énergétique en Europe. Cette proximité avec un leader européen indique que le ratio grammes de carbone par kilowatt-heure de la production d'énergie en France est bien positionné par rapport à d'autres pays.

4 conclusion

En synthèse, le projet met en lumière le rôle essentiel des énergies renouvelables dans la transition énergétique en France. Grâce à une analyse approfondie de la production d'électricité, l'étude souligne une répartition inégale entre énergies traditionnelles et renouvelables, mettant en évidence l'urgence d'intensifier les efforts en faveur de sources plus durables. Les progrès notables dans la puissance éolienne et photovoltaïque, ainsi que la comparaison internationale favorable en termes d'émissions de CO₂ par kilowatt-heure, renforcent l'importance cruciale des énergies renouvelables pour une transition énergétique équilibrée et durable en France. Ces constatations appellent à une intensification des actions afin de contribuer de manière significative à la réduction mondiale des émissions de gaz à effet de serre.