

Le dérèglement et la vulnérabilité climatique des pays en 2016

Science des données - L3 MIASHS

2023-2024

Bransolle Line 22103700,

Gilibert Rémy 22101487,

Raë Jolhan 22102934,

Sénécaille Cassandra 22100082

Table des matières

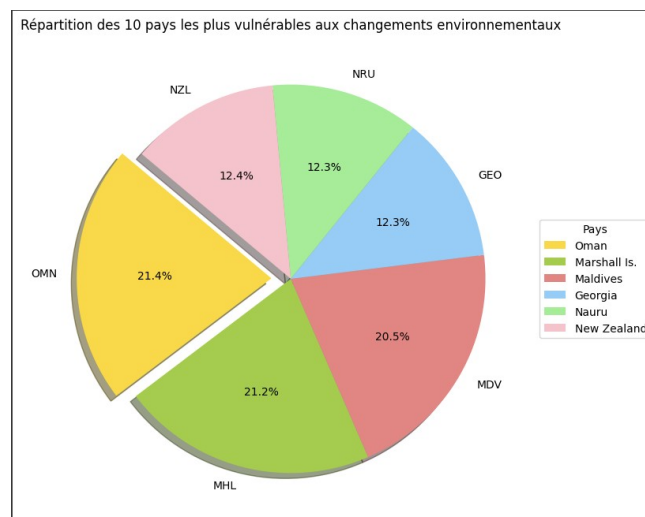
Introduction.....	
Analyse et interprétation des graphiques.....	
1. Graphique camembert représentant les 6 pays les plus et les moins vulnérables aux changements environnementaux.....	
2. Graphique à barres horizontales des inondations en fonction de la température.....	
3. Graphique à barres polar pour la température et l'émission de CO2 par habitant.....	
4. Bubble chart - Corrélations entre l'Augmentation de l'Aridité, les Précipitations, le PVCCI et la Population.....	
5. Scatter plot de la corrélation entre le PVCCI, les émissions de CO2 et la Population.....	
6. Régression de la population en fonction de l'émission de co2 et distributions marginales.....	
7. Top 10 des pays suivant différents indicateurs.....	
8. Carte de la population en fonction du PVCCI.....	
Conclusion.....	
Répartition des tâches.....	
Bibliographie.....	

Introduction

Le monde est de plus en plus confronté à des dérèglements climatiques, certains pays étant plus touchés que d'autres. Cette étude vise à comprendre **comment les pays analysés sont exposés aux changements climatiques, quelle est l'étendue de cette exposition, et quels facteurs contribuent à aggraver et à démontrer ce dérèglement climatique**. Notre approche repose principalement sur l'utilisation du PVCCI, l'indice de vulnérabilité physique au changement climatique, qui offre une évaluation globale de l'exposition aux chocs climatiques. Dans sa version actuelle, il est composé de cinq dimensions. Elles sont divisées en deux catégories, ceux liés à des risques progressifs incluant les risques d'inondation et d'aridité, et ceux liés à l'intensification des chocs récurrents incluant les risques de chocs thermiques, de chocs pluviométriques et de cyclones. Le PVCCI évalue à la fois le degré d'exposition à ces chocs et leur ampleur probable. La normalisation des composantes du PVCCI sur une échelle de 0 à 100, réalisée à l'aide d'une formule standard min-max, renforce la comparabilité entre les différentes dimensions. Nous avons enrichi notre base de données en intégrant les émissions de CO2 et la population. Pour une meilleure compréhension, nous avons restreint notre analyse à l'année 2016, tout en excluant les lignes avec des données manquantes.

Analyse et interprétation des graphiques

1. Graphique camembert représentant les 6 pays les plus et les moins vulnérables aux changements environnementaux.



Pour cette visualisation on peut se demander quels pays sont les plus vulnérables aux changements climatiques ?

Ce graphique Pie représente la répartition des 6 pays les plus vulnérables et les moins vulnérables aux changements environnementaux, basés sur le PVCCI (indicateur de vulnérabilité environnementale).

Pour cela nous avons trié les valeurs de la colonne "PVCCI" par ordre croissant mais aussi décroissant avec la fonction `sort_values` de la bibliothèque `pandas`. Ensuite nous avons fusionné les deux extrêmes grâce à la fonction `'concat'` de la bibliothèque `pandas`. Pour finir, nous avons mis en

forme le graphique pie avec la bibliothèque matplotlib. On crée tout d'abord une figure et un axe avec la fonction 'subplots'. Puis, on l'affiche avec la fonction 'show'.

Pour la réalisation de ce graphique, nous avons délibérément sélectionné les trois premiers pays présentant le PVCCI le plus élevé, à savoir Oman, les Îles Marshall et les Maldives, ainsi que les trois pays affichant le PVCCI le plus bas, à savoir la Géorgie, Nauru et la Nouvelle-Zélande. L'objectif de ce choix est de mettre en lumière les deux extrêmes afin d'évaluer si une disparité significative existe en termes de PVCCI, révélant potentiellement des différences de vulnérabilité entre ces nations.

Oman, en tant que pays avec le PVCCI le plus élevé, se positionne comme le plus vulnérable dans ce contexte. Cette observation soulève des interrogations sur les facteurs spécifiques qui contribuent à cette vulnérabilité accrue. Le positionnement des autres pays dans le graphique suggère également des différences importantes dans leurs niveaux respectifs de vulnérabilité environnementale.

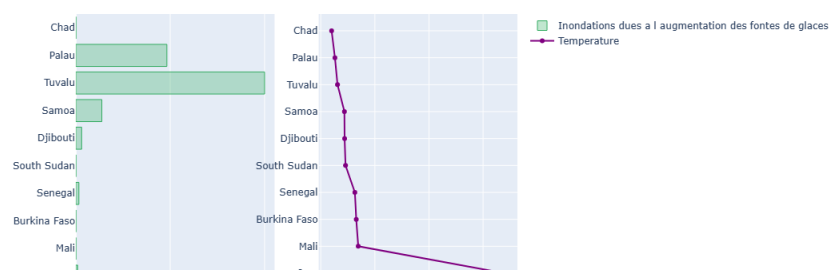
En effet, l'Oman est vulnérable pour plusieurs raisons, on y observe plus de risques naturels, le climat est plus variable et ils possèdent des ressources très faibles.

Grâce à cette représentation graphique, une observation préliminaire suggère que certains pays pourraient être jusqu'à deux fois moins vulnérables que d'autres. En isolant une tranche du camembert, éloignée des autres, nous pouvons identifier le pays le plus vulnérable, à savoir Oman, situé au Moyen-Orient. Les pourcentages associés à chaque tranche, combinés à des couleurs distinctes, permettent d'affiner notre compréhension des valeurs, offrant ainsi une interprétation plus précise du graphique.

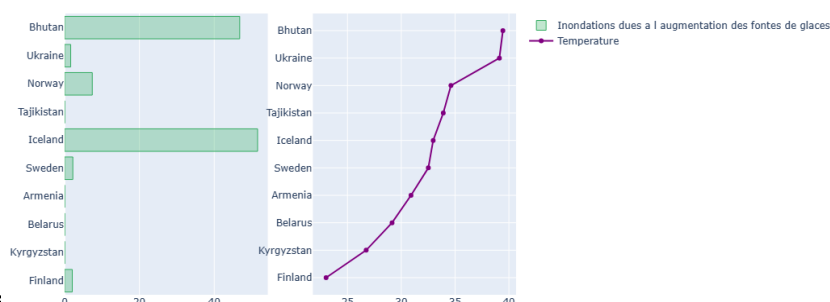
En conclusion, ce graphique offre des pistes intéressantes pour explorer les différences de vulnérabilité environnementale entre les pays étudiés, telles que mesurées par le PVCCI, et les couleurs distinctes facilitent grandement la visualisation, permettant une identification rapide des pays correspondants. D'autres graphiques pourraient contribuer à une meilleure compréhension des raisons spécifiques pour lesquelles certains pays sont plus vulnérables aux changements environnementaux.

2. Graphique à barres horizontales des inondations en fonction de la température

Graphique comparatif des inondations et de la température pour les 10 pays les plus chauds



Graphique comparatif des inondations et de la température pour les 10 pays les plus froids



Cette visualis
inondations e

ence-t-elle les

Ces 2 graphiques représentent respectivement les 10 pays au plus faibles, et au plus fortes températures avec le pourcentage d'inondation due à l'augmentation du niveau de la mer et de la fonte des glaces.

Pour créer cette figure, on utilise la bibliothèque **plotly.subplots**, qui va permettre d'instaurer un graphique interactif. On sélectionne ensuite les données voulues avec les fonctions **nsmallest()** et **nlargest()** pour obtenir les 10 pays ayant les températures les plus basses et les plus élevées. Le titre du graphique est mis en place avec la fonction **fig.update_layout(title='')** et il ne reste plus qu'à afficher la figure avec **fig.show()**.

La partie de droite affiche le pourcentage d'inondation due à l'augmentation des fontes de glaces, un diagramme à barres horizontales qui peut être personnalisé grâce à **fig.append_trace()** ou l'on peut ajuster les axes, le nom, le type de graphique et sa couleur. La partie de gauche, quant à elle, évalue les températures respectives de chaque pays.

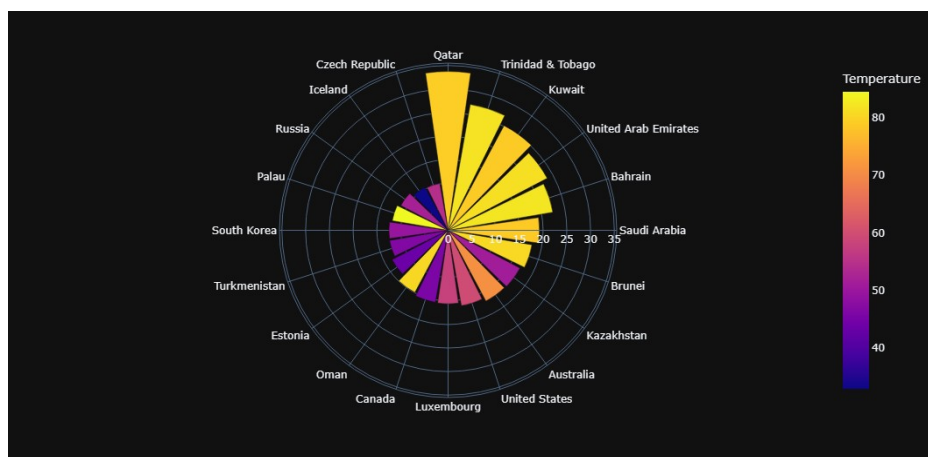
On peut remarquer grâce au deuxième graphique que les échelles de température et d'inondations ont doublé par rapport au premier. Les 10 pays les plus froids ayant des pourcentages d'inondations allant de 0 à 50-60% pour des températures allant de 25 à 40F et les 10 pays les plus chauds ayant des pourcentages d'inondations allant de 0 à 100% pour des échelles de température de 80 à 93F. Vu que lorsque les températures augmentent, les pourcentages d'inondations semblent augmenter aussi, il existe donc un lien potentiel entre ces 2 variables. Il aurait fallu créer une régression linéaire à l'image de celle montrant le lien entre les niveaux de populations et de CO2 pour en être certains.

Il faut savoir que l'emplacement géographique du pays ou encore sa topographie va beaucoup influencer ses potentielles inondations. Un pays comme l'Islande, formé de glaciers et entouré par la mer y sera beaucoup plus sujet qu'un pays comme l'Irak, où la température ne permet pas la formation de glacier.

Dans certains cas, le pays a beau avoir des températures élevées, il est tout de même touché par les inondations. C'est le cas des îles Samoa, Tuvalu ou encore Palau, de petites îles proches de la Nouvelle Calédonie où les températures avoisinent les 85F. Le niveau de la mer et des océans augmentent considérablement dans ces zones-là, et ces quelques îles sont susceptibles de disparaître sous les eaux d'ici peu.

Nous pouvons donc en conclure un éventuel lien entre les hausses de température et d'inondations dues aux fontes des glaces. Encore une figure qui nous laisse dubitatif face aux problèmes liés à la crise climatique.

3. Graphique à barres polar pour la température et l'émission de CO2 par habitant



Ici, nous pouvons nous demander quelles nations jouent un rôle primordial dans la lutte contre le réchauffement climatique et que pourraient être les actions qui influencent son évolution ?

Ce graphique, encore une fois réalisé avec **plotly.express**, nous offre une distribution des pays par émission de CO2/habitant et température. Étant interactif, il permet d'afficher les valeurs exactes des variables respectives au survol de chaque pays.

Dans un premier temps, il faut créer la variable **emission_CO2/hab** en utilisant la ligne de code suivante : `df['emission_CO2_per_capita'] = df['emission_CO2'] / df['pop']`.

A l'instar des figures précédentes, nous avons préféré garder ici les 20 pays émettant dont l'indice d'émission de CO2 par habitant est le plus élevé pour avoir des résultats plus précis et moins dense.

On crée ensuite le graphique avec la fonction **px.bar_polar** qui prend en paramètres les variables **emission_CO2/hab**, **Country** et **Temperature**. Cette dernière sera utilisée en tant que couleur, dont nous pouvons observer la légende à droite.

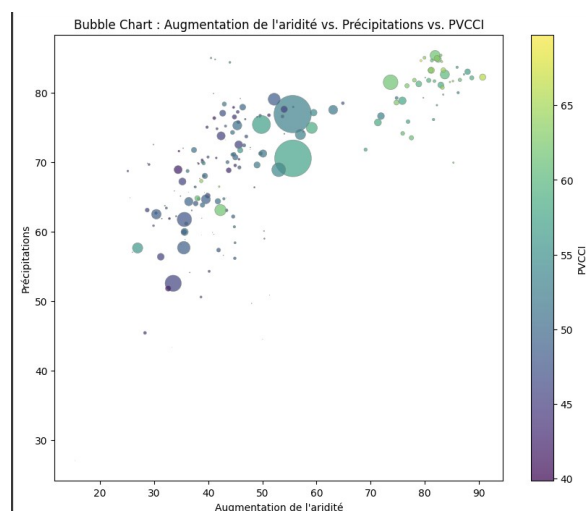
Une fois le graphique créé, il est possible d'enlever les valeurs sur l'axe des ordonnées grâce à la ligne de code `update_layout (polar= dict (radialaxis = dict (showticklabels = False)))` (qui n'a pas été exécuté sur la figure ci dessus puisque l'axe est visible).

Il reste seulement à afficher le graphique avec la fonction **fig.show()**.

Ces nations sont connues pour leur forte production de gaz à effet de serre, due à l'exploitation de ressources naturelles comme le pétrole, le gaz naturel ou encore le charbon. Leur taux d'émission de CO2 par habitant étant très élevé, il est le reflet de leur faible population et de leur forte dépendance aux combustibles fossiles. En effet, moins d'habitant il y a au sein d'un pays, plus le taux risque d'être élevé pour une émission de CO2 égale. C'est pour cela que nous retrouvons de nombreux pays n'ayant pas beaucoup d'habitants tels que le Qatar, le Kazakhstan, les Emirats Arabe Unis ou même le Turkménistan, chacune de ces nations produisant énormément d'énergie fossile.

C'est ces pays-là en premier lieu qui devraient réduire leurs émissions afin d'avoir un impact considérable sur la lutte contre le réchauffement climatique.

4. Bubble chart - Corrélations entre l'Augmentation de l'Aridité, les Précipitations, le PVCCI et la Population



Pour cette visualisation on peut se poser la question, quelle corrélation existe t-il entre les précipitations et l'augmentation de l'aridité ?

Ainsi, par la corrélation entre la température et les émissions de CO2 par habitants, étant assez évidente on peut chercher des corrélations moins évidentes en se concentrant sur d'autres variables, comme l'augmentation de l'aridité et les précipitations.

Ce bubble chart permet de représenter simultanément quatre variables, offrant une visualisation riche. Chaque point sur le graphique est représenté par une bulle, où la position sur les axes x et y représente deux variables, et la taille de la bulle représente une troisième variable, à savoir la population. L'augmentation de l'aridité est figurée sur l'axe x, les précipitations sur l'axe y, et le PVCCI est représenté avec la barre de couleur. Ce choix d'axes x et y permet de mettre en évidence les tendances, permettant ainsi de détecter une corrélation éventuelle. Ensuite, la taille des bulles en fonction de la population permet une interprétation plus précise, car la population peut être un facteur aggravant ou, au contraire, atténuant. Pour finir, le PVCCI, au cœur de notre sujet, est mis en avant avec la couleur, rendant l'information très visuelle.

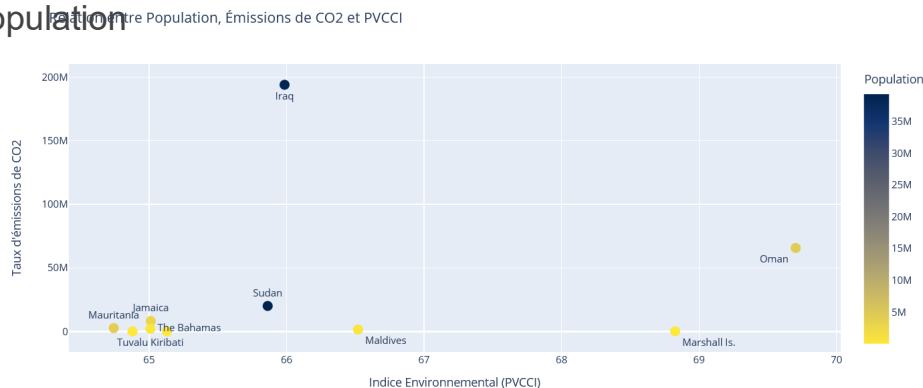
Pour le réaliser, nous avons utilisé la bibliothèque Plotly (plt) pour créer le bubble chart avec la fonction 'figure'. Ensuite, nous avons appliqué une échelle de couleur grâce à la fonction 'scatter' et 'colorbar' pour l'afficher sur le graphique. De plus, la bibliothèque Plotly nous a permis d'ajouter un titre et des étiquettes aux axes. Enfin, nous affichons le Bubble chart avec la fonction 'show'.

Nous observons une corrélation positive entre l'augmentation de l'aridité, les précipitations, le PVCCI, et la population. Les régions avec une augmentation de l'aridité plus élevée semblent également présenter des niveaux de précipitations plus élevés et une population plus importante. De plus, deux clusters distincts se démarquent. Un cluster en haut à droite indique des régions avec une augmentation de l'aridité significative, des précipitations abondantes, et une grande population. Un autre cluster entre 30 et 50 pour l'augmentation de l'aridité et entre 50 et 80 pour les précipitations suggère des régions avec des caractéristiques climatiques spécifiques.

Ensuite, un point isolé en bas à gauche représente potentiellement une région avec une faible augmentation de l'aridité, des précipitations modérées, et une petite population, se distinguant des tendances générales.

Ainsi, ce graphique suggère que les régions présentant des niveaux élevés d'augmentation de l'aridité peuvent également afficher des précipitations abondantes et une population importante. Ce résultat est plutôt étonnant, car on aurait tendance à penser le contraire : là où l'augmentation de l'aridité est forte, les précipitations sont faibles. Cependant, ce graphique montre le contraire, soulignant un dérèglement climatique. Cela pourrait être dû à des facteurs tels que les changements dans les modèles de circulation atmosphérique, qui peuvent entraîner des précipitations plus intenses dans certaines régions arides [16]. L'analyse approfondie des autres graphiques nous permettra d'avoir une compréhension plus approfondie pour valider ces observations visuelles.

5. Scatter plot de la corrélation entre le PVCCI, les émissions de CO2 et la Population



Quel est le lien entre les émissions de CO2 et le PVCCI des 10 pays les plus vulnérables aux changements climatiques ?

Ce graphique scatter plot représente les 10 pays ayant le plus fort PVCCI, par rapport aux émissions de CO2 et à leur population. On utilise la variable émission de CO2 pour observer s'il y a une corrélation avec le PVCCI. Ainsi, nous pourrions constater si les émissions de CO2 ont un impact sur le dérèglement climatique. On peut émettre l'hypothèse que plus un pays est peuplé, plus la demande d'énergie primaire (gaz, pétrole,...) est élevée, ce qui augmente les gaz à effets de serre [1]. Pour information, plus le PVCCI est élevé, plus le pays est vulnérable aux changements climatiques. Les émissions de CO2 sont en kilotonnes.

Nous avons utilisé les bibliothèques **express** (px) et **graph_objects** (go) en **plotly**. C'est une bibliothèque Python très utile pour la création de graphiques interactifs. **Plotly.express** simplifie grandement la création de graphiques. Et **Plotly.graph_objects** permet la personnalisation des détails du graphique.

On a d'abord trié le fichier par ordre décroissant avec la fonction '**sort_values**'. Nous avons choisi d'axer cette interprétation sur les 10 premiers pays ayant un PVCCI élevé pour nous focaliser sur un petit groupe de données, et non pas sur les 192 pays de notre fichier.

Par la suite, nous avons créé le graphique interactif avec la fonction '**px.scatter**'. Pour une visibilité optimale, nous avons utilisé '**update_traces**', combiné avec '**textposition**', afin de choisir la place des labels. Nous avons choisi une échelle de couleur pour la population. Ainsi il est plus facile de démarquer les pays qui sont les plus peuplés.

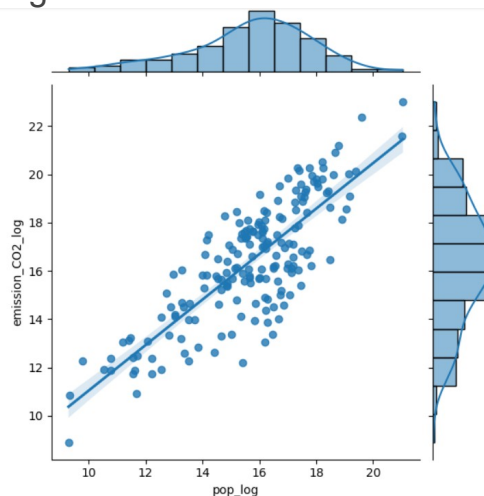
Des pays se démarquent des autres grandement :

- On peut voir que l'Oman possède le PVCCI le plus haut avec 69,7. Il a également un taux plutôt élevé d'émission de CO2, mais il n'est pas le plus peuplé (4 398 070 habitants en 2016). Nous savons que l'Oman est situé dans une région au climat chaud et aride. Les changements climatiques, les températures élevées et une disponibilité d'eau limitée pourraient contribuer à la vulnérabilité physique du pays. De plus, c'est un pays qui dépend fortement des ressources naturelles comme le pétrole et le gaz naturel. L'exploitation de ces ressources peut contribuer aux émissions de CO2. [2] [3]
- Par la suite, les Maldives et les îles Marshall possèdent un PVCCI plutôt moyen (respectivement 66,52 et 68,82), mais n'ont pas une émission de CO2 très importante ni une très grande population. Ce sont des archipels à visée principalement touristique. Ces îles sont particulièrement vulnérables aux effets du changement climatique en raison de leur basse altitude, ce qui les rend sensibles à l'élévation du niveau de la mer et aux tempêtes. Leur climat tropical favorise des températures assez élevées toute l'année. Les faibles émissions de CO2 peuvent être liées à la petite taille de la population et à une économie moins industrialisée. [4] [5]

- En revanche, l'Irak émet de fortes émissions de CO₂ (194M). Il est également très peuplé (supérieur à 35M d'habitants) par rapport aux 9 autres pays, mais il possède un PVCCI moyen (65,98). L'Irak possède d'importantes réserves de pétrole, et dépend fortement de ces ressources. L'extraction, la production et l'exportation de pétrole peuvent contribuer de manière significative aux émissions de CO₂. De plus, une population importante peut également contribuer à ces émissions, en raison d'une demande accrue d'énergie, de biens de consommation et d'infrastructures. L'Irak est situé au Moyen-Orient, région où il fait très chaud en raison de sa position proche du désert. En été, la température peut dépasser les 45 degrés. La température significativement élevée pourrait donc justifier sa position par rapport au PVCCI. [6][7]

En conclusion, l'analyse du graphique interactif met en lumière des observations intéressantes entre le PVCCI, les émissions de CO₂ et la population des pays étudiés. En général, la population semble être liée à une augmentation des émissions de CO₂, mais le PVCCI, qui mesure la vulnérabilité physique au changement climatique, ne suit pas nécessairement cette tendance. Certains pays, comme l'Oman, montrent une vulnérabilité élevée malgré des émissions modérées, soulignant l'impact potentiel de facteurs géographiques et économiques. Les îles Marshall et les Maldives, bien que présentant des émissions faibles, sont fortement vulnérables en raison de leur géographie. En revanche, l'Irak, avec des émissions élevées et une grande population, a un PVCCI moyen, suggérant l'importance des contextes économiques et géopolitiques dans la compréhension de la vulnérabilité physique au changement climatique. Ainsi, la relation complexe entre émissions de CO₂, population et vulnérabilité physique souligne qu'il est crucial d'examiner tous les aspects pour comprendre pleinement les impacts du changement climatique.

6. Régression de la population en fonction de l'émission de co2 et distributions marginales



En quelle mesure la population d'un pays influence t-elle sa population?

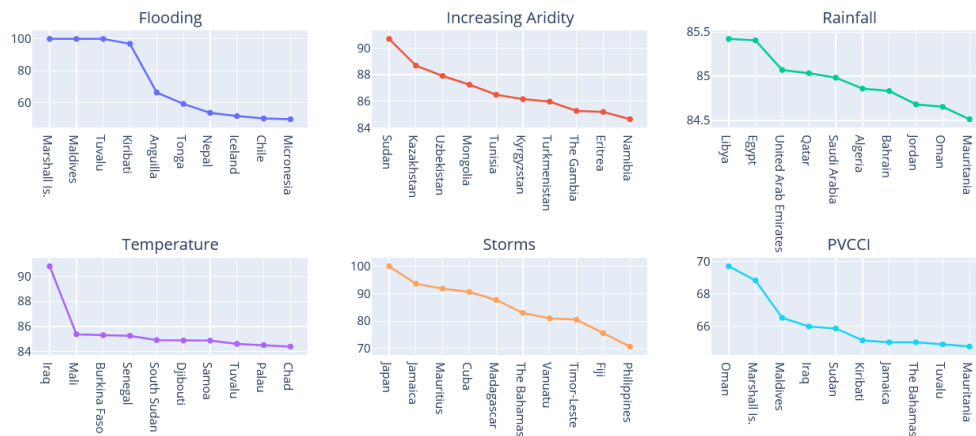
Pour créer cette représentation. Cette représentation est composée d'une courbe de régression et de deux histogrammes sur les côtés représentant la proportion de pays dans chaque intervalle. Pour réaliser ce graphique nous avons normalisé les données en utilisant le logarithme de la population et de l'émission de CO₂, grâce à la fonction 'np.log' de la bibliothèque numpy. Les résultats ont été assignés aux variables 'pop_log' et 'emission_CO2_log'. En utilisant 'seaborn' (quelle bibliothèque), de plus, la figure a été mise en forme avec la fonction 'joinpoint' en assignant 'pop_log' à l'axe des x et 'emission_CO2_log' à l'axe des y, avec le paramètre 'reg' pour tracer la régression.

Ce graphique montre une corrélation positive évidente entre la population d'un pays et ses émissions de CO₂. De plus, les deux histogrammes offrent des informations supplémentaires et montrent que même si une majorité des pays sont dans le cluster qu'on retrouve au milieu de ce graphique les 3 pays les plus peuplés sont tous au dessus de la droite, malgré leurs nombre il représente un part très significative des émission de CO₂ mondiale(≈50) .

En conclusion, ces résultats suggèrent que les pays les plus peuplés tendent également à être les plus polluants. Cette observation nous permet de voir l'importance du facteur population dans l'évaluation de l'impact environnemental d'un pays.

7. Top 10 des pays suivant différents indicateurs

Top 10 des pays sur les différentes variables



Quel est l'impact du dérèglement climatique sur les pays les plus vulnérables aux changements climatiques ?

Ce subplot avec six graphiques différents représente les 10 premiers pays en fonction de différentes variables liées au changement climatique.

Cela nous permet de visualiser les variables de notre sujet qui mesurent l'impact du changement climatique (Inondations dues à l'élévation de la mer et la fonte des glaces, le taux de pluies, de tempêtes, de températures, d'aridité et le PVCCI), sachant que les 5 premières variables permettent de calculer le PVCCI.

Nous avons utilisé les bibliothèques de plotly, avec `'plotly.graph_objects'` (go) et `'plotly.subplots'`.

Pour chaque variable, nous avons trié les données par ordre décroissant pour ne prendre que les 10 pays les plus impactés.

Pour le premier graphique, nous nous focalisons sur la variable **'Flooding due to sea level rise or melting glaciers'** (Inondations dues à l'élévation de la mer et la fonte des glaces). On peut voir que les pays qui souffrent le plus d'inondations dues à l'élévation du niveau de la mer ou à la fonte des glaciers, sont les pays se trouvant dans les océans Indien et Pacifique, comme les îles Marshall, les Maldives, Tuvalu, ... Malheureusement, ces îles sont les premières à souffrir de la montée des eaux car elles se trouvent dans des zones tropicales. [8]

Pour le second graphique, nous travaillerons avec la variable **'Increasing Aridity'** (Aridité croissante), qui mesure la sécheresse, et l'insuffisance en eau, mesurée au sol et dans l'atmosphère, résultant de la faiblesse des précipitations, souvent associée à des températures élevées. Premièrement, on constate que le Soudan est le pays qui souffre le plus de sécheresse, il se trouve en Afrique, on y trouve des déserts et des montagnes. Le Kazakhstan est le second pays souffrant le plus d'aridité. Il possède le plus grand désert d'Asie centrale, le Kazakh. C'est un pays qui possède des été très chauds et secs, mais des hivers froids, ce qui peut contribuer à l'évaporation plus rapides des eaux. [9][10]

Pour le troisième graphique, nous utiliserons la variable **'Rainfall'** (Précipitation), qui mesure le taux de pluie dans les pays. Le premier pays impacté est la Libye, ce qui est très étonnant car c'est un pays généralement connu pour être aride et désertique, avec le désert du Sahara au centre de celui-

ci, qui est très peu habité . Mais on peut émettre l'hypothèse que lors de l'étude, les régions côtières ont reçu des précipitations plus importantes par rapport au centre du pays. Nous pouvons penser pareil pour le second pays qui est l'Egypte.[11][12]

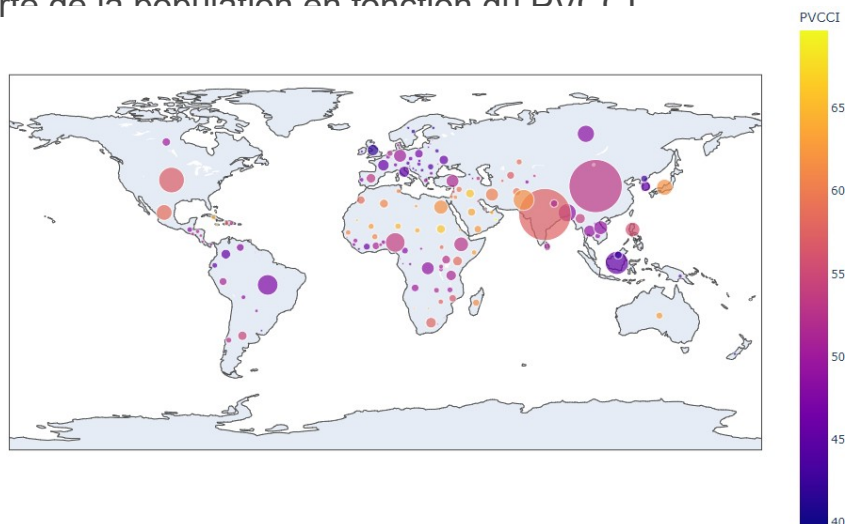
Pour le graphique suivant, nous nous sommes focalisé sur la variable '**Temperature**' (Température en fahrenheit). On observe que les 10 pays sont tous des pays provenant de régions chaudes, comme l'Irak, le Mali,... Nous pouvons quand même retrouver un écart entre le premier pays, l'Irak et le deuxième, le Mali, avec respectivement, des températures de 90,8°F et de 85,39°F. [13]

Pour le cinquième graphique, nous avons travaillé avec la variable '**Storm**' (Tempête), qui calcule le taux de tempêtes. On observe que les 10 pays concernés sont des îles. Le plus impacté est le Japon, avec un taux de 100. En effet, il se situe dans une région propice aux typhons et aux tempêtes tropicales, en raison de sa position géographique proche de l'océan pacifique. La saison des typhons est généralement de l'été à l'automne, ce qui peut entraîner une augmentation de l'activité des tempêtes. Le climat du pays est donc influencé par les courants océaniques et les masses d'air, qui sont des facteurs propices aux tempêtes. On peut se rendre compte que les autres pays sont des pays proches des océans, comme la Jamaïque, ou encore Madagascar, ce qui peut expliquer le fort taux de tempêtes.[14][15]

Pour le dernier graphique, nous avons pris le PVCCI. Nous retrouvons les mêmes pays que dans les autres graphiques. Comme l'Oman, les Maldives ou le Soudan. (citer les graphiques)

Pour conclure, nous pouvons remarquer que rares sont les pays étant dans les 6 graphiques. Mais on en retrouve certains comme les Maldives, qui sont deuxième dans les inondations, et troisième dans le PVCCI. Il est donc difficile de conclure que tous les facteurs sont liés. En revanche, ce subplot montre que le dérèglement climatique modifie les climats, comme par exemple un fort taux de pluie en Libye ou en Egypte, qui sont des pays relativement secs normalement. Ou encore un très fort taux de tempête au Japon, où les variations climatiques favorisent la formation de typhons et de tempêtes.

8. Carte de la population en fonction du PVCCI



Comment pouvons-nous cibler les populations en danger à cause du changement climatique ?

Cette figure est une carte qui nous permet de visualiser la population de chaque pays par la taille des points et leurs vulnérabilités au changement climatique grâce à la couleur de ces derniers.

Pour créer cette figure on utilise la bibliothèque **plotly.express** pour le **scatter_geo** néanmoins avant cela il est nécessaire de faire un prétraitement ici on utilise **numpy** pour remplacer les données manquantes de la population par des 0 grâce à la fonction “**fillna**”.

Après ce prétraitement on peut créer la figure, on utilise l'ISO des pays pour les situer sur la carte, on utilise comme dit plus tôt la population pour la taille des points et on limite cette dernière à 40 à des fins de visualisation, le PVCCI quant à lui définit la couleur des points.

La figure est maintenant créée mais il faut la mettre en forme, on utilise encore plotly avec la fonction “**update_layout**” qui nous permet de définir la taille de la figure.

Cette figure nous permet donc facilement de localiser les zones géographiques et ainsi les populations vulnérables au changement climatique. On voit clairement que les pays les plus touchés sont ceux d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient mais aussi une partie des pays ayant un territoire entouré par la mer comme l'Australie, le Japon ou encore Cuba.

Cette figure nous laisse beaucoup de questions quant au problème lié à la crise climatique qui sera sûrement un enjeu énorme des prochaines années.

Conclusion

En conclusion, l'exposition des pays aux changements climatiques est une réalité omniprésente, avec des conséquences étendues et parfois dévastatrices. Les facteurs contribuant à cette exposition incluent des pratiques humaines non durables et une gestion inadéquate des ressources. Pour atténuer ces impacts et construire un avenir plus résilient, une action collective mondiale est essentielle, impliquant la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la transition vers des modes de vie durables, et la mise en œuvre de politiques efficaces axées sur l'adaptation de chaque pays et les futures migrations climatiques.

Répartition des tâches

Graphique	Membre
Graphique camembert représentant les 6 pays les plus et les moins vulnérables aux changements environnementaux.	Line
Graphique à barres horizontales des inondations en fonction de la température	Jolhan
Graphique à barres polar pour la température et l'émission de CO2 par habitant	Jolhan
Bubble chart - Corrélations entre l'Augmentation de l'Aridité, les Précipitations, le PVCCI et la Population	Line
Scatter plot de la corrélation entre le PVCCI, les émissions de CO2 et la Population	Cassandra
Régression de la population en fonction de l'émission de co2 et distributions marginales	Rémy
Top 10 des pays suivant différents indicateurs	Cassandra
Carte de la population en fonction du PVCCI	Rémy

Bibliographie

1. scientificamerican-com: https://www.scientificamerican-com.translate.goog/article/population-growth-climate-change/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=fr&_x_tr_hl=fr&_x_tr_pto=rq
2. routard Oman: https://www.routard.com/guide/oman/3076/climat_et_meteo.htm
3. france24: <https://www.france24.com/fr/moyen-orient/20230614-moyen-orient-oman-se-positionne-en-leader-r%C3%A9gional-des-nouvelles-%C3%A9nergies>
4. routard Maldives: https://www.routard.com/guide/maldives/2935/climat_et_meteo.htm
5. climatsetvoyages îles Marshall: <https://www.climatsetvoyages.com/climat/iles-marshall>
6. Wikipedia géographie Irak: https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9ographie_de_l%27Irak
7. Wikipédia énergie Irak : https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_en_Irak
8. Ouest-france : <https://www.ouest-france.fr/leditiondusoir/2022-10-13/d-ici-2100-ces-minuscules-pays-insulaires-risquent-d-etre-totalement-engloutis-par-les-eaux-db99a597-76fb-44f7-9f15-31d3d2e7b54f>
9. Wikipédia climat Soudan: https://fr.wikipedia.org/wiki/Climat_du_Soudan
10. Wikipédia géographie du Kazakhstan: https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9ographie_du_Kazakhstan
11. geo.fr - inondations en Lybie: <https://www.geo.fr/environnement/inondations-en-libye-le-changement-climatique-a-rendu-jusqua-50-fois-plus-probables-des-pluies-dune-telle-intensite-216722>
12. Routard égypte: https://www.routard.com/guide/egypte/3066/climat_et_meteo.htm
13. Routard Mali: https://www.routard.com/guide/mali/3387/climat_et_meteo.htm
14. climat japon: <https://japon-fr.com/climat-japon.htm>
15. ambiance-japon: <https://www.ambiance-japon.com/typhon-japon/>
16. springer : [Climate Change and Drought: the Soil Moisture Perspective | Current Climate Change Reports \(springer.com\)](https://www.springer.com/article/10.1007/s10661-022-10661-0)

Source de données:

<https://ferdi.fr/donnees/indicateur-de-vulnerabilite-physique-au-changement-climatique>

data world bank :

(population): https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/SP.POP.TOTL?most_recent_year_desc=false

(émission de co2):

<https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT>