

# Rapport de Science des Données 3

Le réchauffement climatique a-t-il un impact sur les catastrophes naturelles ?



HAKIRI Siwar,  
MAZELINE Robin,  
CAMPELLO Vicente,  
BENRAMDANE Rayane

Enseignants : LEBLANC Cesar, SERVAJEAN Maximilien

Année : 2024-2025

# Introduction

Dans une ère où le dérèglement climatique prend une place de plus en plus importante dans notre société, il est tout à fait normal de se questionner sur l'avenir de notre planète quand on observe autour de nous de plus en plus de catastrophes naturelles (comme récemment en Espagne en novembre 2024). Tout au long de ce semestre nous avons décidé de nous intéresser à la problématique suivante : Existe-t-il un lien entre les facteurs du réchauffement climatique et les catastrophes naturelles. Pour réaliser ce travail nous avons dans un premier temps collecter, traiter et nettoyer les données. Notre objectif était de réunir suffisamment de facteurs climatiques (température, précipitations, émissions de CO<sub>2</sub>...) ainsi que d'avoir une base de données caractérisant les différentes catastrophes naturelles que chaque pays a pu rencontrer au cours de ces dernières années. Nous avons ensuite restreint notre étude aux années 2016-2022, car c'est une période marquée par un dérèglement climatique accentué et des événements extrêmes. Ensuite, nous avons partagé notre étude en attribuant à chaque membre du groupe de facteurs climatiques pour analyser d'éventuels causalités avec divers catastrophes naturelles. Notre rapport présentera dans un premier temps une partie Numpy où nous étudierons le poids de chaque variable pour la méthode CP1 et pour la CP2. Puis nous plongerons dans la partie Analyse Graphique où nous nous intéresserons dans un premier temps à la répartition de l'humidité dans les différents types de catastrophes et comme 2ème figure nous observerons un graphique en 3D mettant en relation les incendies et les événements volcaniques avec l'émission de CO<sub>2</sub>. Dans un second temps nous étudierons les liens entre les facteurs températures, précipitations avec respectivement les canicules et inondations dans le monde. Et nous observerons sous divers angles les précipitations et inondations rencontrées par le monde au cours de ces dernières années. Et enfin nous analyserons de plus près les conséquences de la variable élévation du niveau de la mer dans les catastrophes naturelles plus précisément les tempêtes, inondations et tremblement de terre. Puis nous effectuerons un test de corrélation linéaire pour discuter d'une éventuelle corrélation entre le niveau de la mer et la vitesse des vents lors des tempêtes. Nous conclurons sur notre problématique et approcherons des perspectives d'avenir sur l'impact du réchauffement climatique dans les catastrophes naturelles.

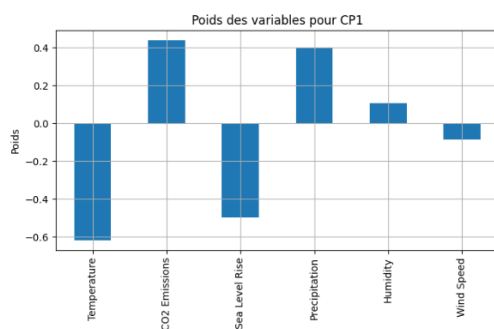
# Sommaire

<b>1</b>	<b>Première Partie : Analyse Numpy : Eleve Vicente</b>	<b>3</b>
1.1	Graphiques illustrant le poids des variables pour CP1 et CP2 . . . . .	3
1.2	Cercle de corrélation des variables climatiques . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Analyse des Figures</b>	<b>6</b>
2.1	Box plot illustrant la répartition de l'humidité sous les types de catastrophes (Eleve Robin) . . . . .	6
2.2	Carte illustrant la température annuelle par pays et zones touchées par la canicule en 2017 : Eleve Siwar . . . . .	8
2.3	Diagrammes représentant les pays avec les plus fortes précipitations et inondations par année : Eleve Siwar . . . . .	11
2.4	Diagramme en bulles illustrant le nombre de catastrophes par année en fonction de l'élévation du niveau de la mer : Eleve Rayane . . . . .	13
2.5	Nuage de points illustrant la vitesse des vents lors des tempêtes en fonction de l'élévation du niveau de la mer : Eleve Rayane . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Conclusions et perspectives</b>	<b>17</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>18</b>

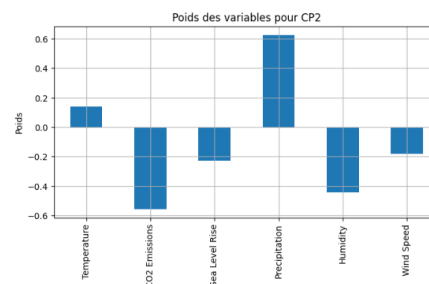
# Chapitre 1

## Première Partie : Analyse Numpy : Eleve Vicente

### 1.1 Graphiques illustrant le poids des variables pour CP1 et CP2



(a) Poids des variables pour CP1



(b) Poids des variables pour CP2

FIGURE 1.1 – Graphiques illustrant le poids des variables pour CP1 et CP2.

Les poids associés à chaque variable sur CP1 et CP2 permettent d'identifier les variables climatiques qui expliquent le plus la variance dans les données. Par exemple, les Émissions de CO et les Précipitations ont des poids élevés pour CP1, cela signifie qu'elles jouent un rôle clé dans les différences observées entre les observations sur cet axe, tandis que PC2 semble capturer un axe de variance mettant en opposition des variables atmosphériques (humidité et CO) et des facteurs liés aux précipitations.

L'intérêt de quantifier le poids des variables permet de mieux comprendre la structure des données et de relier les axes principaux à des phénomènes climatiques spécifiques.

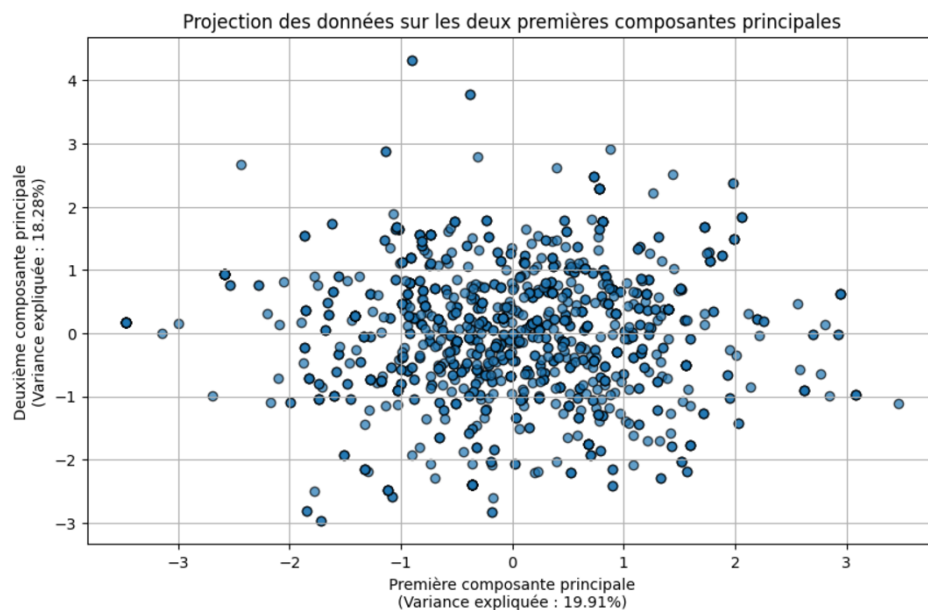


FIGURE 1.2 – Projection des données sur l'espace

Pour rappel, ce graphique de projection met en évidence les relations multidimensionnelles entre les variables climatiques, tout en simplifiant leur interprétation dans un espace réduit.

Chaque point représente une observation climatique, comme une période ou une localisation spécifique. La répartition des points dans ce plan révèle des regroupements d'observations qui partagent des caractéristiques climatiques similaires. Ces regroupements traduisent des tendances globales dans les données, tandis que les points éloignés indiquent des cas atypiques, méritant une analyse approfondie.

Sur l'axe horizontal (PC1), qui explique 19,91 % de la variance, les observations associées à des niveaux élevés de précipitations et d'émissions de CO se situent à droite, tandis que celles influencées par des variables comme la température ou l'élévation du niveau de la mer se retrouvent à gauche. L'axe vertical (PC2), expliquant 18,28 % de la variance, oppose des conditions climatiques dominées par les précipitations à celles marquées par une humidité plus importante.

## 1.2 Cercle de corrélation des variables climatiques

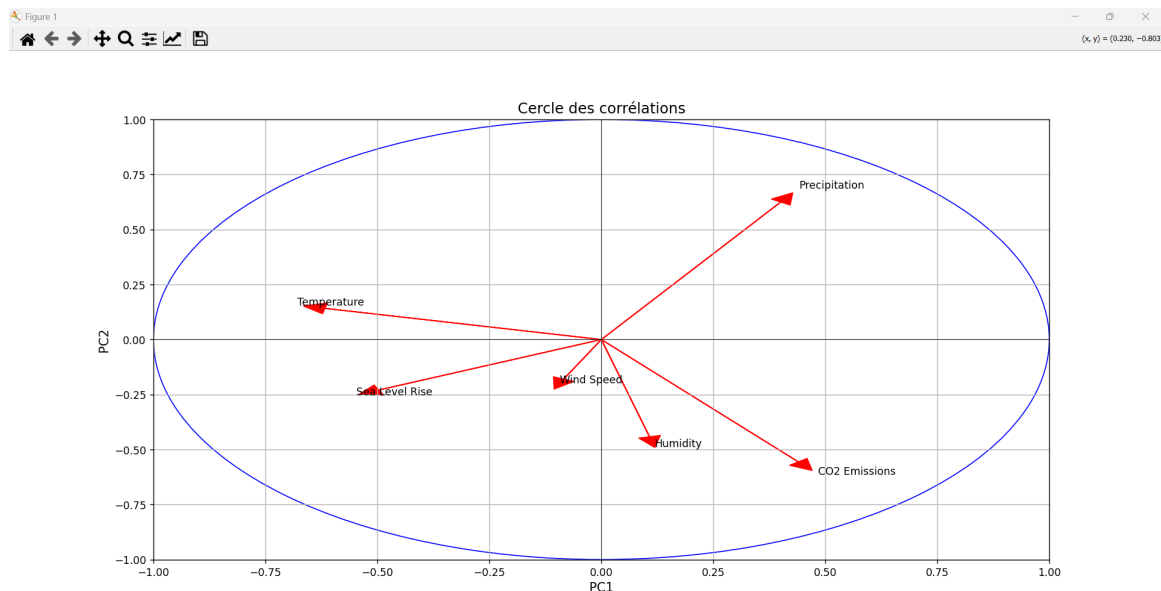


FIGURE 1.3 – Graphique illustrant la corrélation des différents facteurs climatiques

Le cercle des corrélations illustre les relations entre les variables climatiques et les deux premières composantes principales (PC1 et PC2). Les variables avec des vecteurs proches de la bordure du cercle (par exemple, "Precipitation", "Temperature" et "CO2 Emissions") sont bien représentées par les composantes principales. Cela signifie qu'elles contribuent significativement à la variance captée par PC1 et PC2. De plus ce graphique permet d'identifier des corrélations entre les variables, en effet un angle faible entre deux vecteurs tel que "Temperature" et "Sea Level Rise" indique une corrélation positive. À l'opposé, les vecteurs opposés, comme "Temperature" et "Sea Level Rise" par rapport à "Humidity", indiquent une corrélation négative. À l'inverse les vecteurs perpendiculaires, comme "Wind Speed" et "CO2 Emissions", traduisent une absence de corrélation. Cela peut nous laisser penser que PC1 semble capturer des facteurs liés aux précipitations et aux émissions de CO2. Quant à lui PC2 semble opposer des variables atmosphériques comme "Humidity" aux précipitations.

Grâce à ces graphiques, on a pu mieux comprendre les relations entre les variables climatiques et les composantes principales. Par exemple, le cercle de corrélations montre clairement comment les précipitations, les émissions de CO et d'autres facteurs sont liés. De leur côté, les graphiques des poids des variables mettent en avant l'importance de chaque facteur dans la manière dont la variance des données est expliquée par les deux premières composantes principales. Enfin, la projection des observations sur PC1 et PC2 a permis de différencier des profils climatiques spécifiques et d'identifier des regroupements cohérents. Nous allons maintenant nous tourner vers les contributions graphiques de mes camarades, qui aborderont des perspectives complémentaires, notamment les liens entre l'humidité et certains types de catastrophes naturelles, ainsi que les interactions entre les incendies et les émissions de CO2.

## Chapitre 2

# Analyse des Figures

### 2.1 Box plot illustrant la répartition de l'humidité sous les types de catastrophes (Eleve Robin)

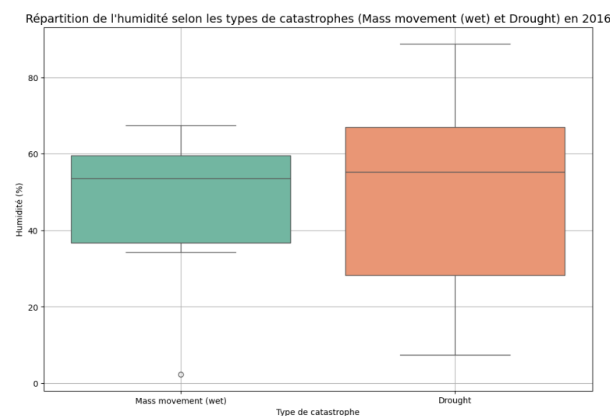


FIGURE 2.1 – Box plot illustrant la répartition de l'humidité sous les types de catastrophes

Nous avons réalisé quatre box-plots qui montrent la répartition des taux d'humidité associés à deux types de catastrophes naturelles, Mass movement (wet) et Drought, pour les années 2016, 2017, 2018 et 2019. Étudions année par année ces box-plots. L'année 2016 montre que les glissements de terrain liés à des précipitations abondantes nécessitent généralement des niveaux d'humidité élevés. Ici 50 % des valeurs se trouvent entre 40 et 60 % d'humidité. On peut en déduire que les conditions climatiques étaient variables cette année là. Pour la sécheresse on peut observer que les valeurs sont dispersées dans le quartile inférieur car la médiane est autour des 60 % d'humidité.

L'année 2017 montre que les glissements de terrain ont une répartition beaucoup plus serrée que l'année précédente. Cela montre que les événements de glissement se sont produits dans des conditions homogènes, avec une humidité modérée. On peut observer que les niveaux d'humidité associés aux sécheresses sont globalement les mêmes, on peut donc en déduire des épisodes de sécheresse équivalents en 2017 avec une médiane autour de 60%

En 2018, les sécheresses semblent s'être produites dans des conditions un peu plus humides par rapport à 2017, bien que des valeurs basses (23 %) indiquent encore des périodes très sèches. Les conditions pour les glissements de terrain semblent un peu plus sèches en 2018, avec une médiane légèrement inférieure à celle des années précédentes. Cela pourrait indiquer des glissements de terrain déclenchés par des précipitations soudaines.

En 2019, la sécheresse est assez similaire aux sécheresses de 2018. Les glissements de terrains montrent des conditions d'humidité cohérentes par rapport à 2018. Cela pourrait indiquer une certaine stabilité des conditions climatiques responsables de ces événements.

Les glissements de terrain montrent une stabilisation des conditions climatiques après 2016, avec des taux d'humidité modérés et homogènes (40–60 % en médiane). Cela reflète peut-être une régularité dans les précipitations nécessaires à ces événements. Les sécheresses restent associées à une humidité faible, mais les années 2018 et 2019 reflètent peut-être un climat légèrement plus humide ou des événements moins sévères qu'en 2017.

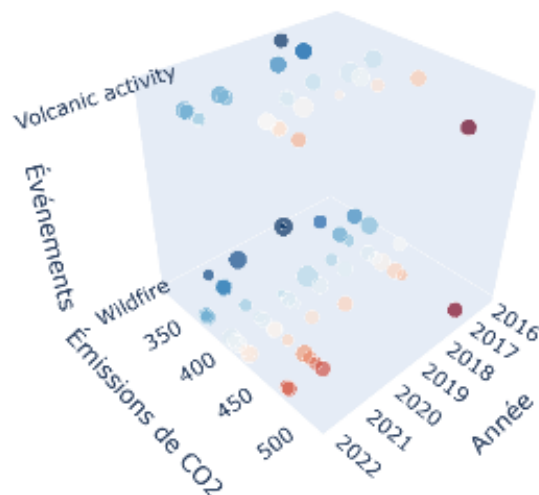


FIGURE 2.2 – Graphique en 3D mettant en relation les incendies et les événements volcaniques avec l'émission de CO2

On a réalisé un graphique avec des bulles 3D interactives qui prend en compte 3 catégories.

1) L'émission de CO2 qui est sur le graphique l'axe X. Cela correspond à la quantité de CO2 en



tonne émis par an. Certaines catastrophes naturelles, comme les incendies de forêt et les éruptions volcaniques, contribuent de manière significative à ces émissions.

2) L'axe Y correspond à la fréquence des incendies de forêts ou superficie. Cet axe montre le nombre d'incendies ou la superficie totale brûlée au fil des années. Grâce à ces données, on peut savoir si les incendies entraînent une augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>.

3) Enfin l'axe Z correspond à la fréquence des activités volcaniques. On sait que les incidents volcaniques libèrent énormément de CO<sub>2</sub>. Ces données vont nous permettre de confirmer cela.

Dans ce graphe, la taille des bulles représente l'ampleur de la catastrophe ; c'est à dire, plus la catastrophe est importante plus la bulle sera grande. En analysant le graphe, on peut observer que les bulles avec des émissions de CO<sub>2</sub> élevées sur l'axe X sont souvent associés à une fréquence ou une superficie importante des incendies de forêts (axe Y). Cela est visible par des bulles de grande taille situées dans la partie droite du graphique, indiquant que les périodes à fortes émissions de CO<sub>2</sub> coïncident avec des incendies de grande ampleur. On peut également observer sur l'axe Z, la fréquence des activités volcaniques varie sans lien direct apparent avec les émissions de CO<sub>2</sub>.

En revanche, la fréquence des activités volcaniques (axe Z) ne montre pas de relation directe avec les émissions de CO<sub>2</sub>. Cependant, lorsqu'une activité volcanique est détectée, elle entraîne souvent une augmentation ponctuelle du CO<sub>2</sub> libéré dans l'atmosphère, comme le montrent certaines bulles situées à des hauteurs élevées sur l'axe Z.

Le graphique met en évidence que les périodes à fortes émissions de CO<sub>2</sub> sont principalement associées aux incendies de forêt. Les activités volcaniques, bien que moins fréquentes, contribuent également ponctuellement à l'impact environnemental global.

## 2.2 Carte illustrant la température annuelle par pays et zones touchées par la canicule en 2017 : Eleve Siwar

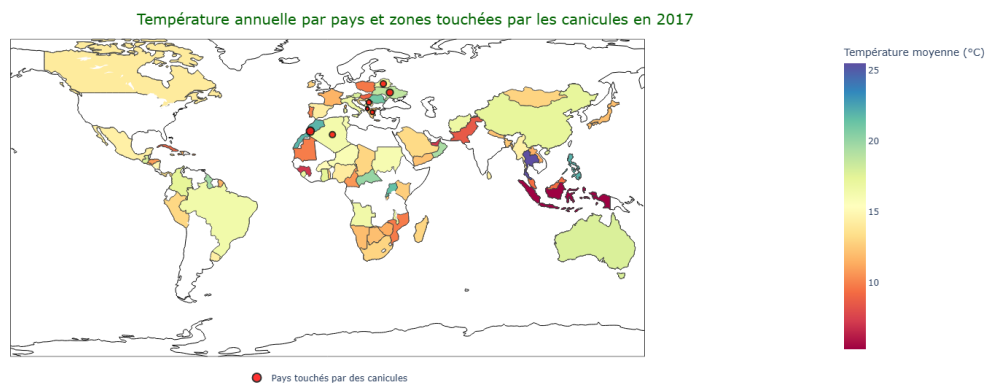


FIGURE 2.3 – Carte illustrant la température annuelle par pays et zones touchées par la canicule en 2017

Dans cette analyse, nous examinons le lien entre l'élévation des températures annuelles et l'émergence des canicules pour les années 2017, 2019 et 2022 à travers la création de trois cartes choroplèthes qui montre la répartition des températures mondiales pour chaque année avec un accent particulier sur les pays touchés par les vagues de chaleur. On commence tout d'abord par filtrer les données selon l'année choisie, remplacer les données manquantes par leur moyennes afin de procéder à la création de

la carte à l'aide de la fonction `pxchoropleth()` qui l'affiche en fonction des température annuelles et enfin via de la fonction `addscattergeo()`, on ajoute des bulles rouges indiquant les pays qui ont subi des canicules dont la taille est proportionnelle à leur température.

### *Analyse pour 2017*

L'année 2017 est marquée par des situations différentes. Certains pays aux températures moyennes élevées ont été affectés par les canicules, tels que la **France** (11,61 °C), l'**Espagne** (14,33 °C), et le **Bangladesh** (12,40 °C). Alors que plusieurs pays ont été touchés par des vagues de chaleurs malgré des températures similaires ou parfois plus haute on peut citer comme exemple l'Algérie (16,42 °C), la **Grèce** (12,72 °C) et la **Serbie** (14,04 °C) .

L'**Algérie**, avec une température moyenne légèrement élevée environ 16,42 °C, de même a été touché par les vagues de chaleur .On peut expliquer ce phénomène par l'impact des vents chauds sahariens et la géographie désertique du pays, qui favorisent des pics de chaleur. La **Grèce**, où la température moyenne était beaucoup plus basse environ 12,72 °C, des vagues de chaleur ont été signalées. Ceci peut être expliqué par le phénomène de "dôme de chaleur" méditerranéenne, qui retient l'air chaud et empêche son évacuation. En outre des pays comme la France et l'**Espagne** n'ont pas été touchés par les épisodes caniculaires en 2017 malgré leurs températures relativement élevées (11,61°C et 14,33 °C respectivement). On peut expliquer l'absence des vagues de chaleur par des conditions météorologiques plus modérées, telle que des précipitations bien répartie. Enfin, la **Roumanie**, avec une température moyenne de 21,10°C, n'a pas subi de canicule. Cela peut être expliqué par une répartition thermique plus équilibrée ou par d'autres facteurs climatiques .

### *Analyse pour 2019 (Voir Carte Annexe 4.2)*

En 2019, des pays comme la **France** (12,77 °C), l'**Espagne** (19,12 °C), et le **Bangladesh** (16,49 °C) ont subi des canicules pour la première fois : L'élévation des températures annuelles moyennes apparaît comme un facteur déterminant dans la survenue de ce phénomène

L'une des plus intenses canicules a eu lieu en **France** associée une température moyenne de 12,77°C . Cette augmentation de température par rapport à 2017 (+1,16 °C) a fait passer la **France** au-delà des seuils habituellement observés ce qui peut être associées à des vents chauds provenant du Sahara et à des systèmes de haute pression qui persistent. De la même manière, l'**Espagne**, qui a vu une augmentation importante de sa température moyenne (+4,79 °C par rapport à 2017), rejoint la liste des pays touchés par la vague de chaleur cela peut être expliqué par des sécheresses prolongées et des conditions climatiques favorisant la chaleur intense *Analyse pour 2022* En 2022, le réchauffement s'intensifie entraînant des conséquences plus importantes dans de nombreux pays. On peut citer comme exemple : la France (19,79 °C), l'**Espagne** (21,30 °C), et la **Roumanie** (18,55 °C) qui ont été touchés par des canicules marquées, alors que des pays comme l'**Algérie** (15,29 °C) n'ont pas été affectés malgré des températures légèrement élevées.

La **France**, avec une température moyenne de 19,79 °C, a subi de nouveau une vague de chaleur aggravées par l'augmentation de température depuis 2019. Ces épisodes caniculaires sont expliqués par les conditions de sécheresse prolongée et l'absence de précipitations L'**Espagne**, a enregistré une augmentation de température environ 21,30 °C (soit une augmentation de 2,18°C comparée à 2019), accompagnée de l'une des graves canicules. Cette situation critique peut être expliquée par des conditions climatiques locales souvent associées à des sécheresses extrêmes et des systèmes météorologiques favorisant le maintien de vagues de chaleur extrêmes La **Roumanie**, qui avait échappé aux canicules en 2017 et 2019, a été touchée pour la première fois en 2022 , malgré qu'elle a enregistré

une forte diminution de température par rapport à 2017(-7,67°C). Ceci peut être lié à une géographie particulière associée à une sécheresse qui a amplifié la chaleur

Le **Pakistan** (19,05 °C), qui n'avait pas été touché par des canicules en 2017, rejoint la liste des pays touchés par les vagues de chaleur en 2022. Cela peut être expliqué par l'augmentation de la température (soit une augmentation de 2,75 °C comparée à 2019) À l'inverse l'**Algérie**, malgré une température moyenne relativement élevée de 15,29 °C, n'a pas connu de canicule en 2022, contrairement à 2017 et 2019. Ceci peut être lié à des précipitations plus abondantes.

#### ***Analyse pour 2022 : (Voir Carte Annexe 4.3)***

En 2022, le réchauffement s'intensifie entraînant des conséquences plus importantes dans de nombreux pays. On peut citer comme exemple : la France (19,79 °C), l'**Espagne** (21,30 °C), et la **Roumanie** (18,55 °C) qui ont été touchés par des canicules marquées, alors que des pays comme l'**Algérie** (15,29 °C) n'ont pas été affectés malgré des températures légèrement élevées. La **France**, avec une température moyenne de 19,79 °C, a subi de nouveau une vague de chaleur aggravée par l'augmentation de température depuis 2019. Ces épisodes caniculaires sont expliqués par les conditions de sécheresse prolongée et l'absence de précipitations. L'**Espagne**, a enregistré une augmentation de température environ 21,30 °C (soit une augmentation de 2,18°C comparée à 2019), accompagnée de l'une des plus graves canicules. Cette situation critique peut être expliquée par des conditions climatiques locales souvent associées à des sécheresses extrêmes et des systèmes météorologiques favorisant le maintien de vagues de chaleur extrêmes. La **Roumanie**, qui avait échappé aux canicules en 2017 et 2019, a été touchée pour la première fois en 2022, malgré qu'elle a enregistré une forte diminution de température par rapport à 2017(-7,67°C). Ceci peut être lié à une géographie particulière associée à une sécheresse qui a amplifié la chaleur. Le **Pakistan** (19,05 °C), qui n'avait pas été touché par des canicules en 2017, rejoint la liste des pays touchés par les vagues de chaleur en 2022. Cela peut être expliqué par l'augmentation de la température (soit une augmentation de 2,75 °C comparée à 2019) À l'inverse l'**Algérie**, malgré une température moyenne relativement élevée de 15,29 °C, n'a pas connu de canicule en 2022, contrairement à 2017 et 2019. Ceci peut être lié à des précipitations plus abondantes. Cette analyse montre que l'augmentation des températures annuelles moyennes favorise l'apparition des vagues de chaleur, mais d'autres facteurs jouent un rôle déterminant (la géographie, les précipitations...). Cette analyse montre que l'augmentation des températures annuelles moyennes favorise l'apparition des vagues de chaleur, mais d'autres facteurs jouent un rôle déterminant (la géographie, les précipitations).

## 2.3 Diagrammes représentant les pays avec les plus fortes précipitations et inondations par année : Eleve Siwar

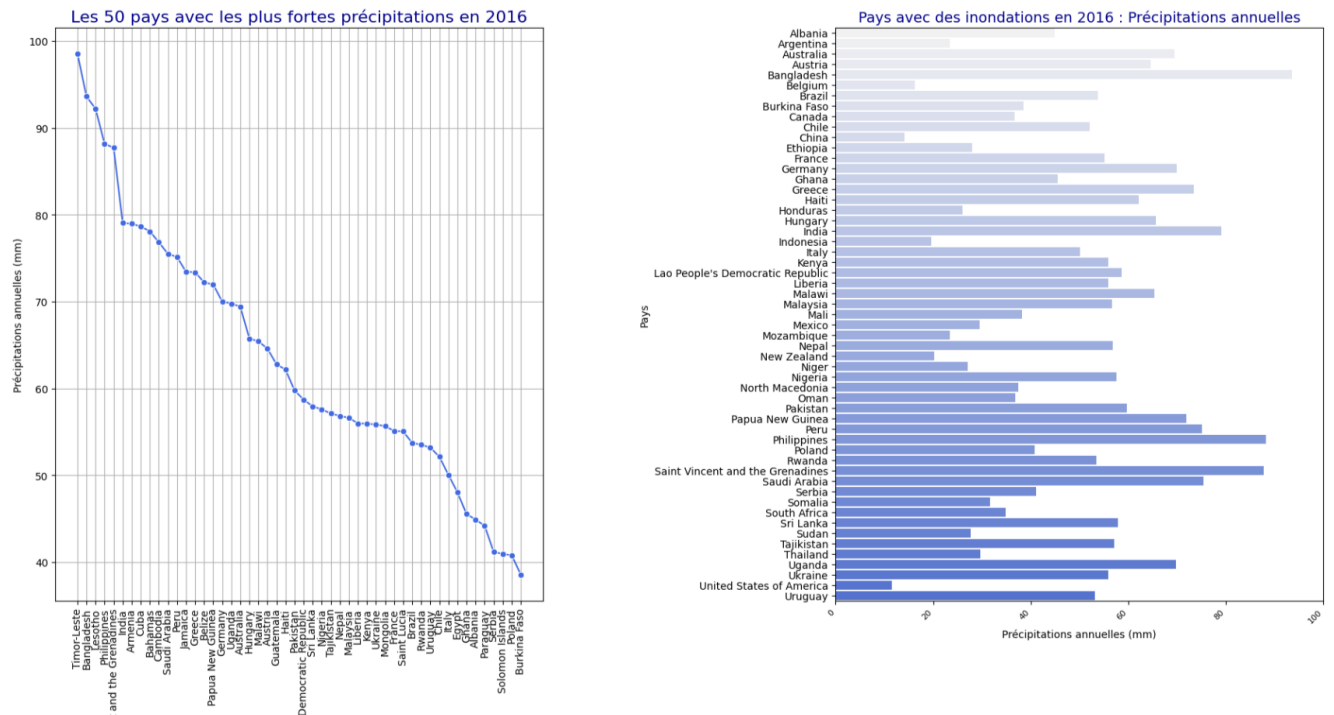


FIGURE 2.4 – Diagrammes représentant les pays avec les plus fortes précipitations et inondations par année

### Interprétation :

Dans cette étude, nous avons examiné les liens entre précipitations annuelles et inondations durant les années 2016 et 2022. Notre objectif était de savoir si les pays subissant des inondations correspondent à ceux ayant les plus fortes précipitations, tout en repérant les cas particuliers où des inondations surviennent malgré de faibles précipitations, ou inversement. Notre analyse s'appuie sur deux graphiques : le premier, créé à l'aide des deux fonctions `snslineplot()` et `sortvalues()` pour afficher les valeurs des précipitations de l'ordre décroissant, montre le classement des 50 pays aux plus fortes précipitations. Le second, via la fonction `snsbarplot()` présente les pays touchés par des inondations pour cela on a commencé par filtrer les données en gardant que les données correspondant au inondation en utilisant la fonction `strcontains('Flood')`.

En 2016, des pays comme les **Philippines** (92 mm) et l'**Indonésie** (88 mm) figurent à la fois parmi les pays les plus pluvieux et ceux touchés par des inondations. Leur vulnérabilité est due au fait qu'ils sont fréquemment affectés par des phénomènes climatiques tropicaux tels que les moussons et les typhons, qui saturent souvent les sols et entraînent des débordements fluviaux. Cependant, des situations étonnantes apparaissent : l'**Albanie**, a connu des inondations malgré son faible taux

de précipitation environ 37mm . Ce phénomène s'explique par sa géographie montagneuse amplifiées par la fonte des neiges printanière et les épisodes de pluie intense. La **Pologne** présente un cas similaire : avec une pluviométrie d'environ 40 mm par an elle a pourtant subi des inondations majeures, principalement causées par des orages violents et au débordement de rivières comme la Vistule. Le cas de l'**Argentine** est également révélateur : bien qu'elle ne figure pas dans le classement des pays avec les précipitation les plus élevés, elle a subi des inondations importantes dans la région de la Plata, en raison de systèmes météorologiques spécifiques et de débordements fluviaux liés au phénomène EL NINO.

### ***Analyse pour 2022 :***

Cette année confirme certaines tendances tout en révélant de nouvelles dynamiques. Les **Philippines** continue a apparaître parmi les pays a la fois inondés et fortement pluvieux subissant notamment les ravages du typhon comme NORU. La **Chine** et la **Corée du Sud**, font partie de ces pays avec respectivement 85 mm et 78 mm de précipitation , en raison de pluies intenses aggravées par le réchauffement climatique. cependant, certaines évolutions positives se manifestent : l'**Argentine**, qui figurait parmi les pays inondés en 2016 malgré des précipitations modérées, enregistre en 2022 des précipitations plus importantes (55 mm) sans subir d'inondations ce qui peut être attribué à une meilleur gestion de l'eau ou à une répartition plus homogène des précipitations .L'évolution est similaire en **Pologne** : malgré une augmentation de ses précipitations (56 mm), elle n'a pas subi des inondations ce qui peut être explique par des améliorations infrastructurelles et une meilleure absorption des eaux par les sols. Il est important de prendre en compte le cas de l'**Inde** et du **Bangladesh** : bien qu'absents dans la liste des 50 pays les plus pluvieux, avec un taux de précipitations respectivement 68 mm et 70 mm de précipitations, ils subissent des inondations. Cette situation s'explique par leur topographie particulière et la concentration des précipitation dans des zones particulièrement exposées.

Ces constatations mettent en lumière la complexité des processus d'inondation bien que les fortes précipitations soient un facteur important voir principal, ils sont pas le seul à prendre en compte pour comprendre et justifier les inondations .Ceci peut être lié à d'autres facteurs tels que la topographie, les infrastructure et les phénomènes climatiques extrêmes afin de prévenir ce type de catastrophe naturelle

## 2.4 Diagramme en bulles illustrant le nombre de catastrophes par année en fonction de l'élévation du niveau de la mer : Eleve Rayane

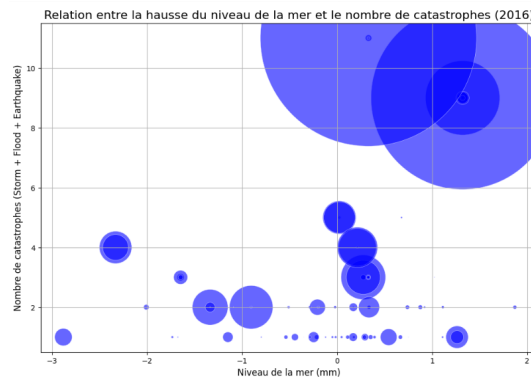


FIGURE 2.5 – Diagramme en bulles illustrant le nombre de catastrophes par année en fonction de l'élévation du niveau de la mer

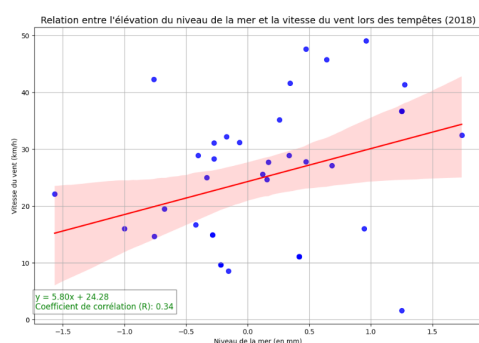
Dans cette figure, j'ai cherché à m'intéresser au lien entre l'élévation du niveau de la mer et le nombre de catastrophes naturelles. Pour ce faire, j'ai dans un premier temps importé ma base de données, puis créé une fonction (`calculate_disaster`) qui va me calculer le nombre de catastrophes naturelles. (Dans mon cas, je me suis intéressé seulement aux tremblements de terre, inondations et tempêtes car j'ai estimé que c'était les catastrophes les plus plausibles à un lien avec l'élévation du niveau des océans). Ensuite, j'ai filtré mes données pour seulement une année (j'ai choisi 2016 car ce fut une année marquée en termes de catastrophes naturelles : inondations en France, en Chine, cyclone Fantala, ouragan El Nino...). Puis, j'ai sélectionné seulement le type de catastrophes qui correspondaient le mieux à mon étude comme dit précédemment. J'ai par la suite utilisé la fonction `COUNT()` qui m'a permis de compter le nombre de catastrophes que j'ai regroupées par pays en utilisant la fonction `GROUPEBY(COUNTRY)`. La 3ème étape de mon code a consisté à extraire l'élévation du niveau de la mer (Sea Level Rise) et le nombre total de personnes affectées par les catastrophes (colonne Total Affected) pour chaque pays. Puis, j'ai réalisé une fusion de mes deux data-frames en utilisant la fonction "merge". En ce qui concerne la partie graphique, j'ai utilisé une fonction `plot_bubble_chart(filename)` qui va me créer un diagramme en bulles pour voir la relation entre mes trois variables. Dans cette fonction, j'ai utilisé l'analyse précédente faite avec "calculate\_disaster" pour introduire mes données dans le graphique. J'ai défini l'axe des abscisses comme représentant le niveau de la mer, et l'axe des ordonnées comme représentant le nombre de catastrophes naturelles associées. La taille des bulles correspond au nombre de personnes affectées, divisé par 1000 afin d'éviter que les bulles n'empiètent sur la figure. Et enfin, la dernière étape consiste à utiliser la fonction `plt.show` pour avoir la visualisation voulue de notre graphique. Analyse des résultats : Sur ce graphique nous pouvons observer, la présence de grandes bulles dans le 1er quadrant du graphique. Ces bulles reflètent le fait que de nombreuses catastrophes ont été associées à des niveaux de mer élevés. Ainsi à plus le niveau de la mer était grand et plus le nombre de catastrophes a augmenté en faisant de nombreux dégâts sur le plan humain. On pourrait expliquer

cela par le fait que de nombreux pays sont situés dans des zones vulnérables à ces catastrophes. C'est le cas notamment des pays d'Asie du Sud-Est tel que l'Indonésie, les Philippines, ou le Bangladesh qui sont exposés fréquemment au dérèglement climatique et qui sont très susceptibles d'être confrontés à ce type de catastrophes du à leur localisation côtière et en bord des océans et mers. C'est aussi le cas d'autres pays situés dans la Ceinture de Feu du Pacifique tels que le Japon, le Chili ou l'Indonésie, et qui sont régulièrement confrontés à de fortes activités sismiques et typhons.

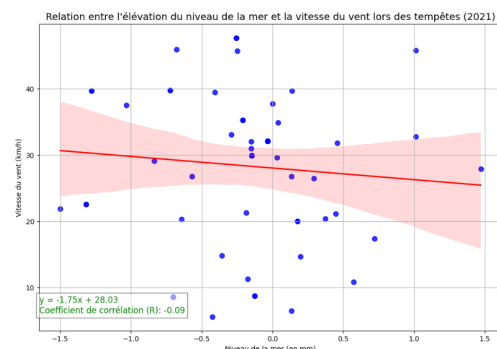
Au milieu du graphique, on observe de nombreuses bulles plus réduites que celles du 1er quadrat mais qui traduisent une autre idée : Les catastrophes rencontrées par ces pays concernés peuvent s'expliquer par le fait que la zone géographique rencontrée est moins susceptible de traverser de fortes catastrophes naturelles. En effet, il peut s'agir de pays en forte altitude, ou loin des espaces maritimes.

Les petites bulles situées tout à droite du graphique, on peut expliquer cela par le fait que les pays concernés n'aient pas encore traversé leur processus de changement climatique. En effet, certains pays sont confrontés au changement climatique à un plus long terme (malgré que le niveau de la mer augmente dans ces pays, ils peuvent rencontrer des catastrophes dans quelques années). Ou dans une autre hypothèse il peut s'agir de pays possédant des infrastructures solides en cas de catastrophes naturelles et suffisamment équipés pour contrer un éventuel accident.

## 2.5 Nuage de points illustrant la vitesse des vents lors des tempêtes en fonction de l'élévation du niveau de la mer : Eleve Rayane



(a) Données de 2018



(b) Données de 2021

FIGURE 2.6 – Nuage de points illustrant la vitesse des vents lors des tempêtes en fonction de l'élévation du niveau de la mer pour les années 2018 et 2021.

Dans cette figure j'ai cherché à observer une éventuelle corrélation linéaire entre les variables Vitesse du Vent et Augmentation du niveau des eaux. Pour cela, j'ai dans un premier temps, séparé mon graphique en 3 périodes différentes : 2018, 2020 et 2022. Après avoir importé mon fichier sur le Google Collab j'ai vérifié que chaque colonne qui m'intéressait dans mon analyse existait dans mon fichier data. Après avoir ouvert mon fichier avec la fonction readcsv j'ai filtré les types de

catastrophes de façon à récupérer seulement celles du type Storm et extrait toutes les vitesses de vents et l'élévation du niveau des mers associés à chaque pays ayant rencontré ce type de catastrophe.

Pour avoir la valeur du coefficient de corrélation et l'équation de la droite j'ai utilisé la fonction LINEREGRESS et j'ai affiché ma droite de régression linéaire sous la forme d'une chaîne de caractères avec "SLOPE" qui correspond à ma pente et INTERCEPT l'ordonnée à l'origine. Et enfin j'ai utilisé la commande SNS.REGPLOT qui utilise SEABORN pour créer mon nuage de points de régression linéaire et plt.show pour voir le résultat obtenu.

Maintenant intéressons nous à l'analyse de ma figure : Sur le 1er nuage de points datant de 2018, on observe une corrélation linéaire plutôt modérée avec un coefficient valant 0.34, ce qui signifie globalement que quand l'élévation du niveau de la mer augmente il y'a une tendance à voir la vitesse du vent augmenter, mais ce n'est pas une relation forte, elle est de type modérée. Ainsi on peut lier le fait que lors des tempêtes associées à des pays rencontrant une élévation du niveau de la mer soient liés à des vitesses de vent plus élevées. En terme d'interprétation physique on pourrait expliquer cela par le fait que majoritairement l'élévation du niveau des mers est liée au réchauffement climatique, or la chaleur océanique est un élément qui entraîne les tempêtes, vu que ces dernières puisent leur puissance dans des cours d'eaux relativement chauds.

Concernant le second graphique on observe que la valeur du coefficient de corrélation linéaire a diminué et se stabilise autour de 0 (-0.09). Ce chiffre nous indique qu'il ne semble pas y'avoir de relation entre ces 2 variables pour l'année 2021. Par ce résultat on peut implicitement comprendre que d'autres variables différentes de l'élévation du niveau des océans semblent avoir une importance plus grande pour expliquer la vitesse des vents lors des tempêtes. Concernant l'interprétation de la droite de régression linéaire (ou des moindres carrés), le coefficient directeur (qui correspond ici au rapport entre la covariance et la variance des x) nous explique que à chaque augmentation de 1 cm du niveau de la mer la vitesse du vent semble décroître de 1.75 km/h. L'ordonnée à l'origine qui correspond à la différence entre la moyenne des Y (ici de la vitesse du vent) et le produit de la moyenne des x avec le coefficient directeur nous indique que lorsque la mer se situe au niveau 0 (mètre) la vitesse des vents associée vaut 28.03 km/h. Cette droite est très utile notamment pour réaliser des prédictions de valeurs grâce à cette équation, en connaissant une valeur de l'élévation du niveau de mer on peut estimer sa vitesse des vents lors de la tempête correspondante.

Pour essayer d'expliquer le fait qu'il semble il y'avoir un lien en 2016 entre le niveau de la mer et la vitesse des vents lors des tempêtes, on peut interpréter ce problème d'un point de vue géographique notamment dans la Région des Caraïbes (Haïti, Cuba...) qui sont souvent confrontés à des typhons ou ouragans. Le fait que le niveau de la mer a augmenté peut avoir réduit la hauteur des côtes balnéaires et a permis aux ouragans et tempêtes d'augmenter leur intensité. On peut également expliquer ce phénomène par le fait que lors d'inondations peuvent modifier la dynamique dont l'air est chauffé, ce qui par conséquent risque d'influencer implicitement la trajectoire et vitesse des vents lors des tempêtes.

Une autre hypothèse possible pour expliquer la corrélation entre ces 2 variables serait que l'année 2018 a été classée comme une des années les plus chaudes de l'histoire, par conséquent la température des océans a ainsi augmenté. Or le fait que les océans soient chauds, cela permet d'alimenter encore plus les tempêtes en énergie ce qui entraîne des vents plus rapides.

Cette baisse soudaine de corrélation peut s'expliquer par plusieurs causes : En hiver 2021, a été marqué par de nombreuses rafales (phénomène "El Nino") qui ont pu aggraver l'intensité des tempêtes. Ces rafales, représentent des cycles de variations dans les températures des océans dans le bassin pacifique. Ce phénomène a engendré des conséquences sur le climat, y compris des changements sur les vents responsables de la formation des tempêtes. Tandis qu'en 2021, le réchauffement climatique s'est aggravé ce qui a pu entraîner une moins grande dépendance entre l'élévation du niveau de la mer et la vitesse des vents lors des tempêtes. D'autres facteurs climatiques pas présents dans cette



étude ,telle que l'augmentation des températures océaniques, pourraient modifier le comportement et la dynamique des tempêtes, ou encore la pression atmosphérique ou les courants océaniques.

## Chapitre 3

# Conclusions et perspectives

Pour finir, à l'issue de cette étude, nous avons confirmé la présence de liens importants entre les éléments du changement climatique et la survenue de catastrophes naturelles. Les études réalisées entre 2016 et 2022, avec une augmentation des événements climatiques extrêmes, ont mis en évidence des liens évidents entre des facteurs climatiques tels que les émissions de CO<sub>2</sub>, les températures et les précipitations, ainsi que l'apparition de phénomènes destructeurs tels que les canicules, les inondations et les tempêtes.

Grâce à l'Analyse en Composantes Principales (ACP), les axes de variance importants CP1 et CP2 ont été identifiés, ce qui a permis de mettre en évidence l'importance de certains facteurs climatiques dans l'évolution des catastrophes naturelles. À titre d'exemple, les émissions de CO<sub>2</sub> et les précipitations ont joué un rôle crucial, tandis que l'élévation du niveau des mers a un impact sur les tempêtes et leur intensité. Ces observations ont été renforcées par les résultats obtenus grâce aux analyses graphiques, qui ont mis en évidence des liens complexes entre les variables étudiées et les catastrophes naturelles.

Cette étude nous a permis de prendre conscience de l'importance de continuer d'analyser les impacts dû au dérèglement climatique de sorte à comprendre les mécanismes sous-jacents afin de mieux préparer les populations et les infrastructures face à des risques de plus en plus fréquents et intenses. Il est en effet crucial de renforcer la gestion des données climatiques afin de réduire les conséquences à venir et de préserver les générations futures. De manière générale, de la même manière que l'ACP a permis de mettre en évidence les axes essentiels dans un ensemble de données complexes, notre étude met en évidence les aspects clés du lien entre le réchauffement climatique et les catastrophes naturelles.

# Bibliographie et Annexes

- <https://public.emdat.be/data>
- [https://www.kaggle.com/code/goyaladi/climate-analysis/input?select=climate\\_change\\_data.csv&fbclid=IwY2xjawGNwTpleHRuA2FlbQIxMAABHZeUznPrQ2kn8iDRu-9RFxSue\\_hHdnWkYrAdF7L4Dyt3MNjfkSxddQfmqw\\_aem\\_5t2FXcfceU\\_oIRfCAIoL5Q](https://www.kaggle.com/code/goyaladi/climate-analysis/input?select=climate_change_data.csv&fbclid=IwY2xjawGNwTpleHRuA2FlbQIxMAABHZeUznPrQ2kn8iDRu-9RFxSue_hHdnWkYrAdF7L4Dyt3MNjfkSxddQfmqw_aem_5t2FXcfceU_oIRfCAIoL5Q)

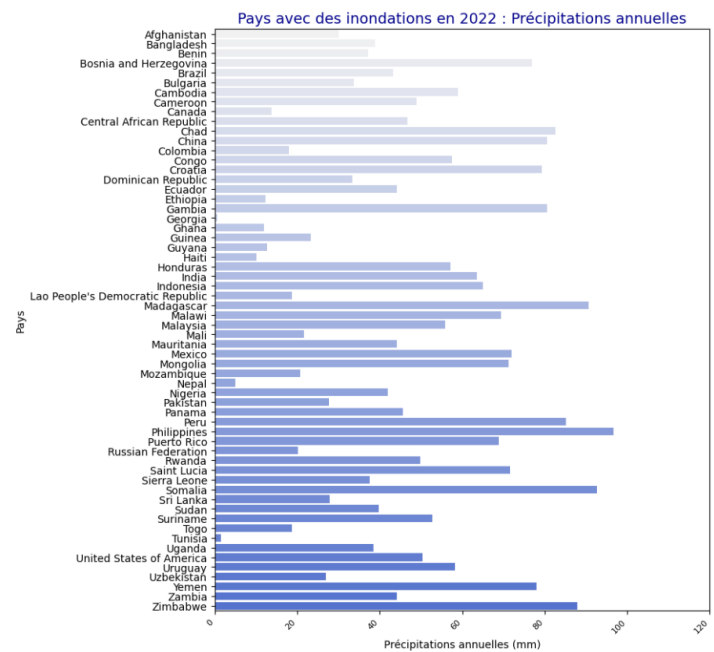
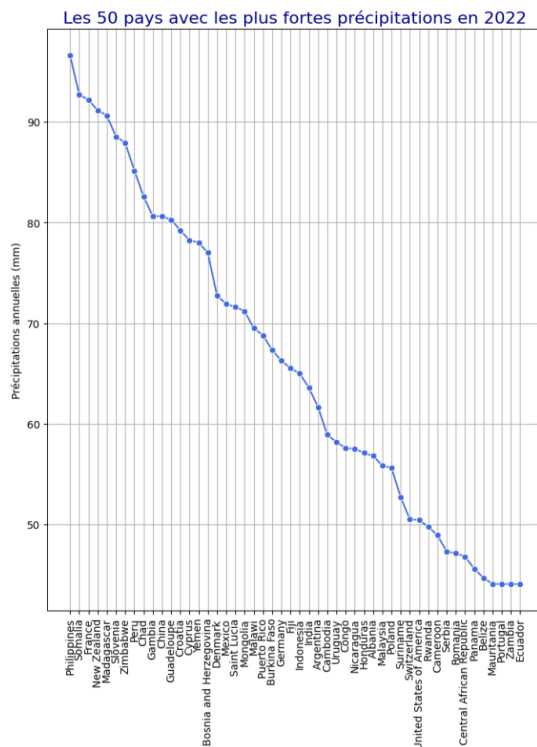


FIGURE 3.1 – Diagrammes représentant les pays avec les plus fortes précipitations et inondations en 2022

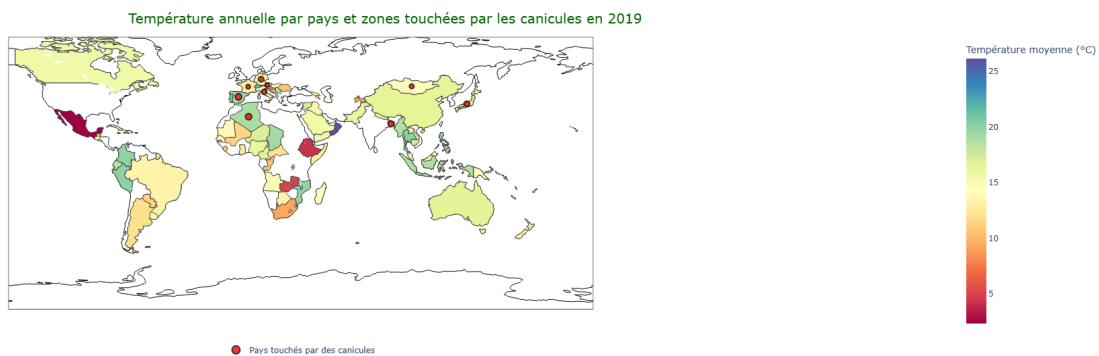


FIGURE 3.2 – Carte des pays et zones touchées par les canicules en 2019

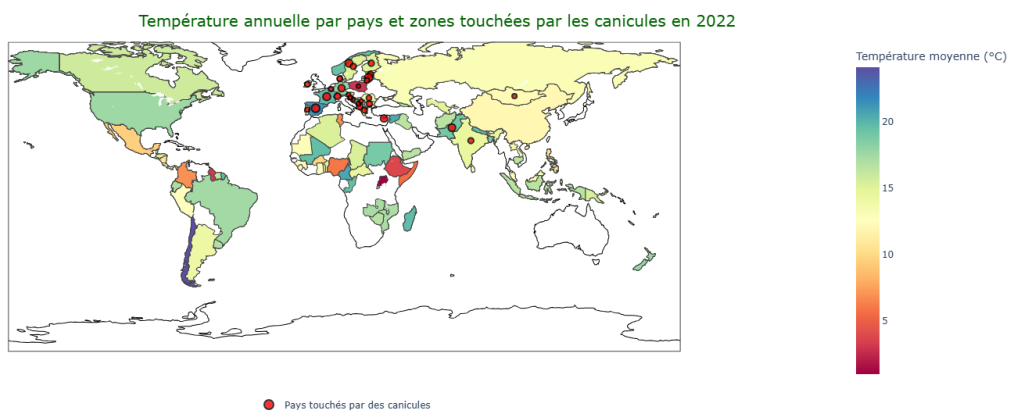


FIGURE 3.3 – Carte des pays et zones touchées par les canicules en 2022

```

import pandas as pd
import plotly.express as px

# Charger les données (Assurez-vous que le DataFrame 'data' est bien chargé avant ce bloc)
# data = pd.read_csv('base_fusion_filtered.csv') # Si vous avez un fichier CSV

# Filtrer les données pour l'année 2022
data_2022 = data[data['Year'] == 2022]

# Filtrer les pays ayant eu des canicules ("Extreme temperature") en 2022
heatwave_data_2022 = data_2022[data_2022['Disaster Type'] == 'Extreme temperature']

# Assurez-vous que toutes les régions ont des données de température, sinon remplacez les manquantes
data_2022.loc[:, 'Temperature'] = data_2022['Temperature'].fillna(data_2022['Temperature'].mean())

# Créer la carte choroplèthe avec les températures moyennes par pays pour 2022
fig = px.choropleth(data_2022,
                    locations="Country",
                    locationmode="country names", # Le nom du pays est utilisé ici
                    color="Temperature",
                    hover_name="Country",
                    color_continuous_scale="Spectral", # Palette de couleurs Spectral (ou une autre palette de votre choix)
                    labels={"Temperature": "Température moyenne (°C)"},
                    title="Température annuelle par pays et zones touchées par les canicules en 2022")

# Vérifier que les données de température des pays avec des canicules sont suffisantes pour les bulles
print(heatwave_data_2022[['Country', 'Temperature']])

# Ajouter des bulles pour les pays ayant des "Extreme temperature" en 2022
fig.add_scatter(
    locations=heatwave_data_2022['Country'], # Les pays ayant eu des canicules
    locationmode="country names",
    hoverinfo="location+text",
    text=heatwave_data_2022['Country'], # Afficher le nom du pays au survol
    marker=dict(
        size=heatwave_data_2022['Temperature'].apply(lambda x: max(x * 0.5, 5)), # La taille des bulles est ajustée (facteur 0.5 et taille minimale de 5)
        color='red', # Couleur rouge pour les bulles
        opacity=0.8, # Augmenter l'opacité pour rendre les bulles visibles
        line=dict(width=2, color='black') # Contour plus épais en noir pour plus de contraste
    ),
    name="Pays touchés par des canicules" # Nom de la légende pour les pays touchés
)

# Mettre à jour la disposition de la carte
fig.update_layout(
    title_font=dict(size=20, color="darkgreen"), # Titre en vert foncé pastel
    legend=dict(
        title=None, # Retirer le titre de la légende
        itemsizing='constant',
        itemwidth=30, # Augmenter itemwidth à 30
        tracegroupgap=5,
        font=dict(size=12), # Petite taille de police pour la légende
        orientation="h", # Légende horizontale pour plus d'espace
        yanchor="bottom", # Ancrage vers le bas pour éviter la superposition
        y=-0.2, # Décalage de la légende vers le bas pour éviter la superposition avec la carte
        xanchor="center", # Centrer la légende
        x=0.5 # Positionner la légende au centre
    ),
    # Ajouter une trace pour la petite bulle rouge dans la légende (trace invisible dans la carte, mais présente dans la légende)
    showlegend=True,
    annotations=[
        dict(
            x=0.5,
            y=-0.3, # Placer l'annotation un peu plus bas sous l'échelle
            xref="paper",

```

FIGURE 3.4 – Code Python Partie 1 Carte des pays et zones touchées par les canicules en 2019

```

        xref="paper",
        yref="paper",
        showarrow=False,
        font=dict(size=12, color="black"),
        align="center",
        text="• Les bulles rouges dans la carte représentent les pays touchés par des canicules en 2022", # Texte explicatif dans l'annotation
        bgcolor="rgba(255, 255, 255, 0.7)",
        borderpad=5
    )
]
)



# Personnaliser l'apparence géographique
fig.update_geos(showcoastlines=True, coastlinecolor="Black", showland=True, landcolor="white")

# Réduire les marges et ajuster la carte pour éviter les superpositions
fig.update_layout(margin={"r":0,"t":40,"l":0,"b":80}) # Augmenter la marge inférieure pour la légende

# Afficher la carte
fig.show()

```

FIGURE 3.5 – Code Python Partie 2 Carte des pays et zones touchées par les canicules en 2019

Year	2017	2019	2022
Country			
Albania	9.548151	17.910102	15.623566
Algeria	16.423052	19.042952	15.292410
Austria	17.863144	12.975110	10.804290
Bangladesh	12.407174	16.495225	18.558551
Belarus	16.621552	NaN	NaN
Belgium	NaN	NaN	11.989037
Bulgaria	NaN	NaN	14.729992
Canada	14.097350	15.698235	15.789479
Croatia	13.316494	9.056311	7.973967
Denmark	NaN	NaN	14.131919
Finland	NaN	NaN	15.155529
France	11.616988	12.770304	19.793109
Germany	NaN	16.232561	17.831940
Greece	12.762618	NaN	14.175473
India	NaN	NaN	14.480525
Ireland	12.841194	NaN	13.498855
Italy	16.655307	15.295198	NaN
Japan	12.057544	17.071820	NaN
Mongolia	12.914714	14.071752	12.119208
Morocco	21.921411	NaN	NaN
Norway	NaN	NaN	19.424011
Pakistan	8.517047	16.321708	19.054565
Portugal	9.970888	20.663342	12.106222
Romania	21.100461	10.484832	13.438188
Serbia	14.041645	18.243245	10.253487
Spain	14.332814	19.124695	21.233088
Ukraine	18.776425	NaN	NaN

FIGURE 3.6 – Tableau affichant la température moyenne par pays en fonction des années