**TP « scénarios, résultats »**

Master EEET, parcours modélisation

17 octobre 2023 – Florian Leblanc

Vous allez analyser des résultats de scénarios issus du modèle Imaclim-R monde

[(https://www.iamcdocumentation.eu/Model\_Documentation\_-\_IMACLIM).](https://www.iamcdocumentation.eu/Model_Documentation_-_IMACLIM)

Le document « ensemble scenarios ImaclimR.pdf » décrit comment un ensemble de scénarios de « baseline », i.e. sans politique climatique, a été obtenu. La base de données de scénarios est enrichie de scénarios « d’atténuation », i.e. avec un objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre ; un scénario d’atténuation par baseline.

Les résultats correspondants à l’ensemble de ces scénarios en termes d’émissions de CO2 (*ECO2\_w.csv*), de PIB (*GDP\_w.csv*) et de PIB par habitant (*GDPcap\_w.csv*), d’intensité énergétique du PIB (*EI\_w.csv*) et d’intensité carbone de l’énergie (*CI\_w.csv*), à l’échelle mondiale sur la période 2015-2065, sont fournis dans le dossier /data. Ce dossier contient également les trajectoires de population mondiale, exogène, de l’ensemble des scénarios (*Pop\_w.csv*). Tous les résultats sont donnés en indice par rapport à la valeur 2015. La première ligne donne les années dans les fichiers de résultats. Chaque ligne suivante correspond à un scenario de la base de données de scénarios. Par ailleurs, le dossier contient également un fichier *drivers.csv* qui donne la combinaison des groupes de paramètres correspondant à chaque scénario (voir le fichier readme.txt pour une explication des indices du fichier *drivers.csv*). Dans tous les fichiers csv les scénarios sont classés dans le même ordre.

Commencez par lire les différents documents, et par ouvrir les fichiers csv pour comprendre comment les données sont organisées.

Vous allez créer et utiliser un code python3 pour lire les données de résultats, et les analyser en traçant un certain nombre de graphiques. Le rendu du TP sera à la fois le code lui-même, et ce fichier dans lequel vous aurez copié vos graphiques et rédigé vos analyses. Merci de mettre des commentaires clairs dans votre code (avec des # en début de ligne) afin que celui-ci soit lisible.

1. **Analyse d’une « baseline »**

Créez un fichier .py que vous exécuterez au fur et à mesure dans une console python. Ceux qui préfèrent peuvent travailler avec un jupyter notebook.

Commencez par les lignes suivantes pour importer les librairies qui seront utilisées :

|  |
| --- |
| ############################################################  # header: importing useful modules and functions  import csv, os #lecture ecriture de csv; os management  import numpy as np #traitement de matrice de type numpy array  import matplotlib.pyplot as plt #librairy graphique |

Puis utilisez les commandes suivantes pour lire les données (votre fichier .py doit être dans le dossier en amont du dossier data/, où bien spécifiez le chemin ) :

|  |
| --- |
| ###########################  ############################################################  #Reading data  ############################################################  path\_data='data/'  eco2= np.array([line for line in csv.reader(open(path\_data+'ECO2\_w.csv','r'))][1:],dtype=float)#global CO2 emissions  pop= np.array([line for line in csv.reader(open(path\_data+'Pop\_w.csv','r'))][1:],dtype=float)#world population  gdp\_per\_cap= np.array([line for line in csv.reader(open(path\_data+'GDPcap\_w.csv','r'))][1:],dtype=float)#global per capita GDP  gdp= np.array([line for line in csv.reader(open(path\_data+'GDP\_w.csv','r'))][1:],dtype=float)#global GDP  ei= np.array([line for line in csv.reader(open(path\_data+'EI\_w.csv','r'))][1:],dtype=float)#energy intensity of GDP  ci= np.array([line for line in csv.reader(open(path\_data+'CI\_w.csv','r'))][1:],dtype=float)#carbon intensity of total primary energy supply |

Ou, si vous êtes familier des dictionnaires sous python :

|  |
| --- |
| path\_data='data/'  data\_tp = {}  for fil in [fil for fil in os.listdir(path\_data) if '.csv' in fil]:  data\_tp[ fil.replace('.csv', '')] = np.array([line for line in csv.reader(open( path\_data+fil,'r'))][1:],dtype=float) |

Puis charger les années et les noms des drivers :

|  |
| --- |
| # over 2015-2100 years  years = np.array([line for line in csv.reader(open('data/Pop\_w.csv','r'))][0],dtype=float)  # drivers of the scenarios  drivers= np.array([line for line in csv.reader(open('data/drivers.csv','r'))][1:],dtype=float)#values of the alternative groups of parameters  drivers\_names=np.array([line for line in csv.reader(open('data/drivers.csv','r'))][0],dtype=str)#names of the groups of parameters  ########################### |

Que fait le code dans les blocs ci-dessus ? Commentez en deux ou trois phrases.

* 1. ***Graphique des émissions***

Choisissez une baseline, soit un numéro entre 1 et 216 (les baselines sont les 216 premières lignes de chaque fichier). Dans l’exemple ci-dessous base\_nb est à 2, l’exemple présenté est le 77, mais chacun doit choisir une baseline différente.

Le groupe qui doit rendre le TP peut choisir une même baseline (différente de 2 et 77).

Tracez les émissions de CO2 en fonction du temps. Vous pourrez utiliser les lignes de code suivantes, et améliorer la figure en travaillant les couleurs, les axes, les légendes en vous aidant de la documentation en ligne de pyplot de matplotlib (<https://matplotlib.org/>). Décrivez cette évolution des émissions dans le temps. Comment feriez-vous pour donner une évaluation de l’augmentation de la température globale à laquelle ces émissions pourraient conduire ?

|  |
| --- |
| ###########################  #Chosing a baseline (between 1 and 216)  base\_nb=2  ### Fig. 1 ###  # plot the global emissions over 2015-2100  plt.figure()  plt.plot(years,np.transpose(eco2[base\_nb-1,:]),color="k", linewidth=3, label="Global CO2 emissions")  plt.legend(loc=0)  plt.show()  #ou pour la sauvegarder:  #plt.savefig( "ma\_super\_figure.pdf")  ########################### |

* 1. ***Décomposition de Kaya des émissions***

Les émissions totales peuvent se décomposer selon le produit Population\* PIB par habitant \* Intensité énergétique du PIB \* Intensité carbone de l’énergie. Tracer l’évolution dans le temps de ces quatre facteurs de la décomposition de Kaya sur un même graphique. Commentez.

* 1. ***Analyse de “phases” d’évolution des intensités énergétique et carbone***

Tracez l’évolution de l’intensité carbone de l’énergie et fonction de l’évolution de l’intensité énergétique du PIB mondial. Pouvez-vous identifier plusieurs phases dans l’évolution de ces deux facteurs ? Pouvez-vous proposer une hypothèse de mécanismes expliquant ces évolutions ? Que feriez-vous pour vérifier votre hypothèse ?

1. **Analyse d’un scénario d’atténuation**

Vous allez maintenant analyser le scénario d’atténuation correspondant à la baseline que vous avez choisie, son numéro de scénario est celui de la baseline + 216 (car il y a 216 scénarios de baseline dans l’ensemble de scénarios).

* 1. ***Décomposition de Kaya des émissions***

Tracer l’évolution dans le temps des quatre facteurs de la décomposition de Kaya des émissions dans ce scénario d’atténuation sur un même graphique. Commentez, et comparez avec la baseline.

* 1. ***Analyse de la variation de PIB entre le scénario d’atténuation et la baseline correspondante***

Calculez la trajectoire temporelle de variation de PIB mondial entre le scénario d’atténuation et la baseline correspondante. Tracez-la. Commentez. Convertir en perte de croissance annuelle moyenne à l’horizon 2030, 2050, 2065. Commentez.

1. **Analyse d’une base de données (/d’un ensemble) de scénarios**
   1. ***Scenarios de baseline dans l’espace « émissions cumulées vs croissance annuelle moyenne »***

Calculez les émissions cumulées sur la période 2015-2065 dans les scénarios, et la croissance annuelle moyenne sur 2015-2065 dans les scénarios. Placez les scénarios de baseline dans l’espace « émissions cumulées vs croissance annuelle moyenne », i.e. chaque scénario est un point avec pour l’axe des abscisses la croissance annuelle moyenne et pour l’axe des ordonnées les émissions cumulées.

* 1. ***Histogramme des croissances annuelles moyennes***

Tracez sur un même histogramme (fonction plt.hist) les croissances annuelles moyennes dans les scénarios de baseline, et dans les scénarios d’atténuation. Commentez.

* 1. ***Anova (Partie bonus pour les plus avançés)***

Choisissez une variable de sortie, soit les émissions soit la croissance, dans un sous-ensemble des scénarios, soit les baselines soit les scénarios d’atténuation. Construisez l’analyse de la variance, anova, de cette variable dans ce sous-ensemble des scénarios afin d’analyser les contributions des différents groupes de paramètres à la variance du résultat. Vous pourrez demander un exemple de code qui construit des anova. Commentez.