

RAPPORT STATISTIQUE



A l'heure où certains pays enregistrent des températures records (50°C en Inde par exemple), le sujet du réchauffement climatique revient avec insistance.

Et pour cause, la température au sol devient de plus en plus élevée par rapport à la température normale au fil du temps.

Les pays au climat **aride**, mais surtout **les plus pauvres**, subissent le plus ce phénomène climatique.

SOMMAIRE

Plus de 300 000 morts en 2019.....	4
Objectifs.....	5
Données et sources.....	6
Analyse univariée	
Inégalité du nombre de morts entre les pays.....	7
Analyses bivariées	
Les pays les moins éloignés des pôles épargnés.....	8
Les pays aux fortes chaleurs subissent plus de pertes.....	9
Les pays pauvres subissent le plus de pertes.....	11
Clustering hiérarchique des 189 pays en 3 groupes.....	13
Caractéristiques des 3 clusters.....	14
Analyse des composantes principales	
Relations entre les variables.....	17
Projection des pays – 4 clusters.....	19
Le cluster rouge cumule tous les dangers.....	20
Conclusion.....	22

GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Evolution mondiales des gaz à effet de serre.....	4
Distribution du nombre de décès prématurés(1MHAB)	7
Décès prématurés(1MHAB) selon la latitude.....	8
Décès prématurés(1MHAB) selon les températures.....	9/10
Décès prématurés(1MHAB) selon le PIB.....	11
Clustering hiérarchique - 3 clusters.....	13
Boxplots des 3 clusters.....	14
Cercle de corrélation (F1 et F2)	17
Projection des pays – 4 clusters.....	19
TAB/Centroïdes des 4 clusters.....	20
TAB/Liste des pays les plus en danger.....	21
Carte du monde.....	21

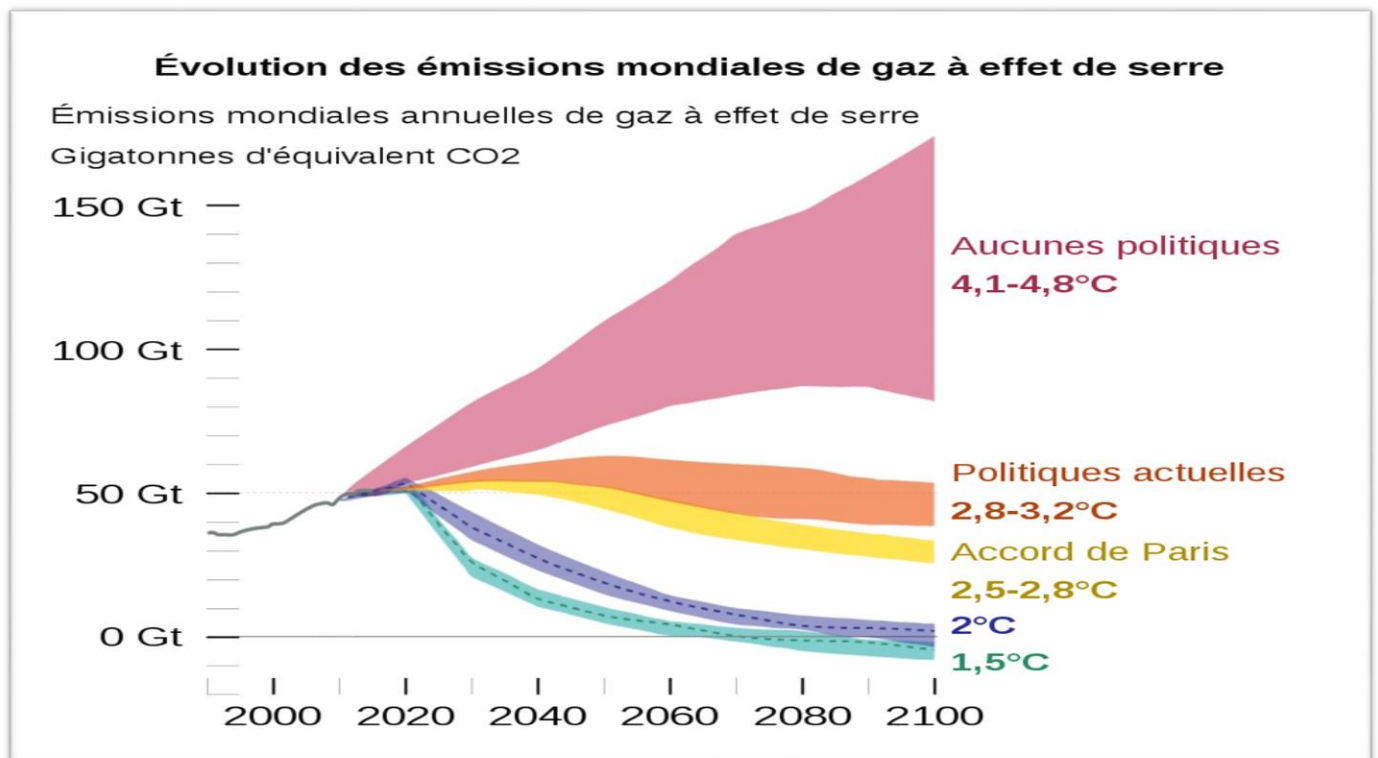
Plus de 300 000 morts en 2019

Soit 1 personne qui décède dans le monde à cause de fortes températures **toutes les 102 secondes**. Le monde entier fait face à la hausse globale de la température et aux risques que cela engendre comme la sécheresse ou les mauvaises récoltes.

Pour tenter de palier à ce problème majeur, 195 pays ont signé l'Accord de Paris sur le climat en 2015.

L'objectif est de maintenir l'augmentation de la température globale en dessous de 2°C, afin d'endiguer le phénomène.

Cependant, cela implique de réduire drastiquement les émissions de CO₂, ce que certains pays ne sont potentiellement pas en capacité d'appliquer.



OBJECTIFS

Il est naturel de penser que ce sont les pays où la température y est la plus élevée qui sont le plus exposés à ces risques. Mais la situation économique et géographique d'un pays influe aussi sur sa capacité à faire face au problème.

Il devient alors intéressant de comprendre quelles sont les caractéristiques communes des pays qui subissent plus ou moins ce phénomène, et de répondre à la problématique suivante :

quels sont les pays les plus en danger face à la hausse des températures ?

Pour répondre à cette question, une étude sera effectuée, dans le cadre personnel, sur l'année 2019 et concernera 189 pays, caractérisés par les variables notées sur la page suivante.

Les politiques actuelles **ne permettant pas d'atteindre les objectifs** fixés par l'Accord de Paris sur le climat, il devient aisé de déduire que les pays en danger en 2019 le seront également dans les années à venir.

DONNEES ET SOURCES

***Décès prématurés(1MHAB) :** Décès déplorés par un pays, rapporté au million d'habitant, dus aux risques liés aux fortes températures, obtenus sur le site de l'**OCDE**. Plus le chiffre est élevé, moins le pays disposera de main d'œuvre ou de consommateurs pour faire tourner l'économie du pays.

Latitude (°) : Latitude de la capitale d'un pays. Cette variable détermine la position géographique d'un pays.

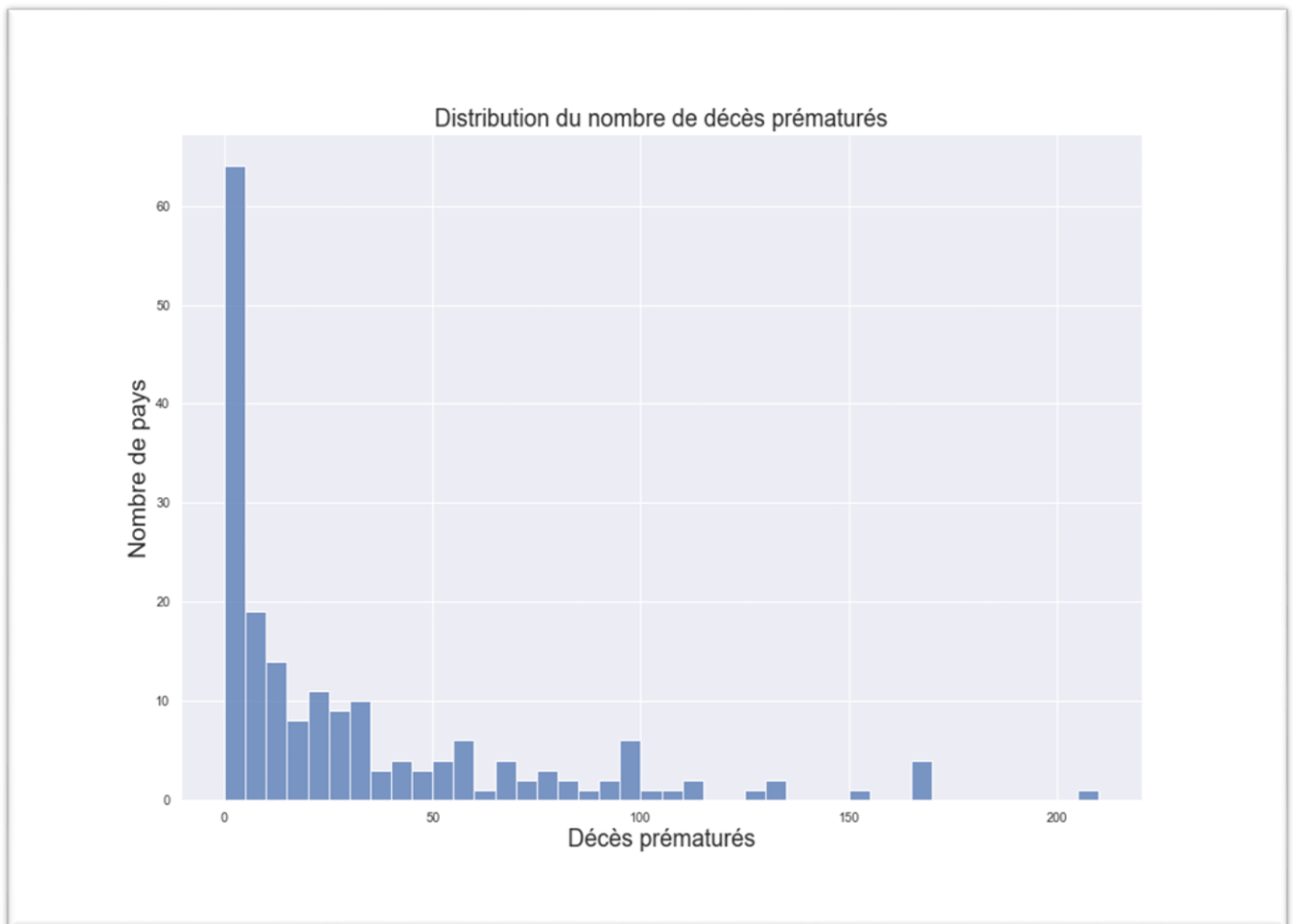
PIB(USGDP) : Le PIB d'un pays par habitant, exprimé en dollar US. Il détermine la capacité du pays à avoir accès aux produits de première nécessité, comme l'eau ou la nourriture par exemple. Obtenu sur le site de la **FAO**.

***Tmin (°C) :** Température moyenne du mois le plus frais durant l'année.

***Tmax (°C) :** Température moyenne du mois le plus chaud durant l'année.

**Données obtenues par scraping (technique d'extraction de contenu d'un site) sur ce lien : [List of Countries by Average Temperature - ListFist.com](#).*

Inégalités du nombre de morts entre les pays face à la hausse des températures

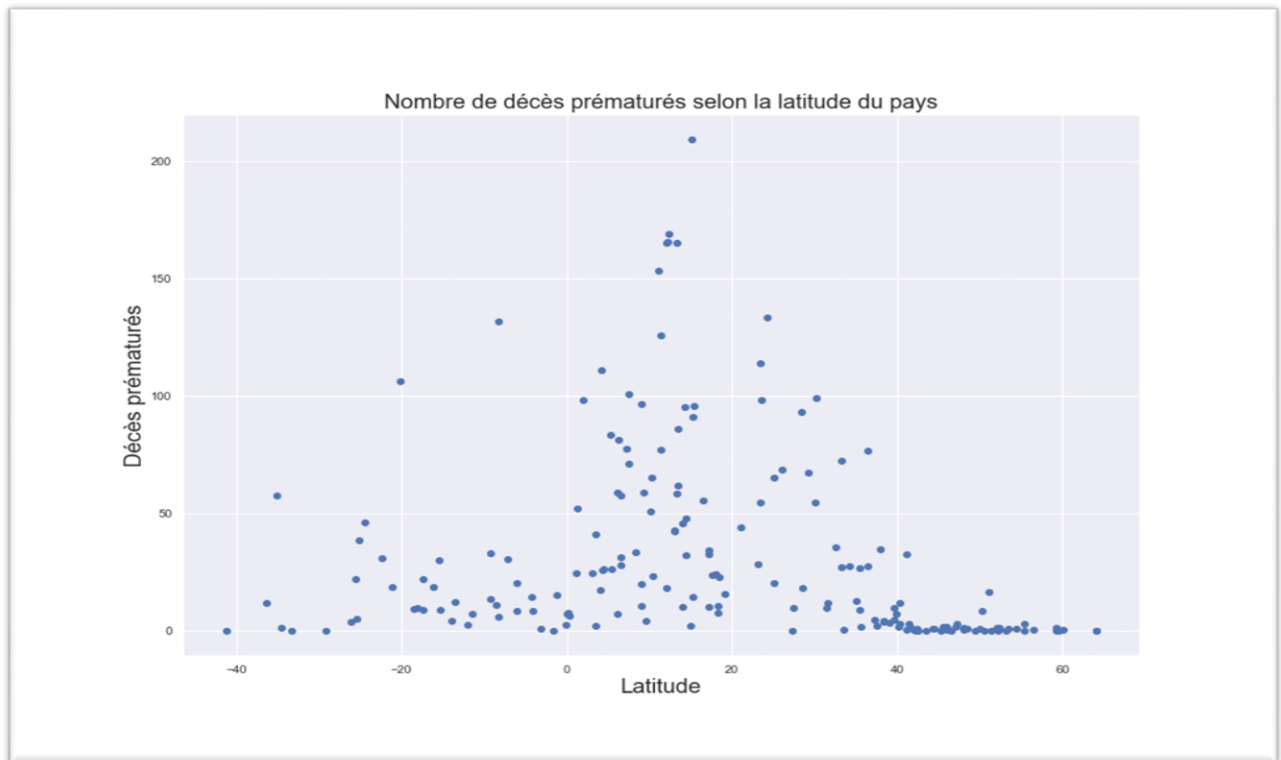


Des pays subissent bien plus de préjudices que d'autres.

En effet, 25 pays cumulent à **eux seuls la moitié** du nombre total de morts prématurés(1MHAB).

1 pays en particulier cumule **plus de décès** rapporté à un million d'habitant que **79 pays réunis**.

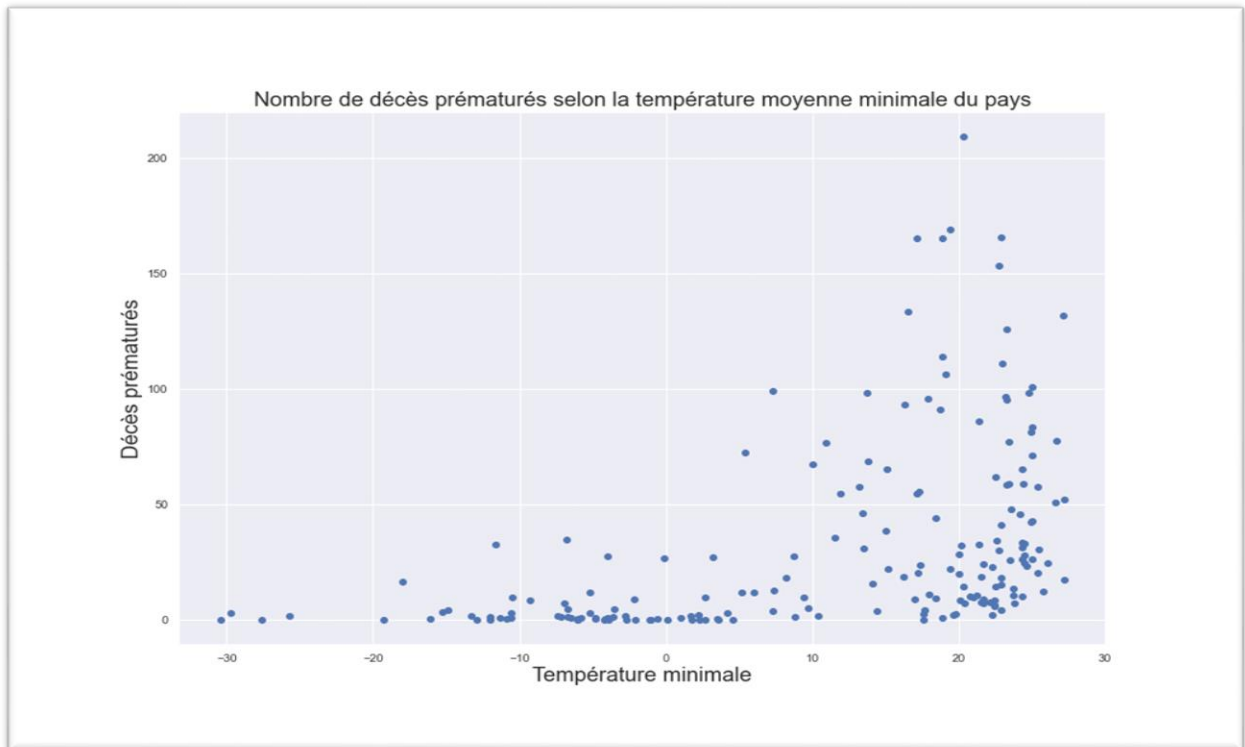
Les pays moins éloignés des pôles épargnés



Le nombre de décès prématurés(1MHAB) et la latitude du pays sont significativement corrélées ($r=0,21$; $p=1,94e-24$).

Les pays subissant plus de 100 décès prématurés(1MHAB) sont tous situés entre **-20° et 30° de latitude**. Les pays en dehors de cet intervalle en déplorent moins de 75. Les pays dénombrant le plus de décès prématurés(1MHAB) sont situés entre **10° et 18°**. Cependant, bien des pays situés dans cet intervalle de latitude sont relativement épargnés, montrant que la situation géographique du pays n'est pas suffisante pour évaluer le danger auquel est exposé un pays.

Les pays à fortes températures subissent plus de pertes



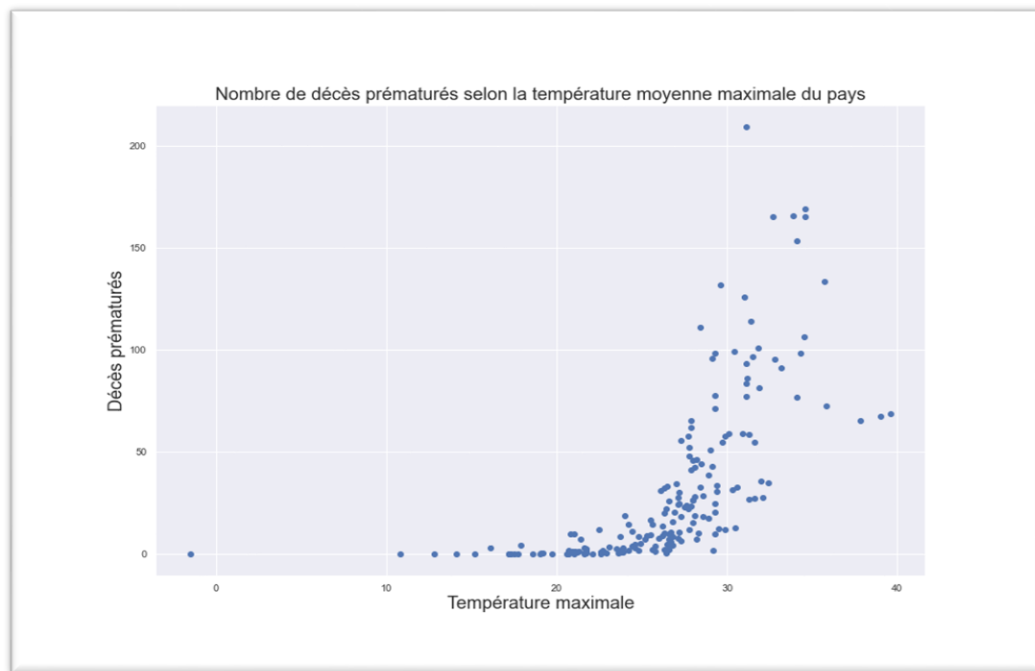
La température minimale et le nombre de décès(1MHAB) sont significativement corrélées ($r=0,45$; $p=1,21e-10$).

Plus la température est élevée, plus le pays subira de décès.

Cependant, pour une température minimale supérieure à 20°C, il existe une disparité entre les pays. Certains dénombrent moins de 25 morts tandis que d'autres en déplorent plus de 150.

Ainsi, bien qu'il y ait une corrélation, la température minimale aussi n'est pas suffisante pour évaluer le danger pour un pays.

Mais qu'en est-il de la température maximale ?



Le même phénomène est observé pour la température maximale, bien que dans ce cas, la corrélation est plus marquée ($r=0.65$; $p=1,94e-24$).

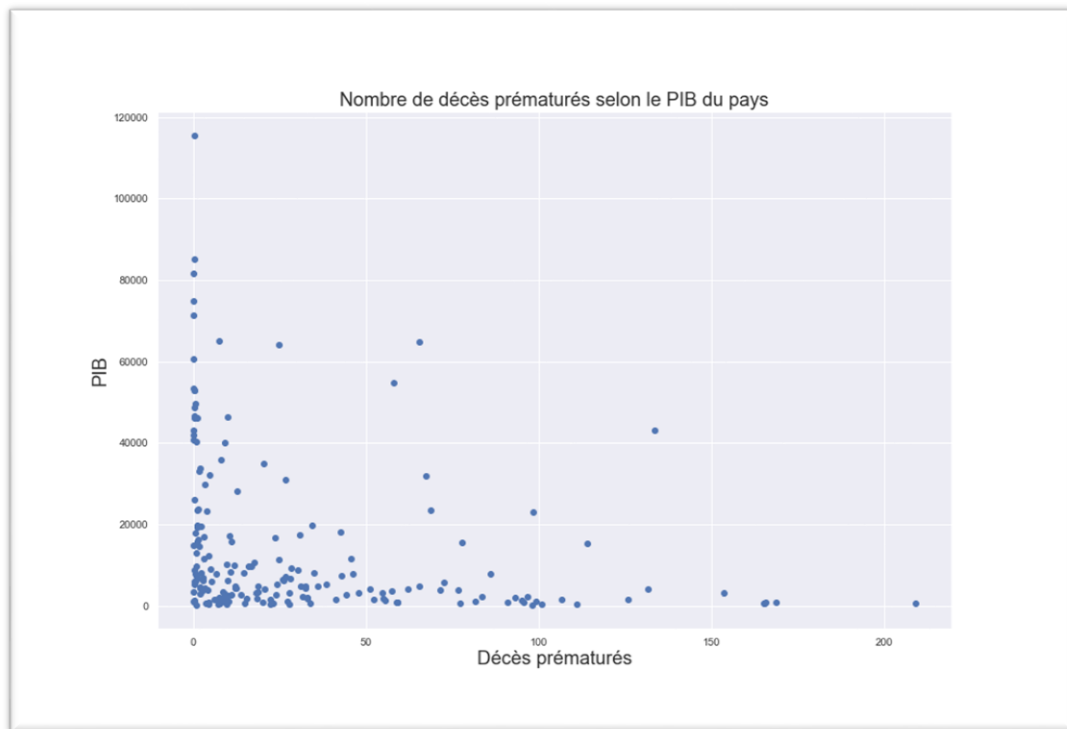
De plus, dès que la température maximale dépasse les 20°C, le nombre de décès(1MHAB) augmente très significativement, à mesure que la température augmente.

Malgré tout, il existe aussi une disparité entre les pays concernant les décès, qui est bien plus marquée à partir des 30°C.

En effet, ce ne sont pas les pays aux plus fortes températures qui subissent le plus de décès rapporté au million d'habitant.

Par exemple, un pays dont la température moyenne maximale est de 40°C peut subir moins de pertes qu'un pays dont la température moyenne maximale est de 29°C.

Les pays pauvres subissent le plus de pertes



Néanmoins, bien que la corrélation soit significative ($r=0,26$; $p=3,15e-06$), le phénomène de disparité observé précédemment est également présente ici.

Des pays pauvres subissent moins voire pas du tout de pertes liés aux fortes chaleurs. Et inversement, des pays riches déplorent plus de morts(1MHAB) que des pays pauvres.

Mais concrètement, sur les 11 pays qui subissent le plus de pertes pour un million d'habitant, 9 pays présentent un PIB inférieur à 5 000 dollars par habitant, dont 5 dont le PIB est inférieur à 900 dollars par habitant.

Le nombre décès est donc lié à la latitude du pays, sa température et sa richesse.

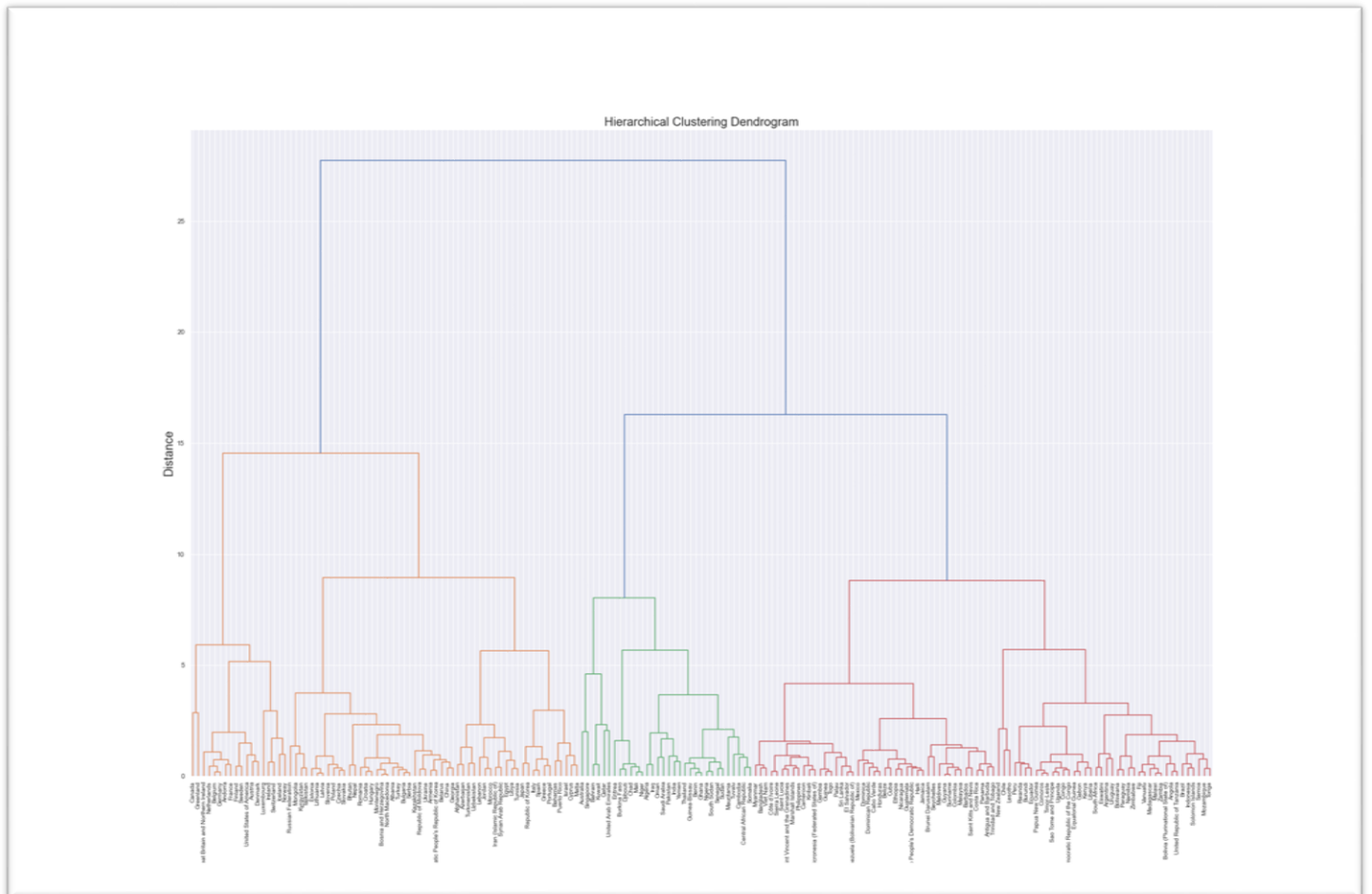
Les différentes analyses bivariées permettent de comprendre les différentes caractéristiques d'un pays en danger face à la hausse des températures.

Cependant, que ce soit pour la température, le PIB ou encore la latitude, **les pays qui sont épargnés partagent les mêmes caractéristiques que les pays qui sont en danger**. Cela rend l'analyse moins évidente.

Les 189 pays seront alors **groupés**, à l'aide du **clustering hiérarchique**, en **3 clusters**. Ce qui permet de ranger les pays selon leurs caractéristiques, qui seront ensuite décrites pour ces 3 clusters.

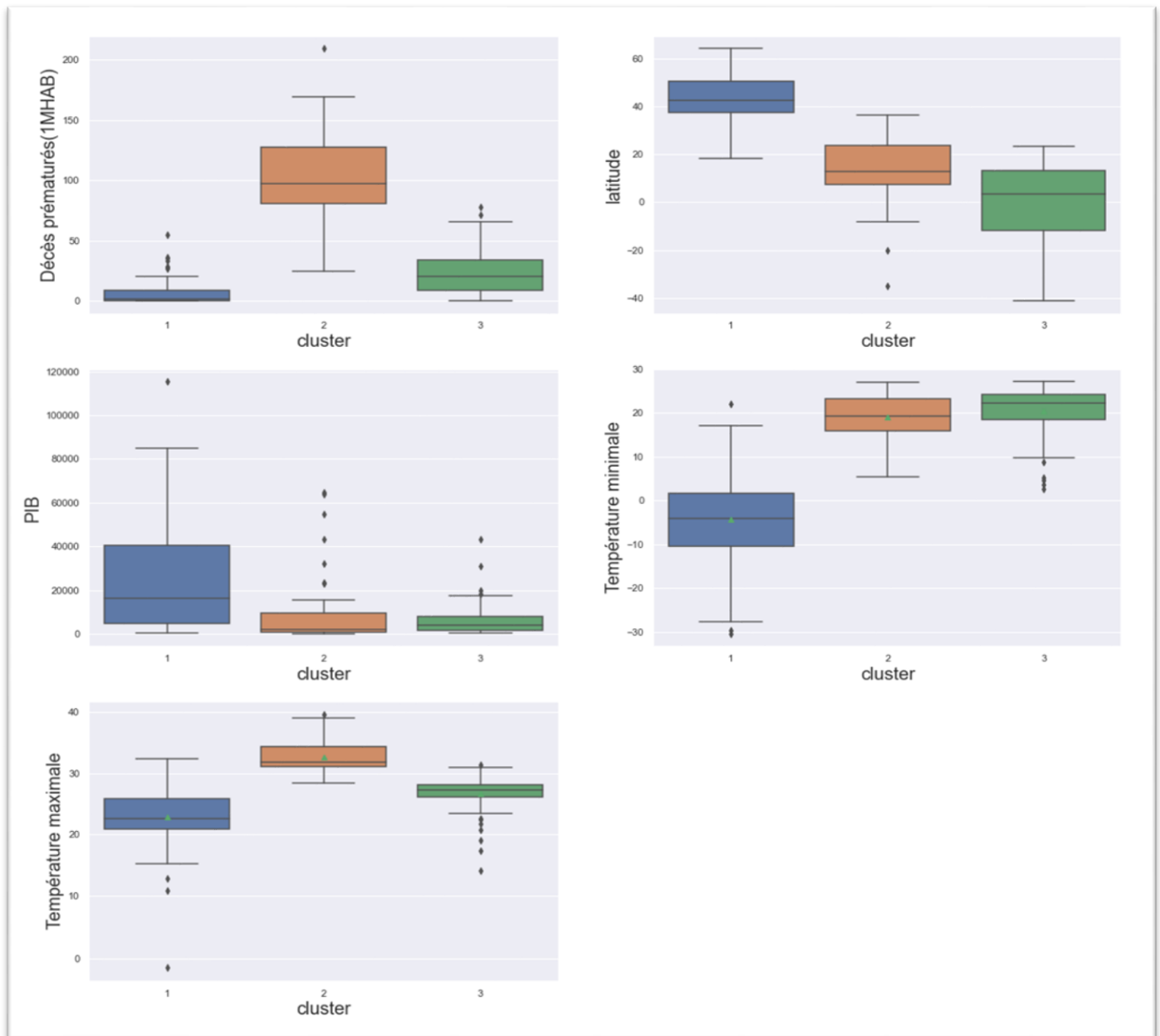
La suite de l'analyse se fera alors avec un cluster en particulier, qui sera qualifié comme étant le **groupe** de pays **le plus en danger** face à la hausse des températures.

Clustering hiérarchique des 189 pays en 3 groupes



Le clustering hiérarchique ascendant part d'une situation où chaque pays est seul dans une classe. A chaque étape, 2 classes dites "proches" fusionnent pour former une classe plus grande. Ce procédé regroupe alors les pays en plusieurs classes avec des caractéristiques différentes les unes des autres. Le dendrogramme affiché ci-dessus est la représentation graphique de ce clustering.

Caractéristiques des 3 clusters



Les “boîtes à moustaches” résument les indicateurs (les 5 variables) en un rectangle (boîte) ajouté à 2 petits segments (moustaches). Ils déterminent les ordonnées de chaque groupe pour chaque variable, et permettent de comparer ces groupes pour une variable donnée.

Ces graphiques définissent en moyenne les caractéristiques des 3 clusters, à savoir que :

Le cluster 1 correspond aux pays **riches**, situés au **nord** du globe, et sont **les moins affectés** par les fortes températures, car il y fait aussi froid.

Le cluster 2 correspond aux pays **moins riches**, situés vers la **zone équatoriale** du globe, et sont **les plus affectés** par les fortes températures. C'est dans ces zones qu'il y fait le plus chaud.

Le cluster 3 correspond aux pays **pauvres**, situés vers le **sud** du globe, et ne sont **pas si affectés que cela** par les fortes températures, bien qu'il y fasse chaud la majorité du temps.

Ce procédé met en évidence les **32 pays** qui sont le plus en danger, en les groupant dans le 2ème cluster.

Ces 32 pays, qui sont “proches” entre elles selon le clustering hiérarchique, déplorent le plus de pertes humaines à cause de fortes chaleurs.

Malgré cela, il n'est pas évident de déceler les relations entre les différentes variables qui ont menés à ce groupement précis.

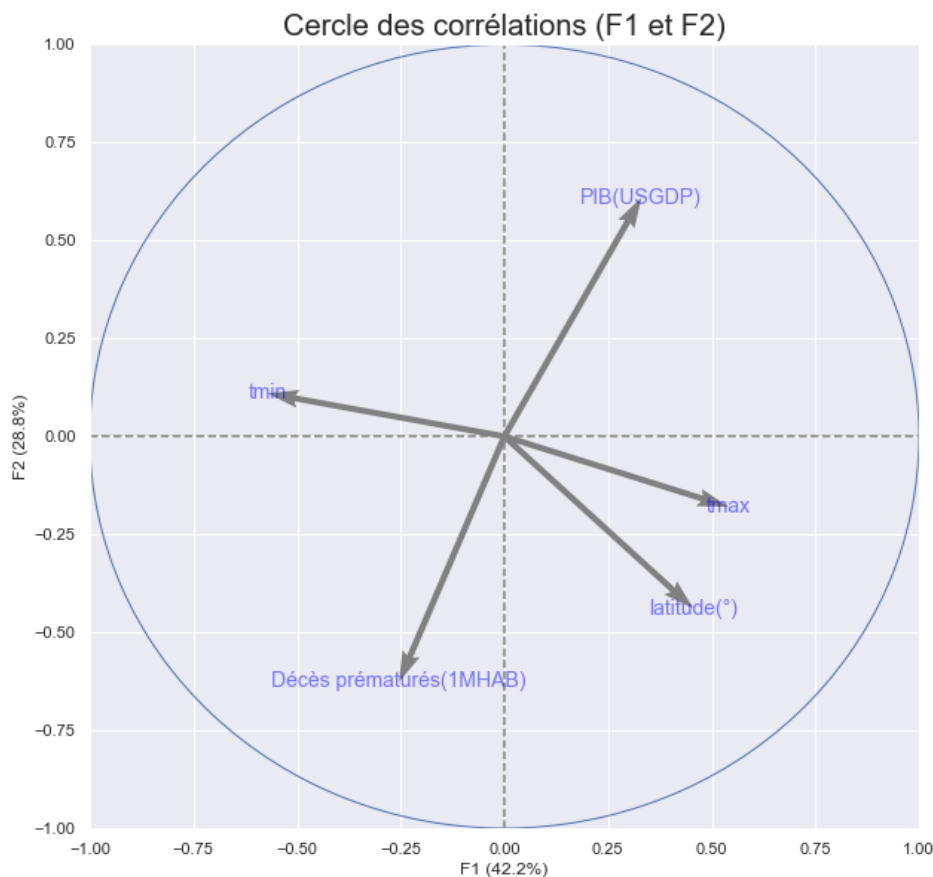
De plus, il est souhaitable de pouvoir visualiser concrètement la position de ces pays, cependant, comme nous avons 5 variables (et donc 5 dimensions) nous ne pouvons les afficher sur un plan.

L'idée ici est de trouver le plan de projection de ces pays qui limite le plus la perte d'information, d'y visualiser les relations entre les variables, et enfin, d'y afficher la position de ces pays.

Ce procédé est possible grâce à l'analyse des composantes principales.

Relations entre les variables

Le cercle de corrélation tracée ci-dessous montre les relations qu'ont les variables entre elles.



Les variables tendent vers deux directions (les composantes principales F1 et F2), ces composantes sont alors caractérisées comme suit :

F1 (de gauche à droite) : tmin, tmax et la latitude.

F2 (de haut en bas) : Décès prématurés(1MHAB) et le PIB.

A noter que dans ce cas, 71% de l'information est conservée.

Pour expliciter, sur la composante F2, le PIB et les décès prématurés(1MHAB) sont anti-corrélées entre elles, ce qui signifie que plus un pays est pauvre, plus il subit de pertes. Inversement, un pays riche subira moins de pertes.

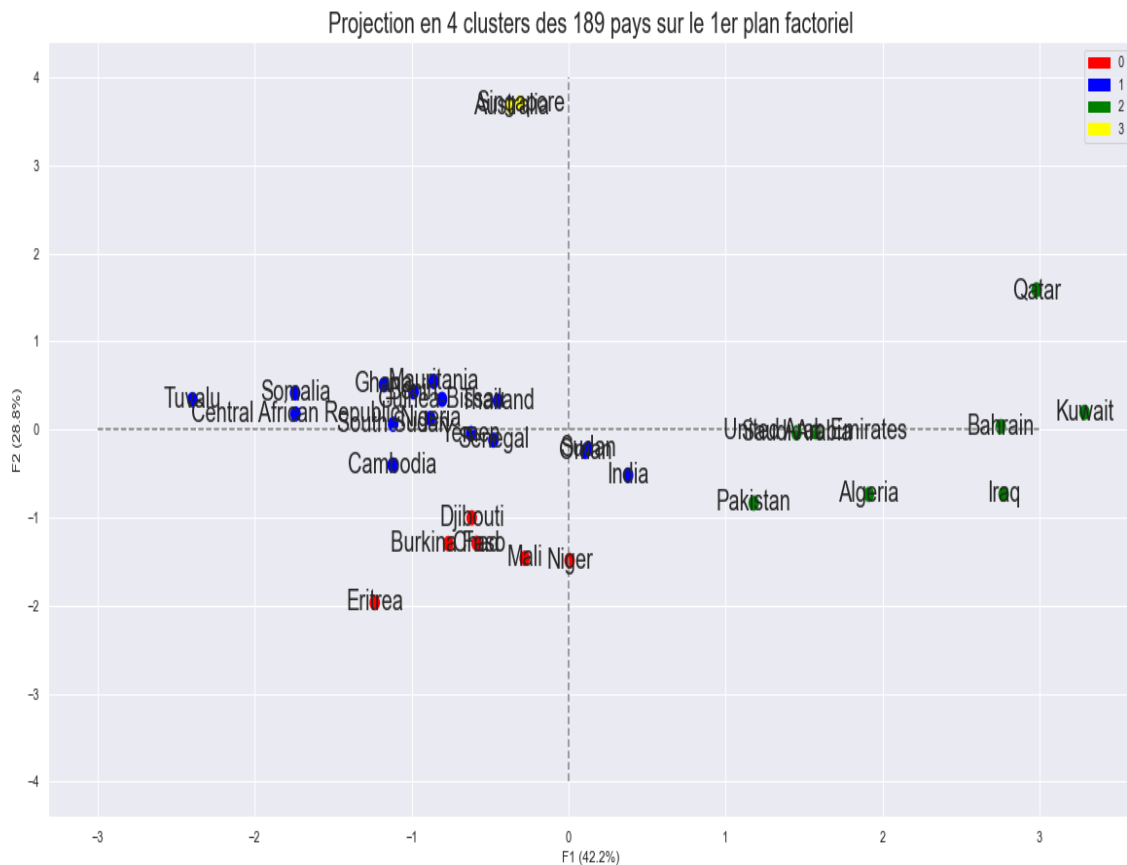
Sur la composante F1, t_{min} est anti-corrélée à t_{max} , ce qui implique qu'un pays qui a une température moyenne minimale élevée aura une température moyenne maximale basse. Il fera alors toujours chaud dans ce pays. Inversement, le pays qui a des températures relativement fraîches connaîtra des périodes de très fortes chaleurs.

Concrètement, avec ce cercle des corrélations, il s'agit de visualiser directement les pays qui sont le plus en danger à cause de fortes températures.

En effet, les pays qui sont **le plus en bas** du plan sont les **moins riches**, donc qui déplorent **le plus de morts** rapportés au million d'habitant. Et les pays **les plus à droite** sont ceux qui subissent les **températures les plus fortes**.

Pour que le rendu soit clair, un second clustering, par K-Means, sera effectué au moment d'afficher la position des pays sur le plan. Ce groupement va **colorier** les pays selon leur **cluster**.





Projection des pays – 4 clusters



A l'aide du nouveau clustering, 4 clusters se dégagent parfaitement sur ce plan. Il convient de définir les caractéristiques de chacun des clusters afin de déterminer quel groupe représente les pays les plus en danger face à la hausse de la température.

Néanmoins, le groupe vert, qui est sujet aux températures les plus hautes, s'expose aux coups de chaleurs, ou à la sécheresse. Et le groupe rouge, les pays les plus pauvres, n'ont pas ou peu de moyen pour traiter le problème, en plus de subir le plus de décès prématurés(1MHAB).

Le cluster rouge cumule tous les critères de danger

	Décès prématurés(1MHAB)	latitude(°)	PIB(USGDP)	tmin	tmax
 0	171.243167	12.688333	1125.687958	20.216667	33.5000
 1	99.230063	8.683125	2701.128348	22.206250	31.1875
 2	85.193375	28.530000	24677.498401	11.587500	35.8375
 3	41.309500	-16.995000	59432.969999	19.650000	29.6000

Il ne fait aucun doute que le cluster rouge représente les pays les plus en danger à cause de hautes températures :

Ils subissent le plus de pertes, et sont les plus pauvres.

Ils sont situés en moyenne à 12°C de latitude.

Leurs températures maximales sont parmi les plus élevés.

Les pays des clusters bleu et vert, bien que dénombrent moins de décès prématurés(1MHAB) que le cluster rouge, se distinguent par le fait qu'ils soient pauvres et sujets aux températures les plus fortes respectivement. Ils présentent alors un risque non négligeable.

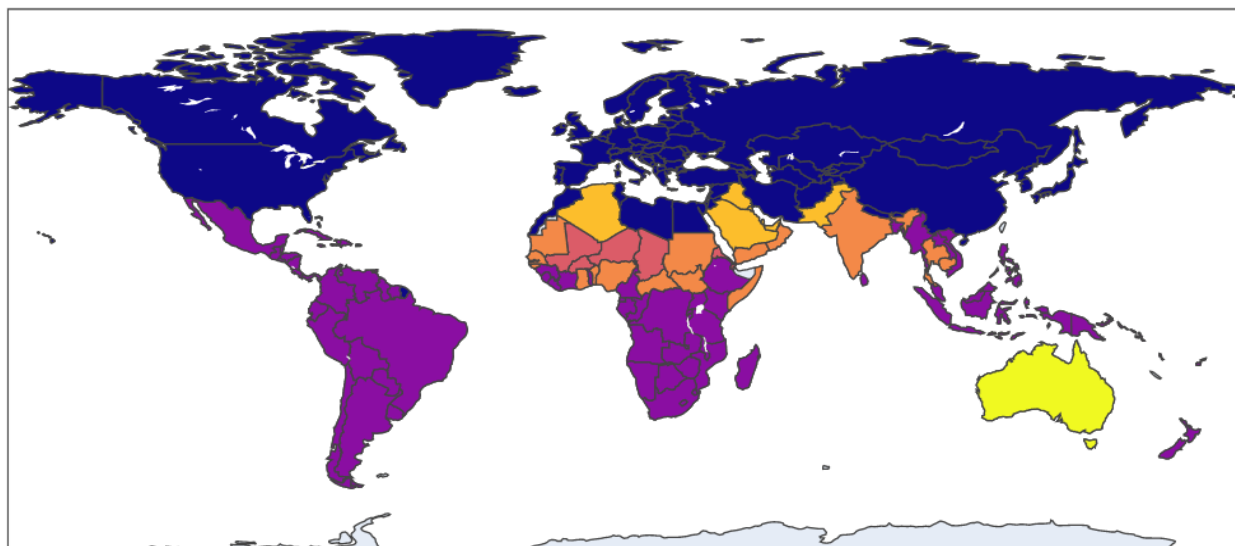
Les pays du cluster jaune sont relativement épargnés.

Le cercle des corrélations et le second clustering a mis en évidence le cluster rouge représentant les pays les plus en danger face à la hausse des températures.

En voici la liste :

	Décès prématurés(1MHAB)	latitude(°)	PIB(USGDP)	tmin	tmax
Country					
Burkina Faso	165.721	12.15	786.895614	22.9	33.9
Chad	165.317	12.10	706.825833	18.9	32.7
Djibouti	153.506	11.08	3252.320409	22.7	34.1
Eritrea	209.104	15.19	566.711679	20.3	31.1
Mali	168.774	12.34	886.794271	19.4	34.6
Niger	165.037	13.27	554.579943	17.1	34.6

Il est souhaitable d'afficher la carte du monde pour avoir un aperçu de la position des pays les plus en danger.



Les pays listés ci-dessus sont en rouge sur la carte, et sont tous situés en Afrique.

CONCLUSION

La capacité du pays à encaisser les périodes de fortes chaleurs, caractérisée par le nombre de décès prématurés rapportés au million d'habitant (1MHAB), permet de se rendre compte à quel point un pays peut subir ou non le problème.

Les pays les plus en danger, et donc les moins en capacité à encaisser le phénomène sont : le Mali, l'Erythrée, le Tchad, le Niger, le Burkina Faso et le Djibouti.

Ces 6 pays cumulent tous les critères de danger, c'est-à-dire qu'ils sont parmi les plus pauvres du globe, les températures sont parmi les plus élevées, et ils sont situés vers la zone équatoriale.

Pour autant, il est possible d'obtenir de meilleurs résultats avec plus de variables déterminants comme l'accès à l'eau potable ou la production de nourriture, qui peut être compromise à cause de la sécheresse.